Version vom
9. März 2025

4.

Syntaxanalyse und Compiler

Buch Mark Weiss „Data Structures & Problem Solving Using Java“ siehe Seiten: 294-297 (Stacks); 473-502 (Stacks und Compiler); 625-629 und 635-639 (Stack-Implementierung); 681 ff (Bäume); 697-708 (Baumtraversierung)

Aus „Informatik I“ teilweise bekannt:
Taschenrechner, rekursiver Parser, Evaluation eines Ausdrucksbaums

Lernziele Kapitel 4 Syntaxanalyse und Compiler

- Bäume als Konzept (Graph) und als Datenstruktur verstehen
- Baumtraversierung (postorder, inorder etc.) anwenden
- Operatorbäume auswerten
- Syntaxdiagramme (zum Generieren oder Parsen) anwenden
- Rekursiven Abstieg zur Syntaxanalyse anwenden
- Infix-Notation nach Postfix systematisch konvertieren
- Code für eine virtuelle Stackmaschine generieren
- Prinzip des Java-Bytecodes verstehen

Thema / Inhalt

Ein Kapitel, das es in sich hat: Mit der **Syntaxanalyse** besprechen wir einerseits eine der Hauptkomponenten eines **Compilers**, der Programme einer höheren Programmiersprache in bedeutungsgleichen „Instruktionscode" für eine Zielmaschine übersetzt, andererseits ist die automatische Analyse einer syntaktischen Struktur und ihre Zerlegung in Teilkomponenten auch

Thema / Inhalt (2)

sonst oft wichtig – beispielsweise dann, wenn wir in den Dialog mit Computern oder „smarten“ Dingen treten.

Die Syntax einer Sprache, insbesondere auch die einer „formalen“ Sprache, wird über eine Grammatik definiert. Eine einfache und eingängige Form der Notation einer Grammatik (und damit der syntaktischen Spezifikation einer Sprache) stellen **Syntaxdiagramme** dar. Indem man diese Diagramme in kanonischer Weise traversiert, kommt man an „Terminalsymbolen“ vorbei, die man en passant fortwährend notiert – auf diese Weise generiert man schrittweise ein syntaktisch korrektes Sprachfragment, z.B. einen arithmetischen Ausdruck in Infix-Form oder gar ein ganzes Java-Programm. Syntaxdiagramme erlauben einem eine gewisse Freiheit beim Durchlaufen – man möchte ja Unterschiedliches generieren können. Damit mittels einer endlichen Grammatik (also einer kleinen Zahl von zusammengehörigen Syntaxdiagrammen) unendlich viele Sprachfragmente erzeugt werden können, sind Grammatiken im Allgemeinen rekursiv angelegt und enthalten die Syntaxdiagramme Schleifen.

Ein Compiler, oder genereller, ein **Syntaxanalysator**, steht nun vor dem Problem, ein Stück „Text“, das etwa in Form einer Zeichenkette (auf Computerdeutsch: als „String“ von „Characters“) gegeben ist, daraufhin zu analysieren, ob es überhaupt mit der Grammatik gebildet werden kann (also syntaktisch korrekt ist) und wenn ja, aus welchen syntaktischen Teilkomponenten es besteht. Denn tatsächlich reflektiert sich die Bedeutung (d.h., die **Semantik**) im strukturellen Bezugsgefüge der einzelnen Teilkomponenten zueinander. So bedeutet beispielsweise der arithmetische Ausdruck ((8-5)-1) etwas anderes als (8-(5-1)); die drei Operanden stehen in unterschiedlicher Affinität zueinander. So gesehen muss ein Syntaxanalysator das Syntaxdiagramm „mit Spürsinn“ so durchlaufen, dass dabei die zu analysierende Vorgabe generiert wird – die konkrete Art und Weise des Durchlaufens reflektiert sodann die Struktur

Thema / Inhalt (3)

des vorgegebenen Textes und damit dessen Semantik. Syntaxanalysatoren nennt man oft auch „**Parser**“ – das lateinische Wort „pars“<partis> für „Teil“ im Sinne von „aufteilen“ ist hier namensgebend (wir erinnern uns: „Gallia est omnis divisa in partes tres...“) und nimmt die Rolle der Silbe „lys“ bei „Syntaxanalysator“ ein, welche vom altgriechischen „lysis“ (für „Auflösung“) stammt.

Oft ist es so, dass eine zu analysierende Vorgabe syntaktisch **mehrdeutig** ist, dass sie also auf verschiedene Weise aus der Grammatik erzeugt werden kann. Bei zwei verschachtelten if-Anweisungen könnte man einen (im Prinzip optionalen) else-Teil beispielsweise dem inneren oder dem äusseren if zuordnen. Der Satz „Der Affe sagte die Ziege könne nicht Auto fahren“ illustriert das Problem syntaktischer Ambivalenzen – um die Mehrdeutigkeit zu beherrschen und im Einzelfall zu kommunizieren, was gemeint ist, setzten wir beim Sprechen gezielt kurze Sprechpausen und eine unterschiedliche Betonung einzelner Wörter ein, im Schriftlichen müssen wir dafür Satzzeichen verwenden: Entweder schreiben wir „Der Affe sagte, die Ziege könne nicht Auto fahren“ oder „Der Affe, sagte die Ziege, könne nicht Auto fahren“. Ist die Kommasetzung in die Grammatik integriert, dann ist klar, was jeweils der Hauptsatz und dessen Subjekt ist und wer umgekehrt als Objekt der Anschuldigung fungiert.

Um die Syntaxanalyse zu automatisieren, kann man das Prinzip des „**rekursiven Abstiegs**“ anwenden. Dabei programmiert man Syntaxdiagramme, und zwar so, dass jedes Teildiagramm systematisch durch eine Java-Methode realisiert wird, welche ein entsprechendes Konstrukt „versteht“. Das Akzeptieren bei syntaktischer Korrektheit oder das „Verstanden haben durch geeignetes Durchlaufen des Diagramms“ ist allerdings noch nicht unser Endziel; ein Compiler soll aus dem analysierten und verstandenen Programmstück nun auch noch bedeutungsgleichen Befehlscode für eine Zielmaschine generieren. Dazu kann man den Parser, der aus den

Thema / Inhalt (4)

Syntaxdiagrammen gewonnen wurde, so instrumentieren, dass an entscheidenden Stellen, bei denen ein Fragment „verstanden" worden ist, entsprechende Sequenzen des Zielcodes ausgegeben werden. Auf diese Weise gelingt uns ein Java-Programm, das einen beliebig komplexen arithmetischen Infix-Ausdruck in einen äquivalenten Postfixausdruck umwandelt und auf Wunsch sogar gleich „on the fly" auswertet. In analoger Weise kann man Zielcode für die **Java-VM**, die virtuelle Java-Maschine, erzeugen, den sogenannten **Bytecode**, der vom Java-Compiler generiert wird, ausführen kann und einen wesentlichen Teil der Java-Laufzeitumgebung verkörpert. Wir schauen uns in diesem Kapitel einige instruktive Bytecode-Programme an, die aus Java-Programmfragmenten erzeugt wurden.

Syntaktische Strukturen sind typischerweise in sich selbst rekursiv verschachtelt – ein komplexerer arithmetischer Ausdruck besteht beispielsweise aus einfacheren Teilausdrücken, die vermöge eines Operators miteinander verknüpft sind. Die zugrundeliegende Struktur dabei ist ein **Baum**. Bäume sind spezielle (u.a. zyklenfreie) Graphen, die in der Informatik an vielen Stellen eine Rolle spielen; oft drücken sie hierarchische Strukturen aus. Als rekursive Strukturen sind sie prädestiniert dafür, dass rekursive Algorithmen auf sie angesetzt werden – beispielsweise zum systematischen **Traversieren**, um nacheinander alle Knoten zu besuchen und diese dabei auszuwerten, zu manipulieren oder einfach nur auszugeben. Wir besprechen insbesondere die **Inorder**- und die **Postorder**-Traversierung, da diese eine Beziehung zu den Infix- bzw. Postfixausdrücken verkörpern. In späteren Kapiteln werden wir weitere interessante Anwendungen mit Bäumen kennenlernen, z.B. Suchbäume oder Heaps, die auch die Grundlage für effiziente Sortierverfahren darstellen.

Bäume, insbesondere die durch eine eindeutige Wurzel und der damit induzierten Hierarchie charakterisierten **Wurzelbäume**, lassen sich auf recht unterschiedliche Art darstellen bzw.

Thema / Inhalt (5)

visualisieren. Neben der häufig üblichen **Darstellung** als Graph ist manchmal die Repräsentation als verschachteltes Mengendiagramm adäquat, aber auch horizontal linearisierte Darstellungen in Klammernotation oder vertikal verlaufende Listen von Knoten (mit Einrückungen zur Markierung der Verschachtelungstiefe) können zweckmässig sein. Bei Binärbäumen gibt es ausserdem noch eine besonders praktische und effiziente Repräsentation als Array, in welchem die Knoten hintereinanderweg niveauweise abgespeichert werden und die Eltern-Kind-Beziehung durch Verdoppeln oder Halbieren eines Indexwertes verkörpert wird. Ein und derselbe Baum lässt sich also verschieden darstellen, und selbstverständlich können die unterschiedlichen Darstellungen systematisch ineinander umgewandelt werden. Die verschiedenen Darstellungen eines Baumes bezeichnen alle dasselbe – den Baum an sich, der ein abstraktes mathematisches Gebilde bleibt. So wie wir ja auch die eine abstrakte Zahl „elf" verschieden notieren können: Als „11" im üblichen Dezimalsystem, als „I0II" im Dualsystem oder als „XI" in römischen Ziffern – alles bedeutet das Gleiche. (Vorausgesetzt jedenfalls, man verwendet jeweils die „richtige" Interpretation – denn „XI" könnte, anders interpretiert, ja beispielsweise auch für einen chinesischen Namen stehen!)

In einem Kalkül manipuliert man **Zeichen** nach rein syntaktischen Regeln – und erwartet doch, dass dies auch semantisch korrekt ist und am Ende etwas Sinnvolles herauskommt. Die Beziehung zwischen Syntax und Semantik ist daher spannend. Inwiefern Zeichen inhärent Bedeutung tragen und wie Zeichen als Elemente einer syntaktischen Sphäre in die Domäne der Semantik hinweisen, dazu finden sich einige weiterführende Anmerkungen im Bonusteil des Kapitels, darüber hinaus auch dazu, wie in etymologischer Hinsicht „Zeichen" mit „digital" verbunden ist. Aber auch in modernen Zeiten wandeln sich noch Begriffsinhalte, weil sich zum Beispiel die Wichtigkeit dessen, was mit Wörtern und Begriffen bezeichnet wird, durch

Thema / Inhalt (6)

technischen Fortschritt und den damit induzierten sozialen Wandel ändert. Wir hatten dies im ersten Kapitel schon beim Begriff „Algorithmus" gesehen; eine analoge Wandlung und Ausweitung geschieht aktuell mit den Begriffen „digital" bzw. „Digitalisierung" – auch dazu finden sich einige Hinweise auf den Bonus-Slides.

Dieses Kapitel bietet auch sonst wieder reichlich Stoff für **historische Anmerkungen**. So stellte sich bald nach der Konstruktion der ersten programmierbaren elektromechanischen und elektronischen Rechenautomaten, also in den ersten Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg, heraus, dass das Programmieren in maschinennaher Form ausserordentlich fehleranfällig und zeitaufwändig ist, man suchte daher bald nach Möglichkeiten, die in der Wissenschaft weit verbreitete mathematische Notation algebraischer Formeln und die sich eingebürgerte Art der Notation numerischer Algorithmen, zu deren Berechnung ja schliesslich die Maschinen konstruiert wurden, in direkterer Weise als „Sprache" zu verwenden. F.L. Bauer von der TU München leistete hier Pionierarbeit, indem er zeigte, wie mittels Stacks arithmetische Ausdrücke umgewandelt und ausgewertet werden können. **Heinz Rutishauser** verfolgte an der ETH Zürich Anfang der 1950er-Jahre eine besonders interessante Idee: Die Verwendung eines Computers („programmgesteuerter Rechenautomat"), damit dieser konkrete Programme in Maschinenform („Rechenpläne") für sich selbst erzeugt, und zwar aus Problembeschreibungen, die in einer an der Sprache der Mathematik angelehnten algorithmischen Formelsprache verfasst sind – mit anderen Worten, er dachte an das, was später „Compiler" genannt wurde! Rutishauser war in den späten 1950er-Jahren einer der Wegbereiter der Programmiersprache ALGOL, die über nachfolgende Programmiersprachen (wie Simula und C++) als Zwischenglieder zum Urahn von Java wurde.

Thema / Inhalt (7)

Die Forschung an der ETH Zürich von Rutishauser und anderen zu Compilerkonzepten, höheren Programmiersprachen und numerischen Algorithmen bereits in den 1950er-Jahren, lange bevor sich die Informatik als eigene Disziplin etablieren konnte, kam nicht von ungefähr: Ab 1950 besass die ETH Zürich als erste Universität in Kontinentaleuropa einen Computer: Die **Z4** von **Konrad Zuse**, und diese Maschine wollte produktiv genutzt werden und gab daher Ansporn zur Entwicklung geeigneter Programmierkonzepte. Wir stellen daher auch die Z4, ihren Konstrukteur Konrad Zuse, den nachfolgend an der ETH selbst entwickelten elektronischen Rechner **ERMETH**, dessen Konstrukteur **Ambros Speiser** sowie andere Protagonisten vor und berichten von einigen Begebenheiten, die die damalige Pionierzeit der Computernutzung in instruktiver Weise beleuchten.

Aber es gab in der Nachkriegszeit ja nicht nur Rechenautomaten, sondern **Automaten** für vielfältige andere Zwecke – z.B. spielten ab den 1960er-Jahren bis zum Aufkommen von PCs in den 1980ern sogenannte Textautomaten eine wichtige Rolle – heute sind sie fast vergessen. Das generelle Automatenzeitalter wurde als verklärte Zukunftsvision populär und doch entstand das Wort „Automatisierung" überhaupt erst in den 1950er-Jahren und wirkt seitdem (und immer wieder neu) gleichzeitig im Sinne eines Faszinosums als auch eines Schreckgespenstes. Eine kurze Besinnung auf die Begriffe „Automat" und „Automatisierung" wirkt daher erhellend, man sollte dies aber eigentlich in einen grösseren Kontext einbetten, der den Bogen von „Mechanisierung" über „Kybernetisierung" bis „Digitalisierung" spannt – und damit einen relevanten Teil unserer Technik-, Industrie- und sogar Kulturgeschichte ausmacht! An dieser Stelle würde dies aber doch zu weit führen.

Enger zum Vorlesungsthema gehören hingegen Begriff und Tätigkeit des **Programmierens**. Dies ist älter als der Computer oder Rechenautomat, denn programmiert hatte man auch schon

Thema / Inhalt (8)

mechanische Webstühle zur Anfertigung komplexer Muster, und zwar über Streifen von Lochkarten. **Charles Babbage** hat sich von ihnen inspirieren lassen, seine (nie wirklich realisierte) „Analytical Engine" sollte auf diese Weise programmiert werden. Bei Babbage (in dessen Nachlass, aber auch bei Luigi Federico Menabrea und Ada Lovelace, die seine Ideen aufgegriffen und 1842 / 43 publiziert haben) finden sich konkrete Programme für die Analytical Engine, und zwar anwendungsbezogen formuliert und mit symbolischen Variablennamen, beispielsweise zur Auflösung eines linearen Gleichungssystems mit zwei Unbekannten. Nun blieb aber die Analytical Engine ein Papiertiger; die ersten tatsächlich gebauten programmierbaren Computer erschienen rund 100 Jahre später; sie wurden anfangs über Steckbretter, Schalterstellungen, Lochstreifen und Lochkarten programmiert.

Aber noch etwas gibt es zum Programmieren anzumerken: Computer und programmierbare Rechenautomaten entstanden ja nicht aus dem Nichts heraus, sondern weil schon vor dem Zweiten Weltkrieg Industrie, Militär und Wissenschaft aufgrund steigender Anforderungen an Qualität und Genauigkeit der Produkte zunehmend Bedarf an immer grösseren und längeren Berechnungen hatte – etwa in Form von Fourier-Transformationen zur Bestimmung von Eigenschwingungen von Maschinen, zur Tabellierung ballistische Flugbahnen unter komplizierten atmosphärischen Bedingungen, zum Ermitteln des Einflusses immer zahlreicherer und kleinerer Himmelskörper aufeinander etc. Auch vor dem Zeitalter programmierbarer Rechenautomaten wurden entsprechende Berechnungen, langwierig und aufwändig, durchgeführt, und zwar manchmal fast fabrikartig organisiert von einigen zig **menschlichen Rechnern und Rechnerinnen**. (Im Englischen hiessen diese Personen tatsächlich „Computer", das Wort wurde später einfach auf die programmierbaren Maschinen übertragen, die die gleichen Tätigkeiten, aber meist schneller und vor allem praktisch fehlerfrei, ausführten.)

Thema / Inhalt (9)

Die menschlichen Rechner arbeiteten meist unter Nutzung mechanischer oder elektromechanischer Tischrechenmaschinen für die vier Grundrechenarten repetitiv an einem kleinen Ausschnitt des Gesamtproblems. Es galt also schon damals, die Gesamtaufgabe algorithmisch in Teilaufgaben herunterzubrechen und den Datenfluss zu organisieren. Man musste den menschlichen Rechnern eindeutig vorschreiben, was sie zu tun hatten – gewissermassen musste man also die menschlichen Rechner und deren Zusammenspiel programmieren. Dies geschah etwa mittels **Rechenschablonen** aus Karton, die über Datenblätter gelegt wurden und schriftliche Anweisungen enthielten, wie mit den Daten umzugehen sei, die über die Fenster einer Schablone sichtbar gemachten wurden: Wie sie rechnerisch zu verknüpfen waren und in welches Fenster der Schablone das Ergebnis auf dem darunterliegenden Datenblatt einzutragen wäre. Dies entsprach einer heutigen Programmanweisung etwa der Art „addiere den Wert von Speicherzelle x zum Wert von Speicherzelle y, multipliziere das Ergebnis mit dem Wert von Speicherzelle z und notiere das Ergebnis in Speicherzelle a. Falls das Ergebnis positiv ist, fahre mit Schablone B17 fort, sonst mit Schablone A5“. Insofern sollte es nicht verwundern, wenn die Funktionsweise der ersten programmierbaren Rechenautomaten (also „Computer“ im heutigen Sinne) unter Rückgriff auf das seinerzeit Bekannte (nämlich den Ablauf bei menschlichen Rechnern in den Rechenfabriken) erläutert wurde als eine Substitution von Rechner (bzw. meist Rechnerin), Tischrechenmaschine, Rechenschablone und Rechenblatt durch ein einziges automatisch arbeitendes Gerät mit dem kombinierten Leistungsvermögen.

Dass man überhaupt effizient Probleme berechnen kann, die über das hinausgehen, was die Kaufleute bis ins Mittelalter mit dem römischen Zahlsystem, Abakus, Rechenmünzen und Rechentischen erreichen konnte, verdanken wir einem kulturellen Meilenstein: der Einführung der Stellenschreibweise im **indisch-arabischen Ziffernsystem** zusammen mit der Erfindung der Null. Dieses fortschrittliche Rechensystem kam über den persisch-arabischen Raum zu-

Thema / Inhalt (10)

nächst in das südliche Europa, den Sprung über die Alpen schaffte es erst etwas später. Aber Rechenmeister wie Adam Ries Anfang des 16. Jahrhunderts und die Möglichkeit, Rechenbücher in der Sprache des Volkes in grösserer Auflage per Buchdruck herzustellen, verhalfen dem „schriftlichen Rechnen“ (dem damals sogenannten „Rechnen auf der Feder“) im Dezimalsystem schliesslich überall zum Durchbruch.

Für die sich entwickelnden Wissenschaften, zunächst für die Astronomie, dann aber auch die Physik sowie weitere Naturwissenschaften und schliesslich für die Ingenieurswissenschaften, war ein solches einfach handhabbares und praktisch anwendbare Rechensystem, das auch für sehr grosse Zahlen anwendbar war, von entscheidender Bedeutung. Als das Rechnen den Menschen zu viel wurde, konnte man es so relativ einfach auf Maschinen auslagern – zunächst, langsam beginnend im 17. Jahrhundert mit Pascal und Leibniz, waren dies handbediente mechanische (später dann elektrisch angetriebene) Maschinen für einzelne Rechenoperationen, Mitte des 20. Jahrhunderts dann programmgesteuerte Rechenautomaten für algorithmisch beschriebene repetitive Rechnungen. Der Computer, ein **automatisierter Rechenknecht**, war erfunden!

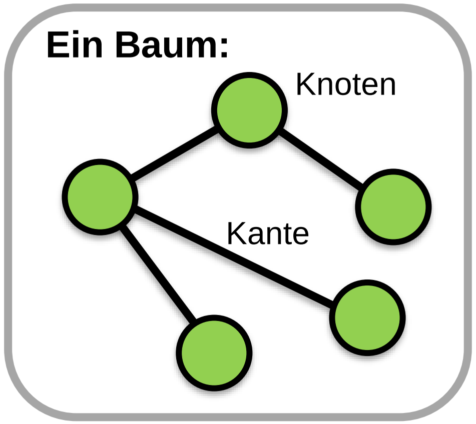
Dass elektronische Computer bald darauf winzig klein, ganz preiswert und irre schnell werden würden; dass man bald nicht nur mit Zahlen an sich rechnen würde, sondern mit allem Denkbaren, das sich in Zahlen ausdrücken lässt, auch mit Messwerten und Eindrücken aus der physischen Welt; und dass Bitfolgen mehr als Zahlen darstellen können und trotzdem ganz analog wie beim eigentlichen Rechnen „digital“ verarbeitet werden können – das alles hat man sich vor wenigen Jahrzehnten allerdings noch nicht vorstellen können. Damals, Mitte des letzten Jahrhunderts, diente ein Computer nur zum Rechnen, dafür war er geschaffen und diese Zweckbestimmung drückte sein Name auch aus.

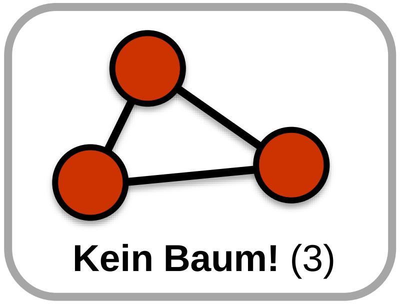
Bäume in der Informatik

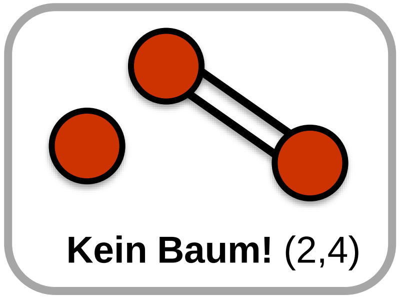
Bestehen aus Knoten und Kanten (d.h., sind „Graphen")

(1) Jede Kante verbindet genau 2 Knoten
(2) Zwischen je 2 Knoten gibt es höchstens eine Kante
(3) Anzahl der Knoten = 1 + Anzahl der Kanten
(4) Sind „zusammenhängend": von jedem Knoten kann man (evtl. indirekt) jeden anderen (über einen „Weg") erreichen

Das heisst, ein Baum hat mindestens einen Knoten, oder?







Für jeden Baum gilt:

- Zwischen je zwei verschiedenen Knoten gibt es genau einen Weg (Folge von „benachbarten" Knoten bzw. Kanten)
- Es gibt keine „Zyklen" (Weg mit Anfangsknoten = Endknoten)

Stichwort **Graph** – ein kurzer Exkurs

Da wir nicht in des Teufels Küche kommen wollen, setzen wir bis auf Widerruf eine „**nicht leere**" Knotenmenge voraus.

Bäume sind spezielle Graphen. Allgemeine Graphen sind aus vielen Beispielen zumindest in informeller Hinsicht bereits bekannt. Im mathematischen Sinne besteht ein Graph aus einer Knotenmenge, einer dazu disjunkten Kantenmenge und einer Abbildung, die jeder Kante ein Paar von (durch sie verbundene) Knoten zuordnet – solche Knoten heissen benachbart.

Da (bei $a \neq b$) Knotenpaar (a,b) von (b,a) verschieden ist, sind Kanten grundsätzlich gerichtet, was in der graphischen Darstellung durch einen Pfeil ausgedrückt wird. Für (a,b) fungiert dabei a als Anfangspunkt und b als Endpunkt der Kante. Bei ungerichteten Graphen „identifiziert" man alle jeweiligen Knotenpaare (a,b) und (b,a) und zeichnet Kanten als Linien ohne Pfeil. Ein gerichteter Graph heisst auch Digraph („directed graph").

Kanten, die die gleichen Knotenpaare verbinden, heissen Mehrfachkanten. Wird ein und derselbe Knoten durch eine Kante verbunden, nennt man diese eine Schlinge. Mehrfachkanten und Schlingen werden oft stillschweigend ausgeschlossen. (Hebt man dies hervor, nennt man solche Graphen schlicht.)

In der Informatik sind Knoten- und Kantenmenge i.a. endlich.

Bäume sind Graphen mit den oben eingeführten Eigenschaften (3) und (4).

Stichwort Graph (2)

Reiht man Kanten so aneinander, dass der Endpunkt einer Kante als Anfangspunkt einer weiteren Kante fungiert, dann erhält man einen Weg als Knotenfolge. Ein mehrfaches Auftreten von Knoten lässt man dabei i.a. nicht zu; wenn der erste Knoten identisch zum letzten Knoten ist, spricht man allerdings von einem Zyklus (oder Kreis). Gerichtete Wege werden auch als Pfade bezeichnet.

A priori muss es nicht von jedem Knoten zu jedem anderen einen Weg geben – ist das aber der Fall, dann heisst der Graph zusammenhängend. Bäume sind minimal zusammenhängend (und damit als Struktur „verletzlich"): Entfernt man eine beliebige Kante, ist der Graph nicht mehr zusammenhängend. Meist (allerdings nicht bei Bäumen!) gibt es in Graphen mehrere Wege zwischen zwei bestimmten Knoten – dann sucht man im Sinne der dadurch modellierten Anwendung oft den kürzesten Weg (oder den „billigsten", wenn die Kanten mit Kosten markiert sind).

Graphen stellen zweckdienliche Modelle für vielfältige Anwendungen dar: Verkehrsnetze, Kommunikationsnetze (z.B. Routing im Internet), soziale Beziehungen, Firmengeflechte (wer ist an wem zu wieviel Prozent indirekt beteiligt?), Netzpläne (kritischer Pfad von Aktionen), Produktionspläne, biochemische Stoffwechselnetzwerke etc.

Stichwort **Graph (3)**

Metro maps are much more than mere functional diagrams to me, I consider them works of art that shape our mental image of the city. - Jug Cerovic

Ein typisches Anwendungs-beispiel: Suche eines mög-lichst kurzen & schnellen Weges vom Startpunkt zu einem Zielpunkt in einem U-Bahnnetz. Hier: Metro in Paris (map design: Jug Cerovic, Paris).

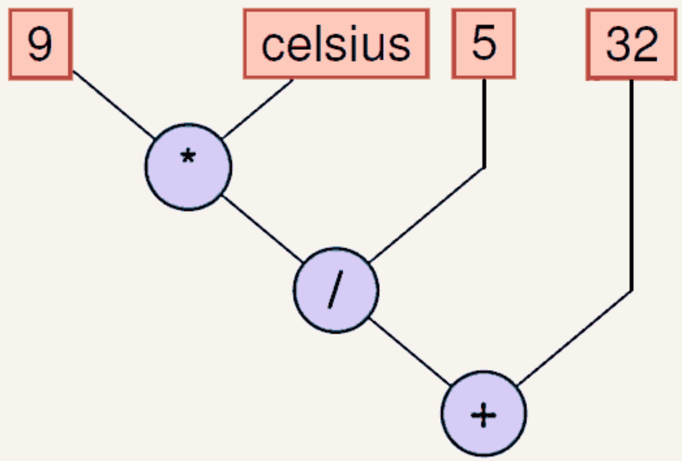
www.inat.fr/files/

Bäume – schon bekannt aus „Informatik I", z.B.:

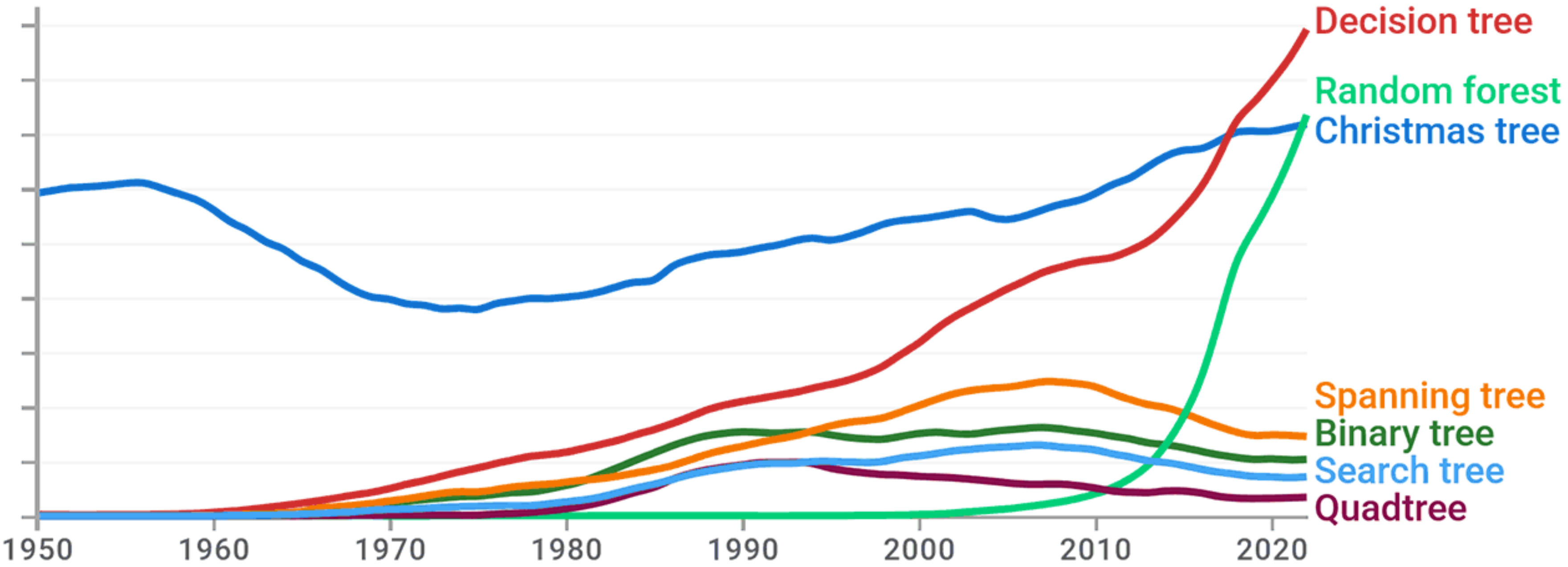
Ausdrucksbäume

Klammerung ergibt Ausdrucksbaum

```
(((9 * celsius) / 5) + 32)
```



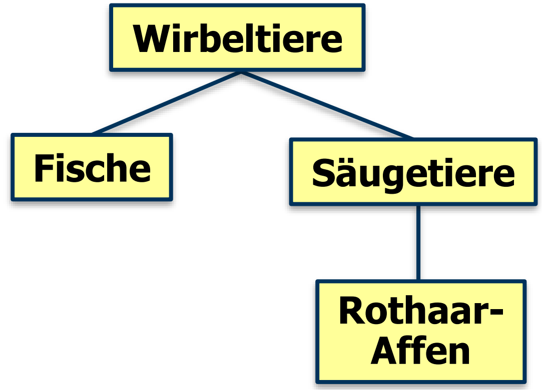
Bäume in der Informatik



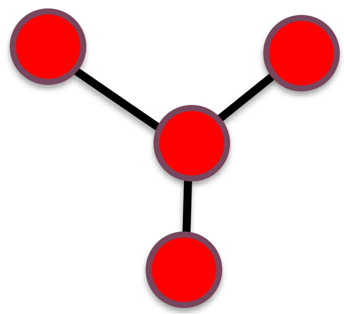
Bäume spielen in der Informatik eine wichtige Rolle. Zum einen repräsentieren sie als mathematische Struktur Beziehungen zwischen Objekten, insbesondere lassen sich (rekursive) Objekthierarchien unmittelbar darstellen. Zum anderen fungieren sie als Datenstrukturen, mit denen oft Daten so angeordnet und abgespeichert werden können, dass Suche und Zugriff besonders effizient erfolgen können. Ihrer Eigenschaft der Zyklenfreiheit bzw. des minimalen Zusammenhangs prädestinieren sie ferner als Modelle für vielfältige Praxisprobleme im Bereich der Optimierung. Bäume können Ergebnisse von kombinatorischen Algorithmen oder Graphenalgorithmen sein (z.B. Spannbäume), aber vor allem stellen Bäume selbst Strukturen dar, auf denen eine Vielzahl von wichtigen Algorithmen operieren.

Moin, moin, bitte einen Baum mit 4 Knoten!

Bitteschön!



Dankeschön! Und noch einen anderen, bitte!



Wie wäre es damit?

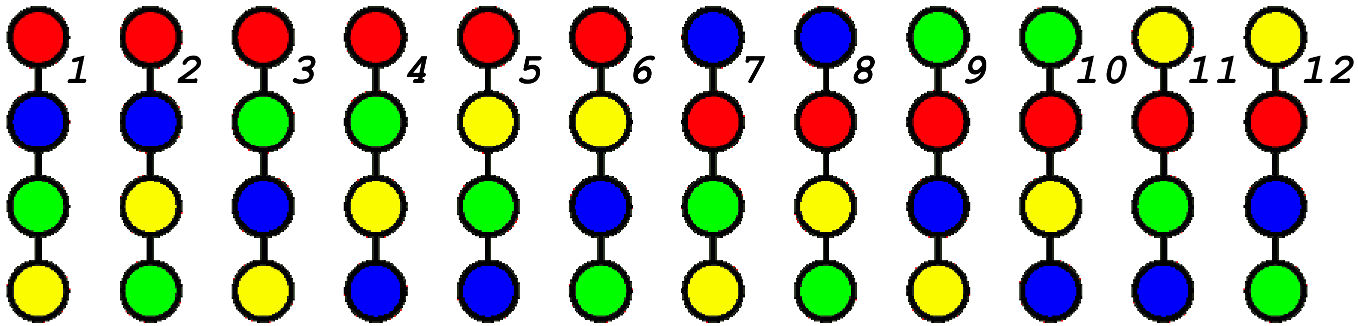
Und noch einen!

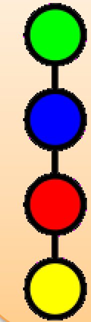
→ Ja, aber wie viele ~~wirklich~~ verschiedene 4er-Bäume gibt es?

In welchem Sinne?

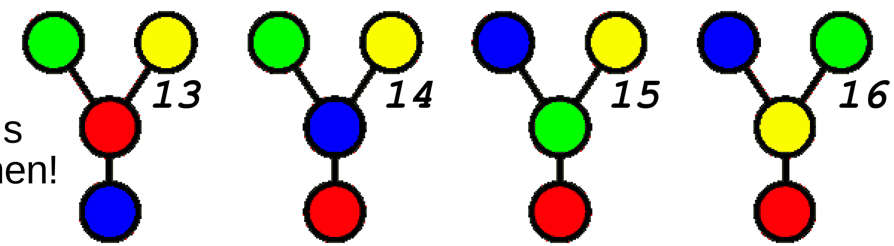
verschiedenen

Beispiel: Alle 16 verschiedenen Bäume mit 4 Knoten





Und was ist damit?



Hier werden alle jeweiligen 4 Knoten als verschieden angesehen!

Die Knoten sind „markiert“; hier durch unterschiedliche Farben. Man spricht von markierten Bäumen (labeled trees), gelegentlich auch von etikettierten oder bezeichneten Bäumen. (Es ist nicht generell ausgeschlossen, dass verschiedene Knoten gleich markiert sind!)

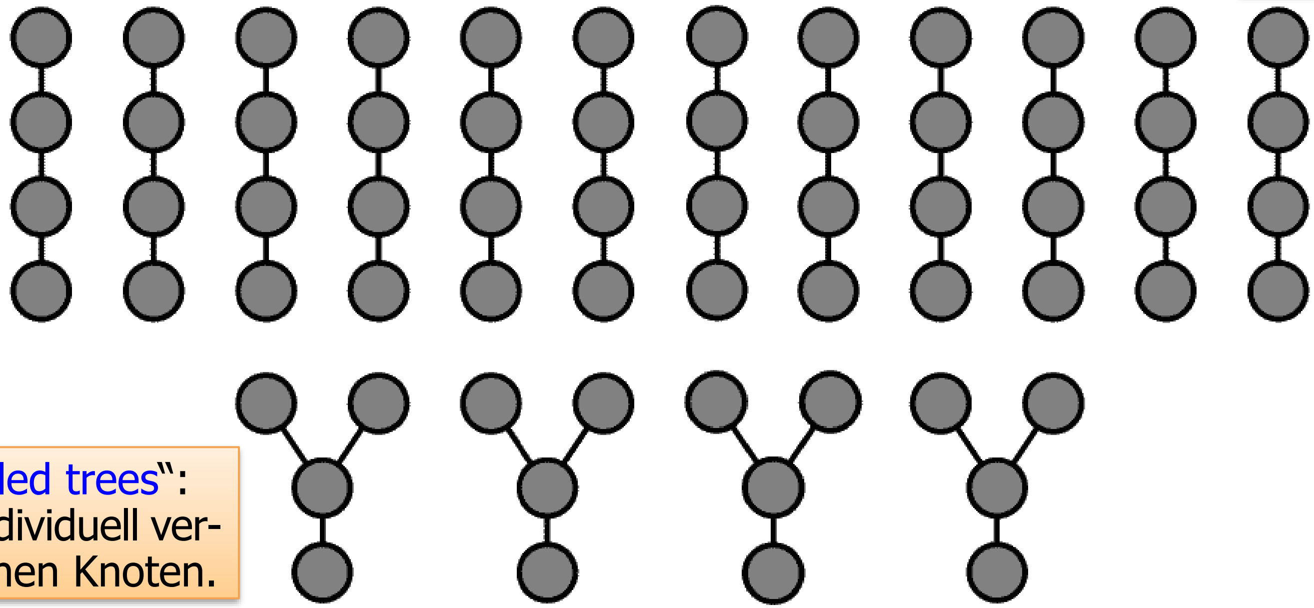
Die Markierungen können den „Wert“ eines Knotens darstellen, wenn Knoten (in Form geeigneter Datenstrukturen) Information speichern.

Denkübung: Man überlege sich, wieso es n^{n-2} solcher Bäume gibt (mit n = Zahl der Knoten) → *Formel von Cayley*, 1889

Das ist nicht ganz einfach, aber lehrreich; es sind viele sehr verschiedene Beweise bekannt. Das „Buch der Beweise“ der Berliner Mathematiker Martin Aigner und Günter Ziegler diskutiert vier davon und widmet dem Problem ein ganzes Kapitel. Dénes König, der Nestor der Graphentheorie, nannte die Formel „merkwürdig einfach“.

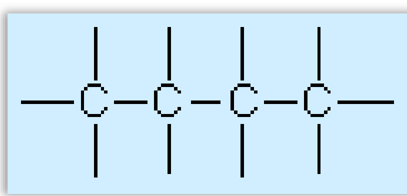
Beispiel: Alle **2** verschiedenen Bäume mit 4 Knoten

ununterscheidbaren

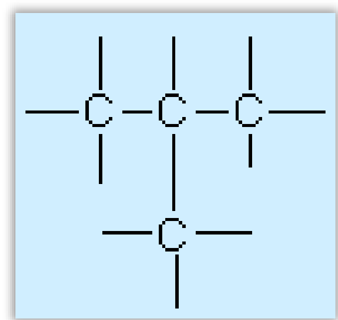


„Unlabeled trees“:
Keine individuell verschiedenen Knoten.

Analog gibt es auch nur 2 Isomere des Camping-Gases Butan C_4H_{10}:



N-Butan

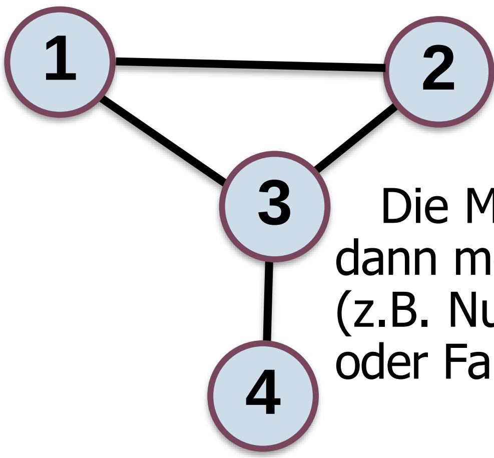


Isobutan

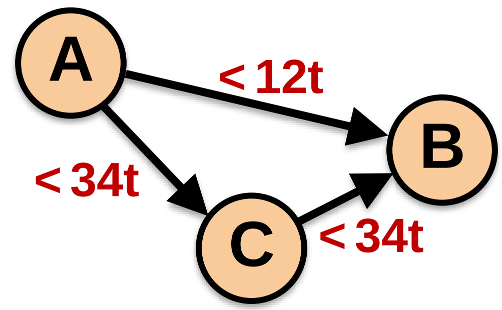
Feuerzeug mit Butan-Füllung

Markierte / unmarkierte Graphen

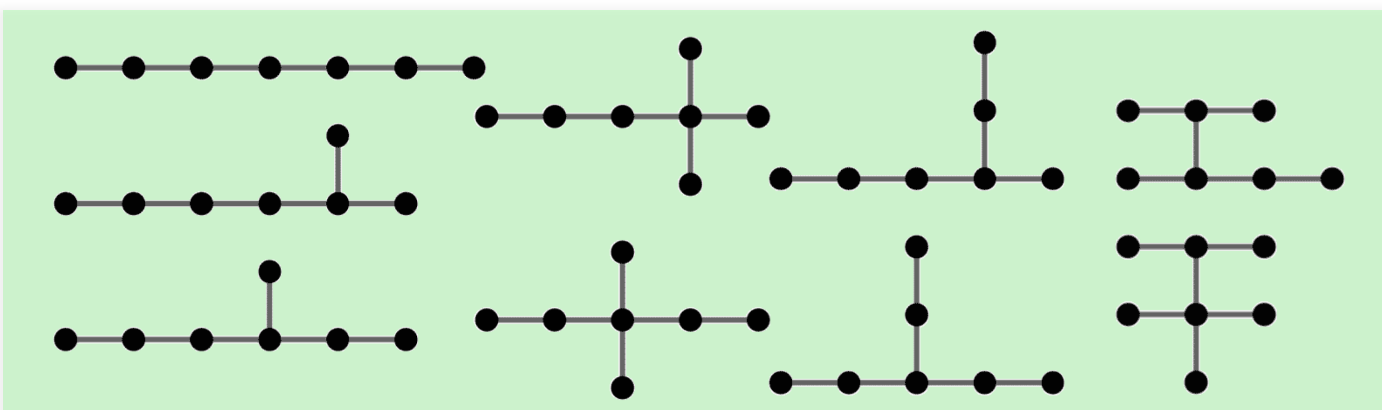
Knoten (oder auch Kanten) eines Graphen können (z.B. zur jeweiligen Unterscheidung) eine Markierung („label") haben



Die Markierung ist dann meist eindeutig (z.B. Nummerierung oder Farbe wie oben)



Beispiel: Kanten mit unterschiedlichen Eigenschaften



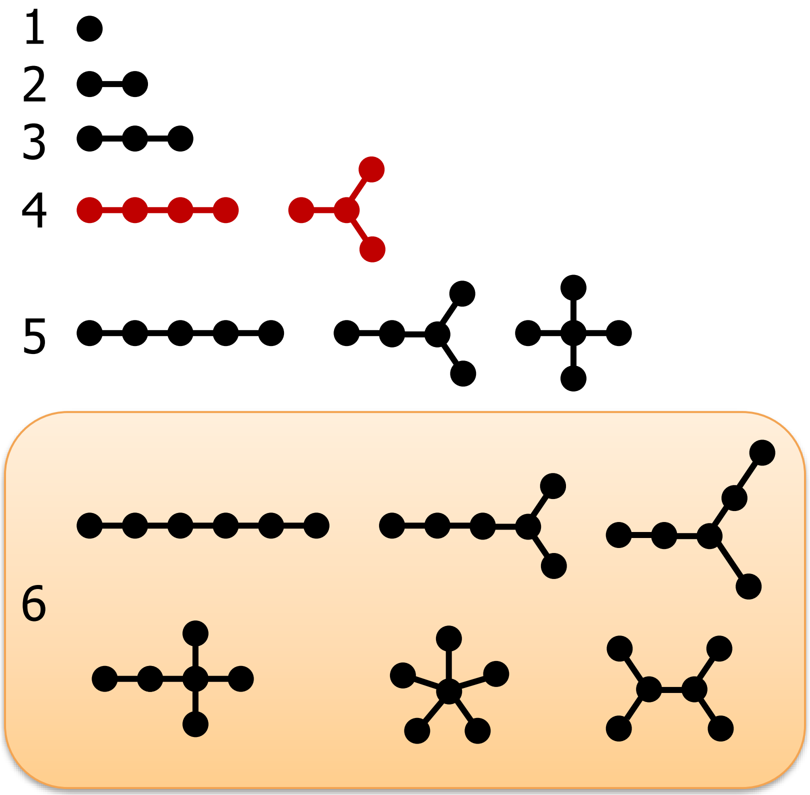
Einige unmarkierte Bäume mit je 7 Knoten

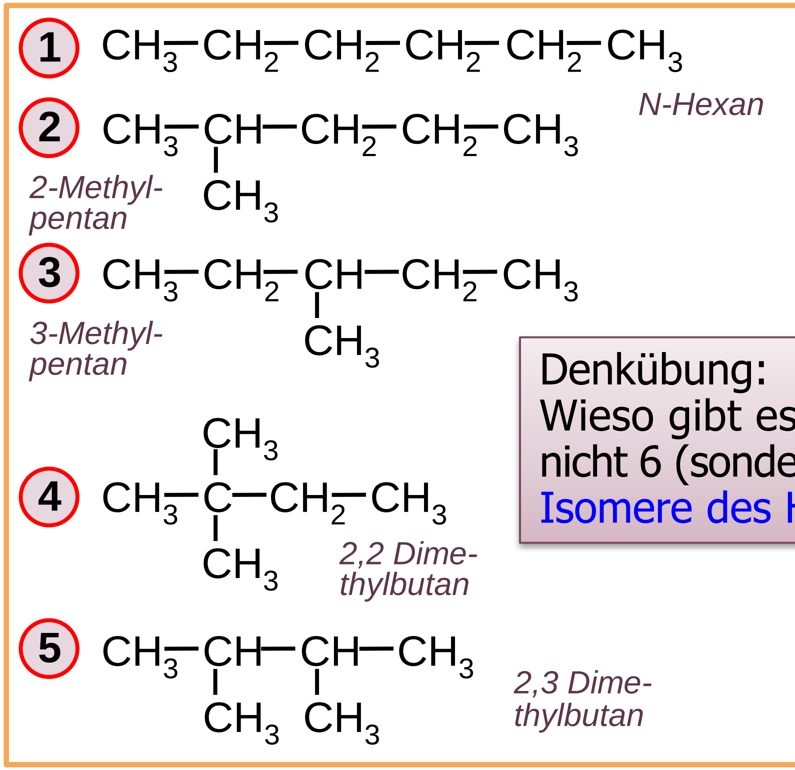
(Denkübung: Einige fehlen – welche?)

unmarkierte

= Anzahl der Knoten

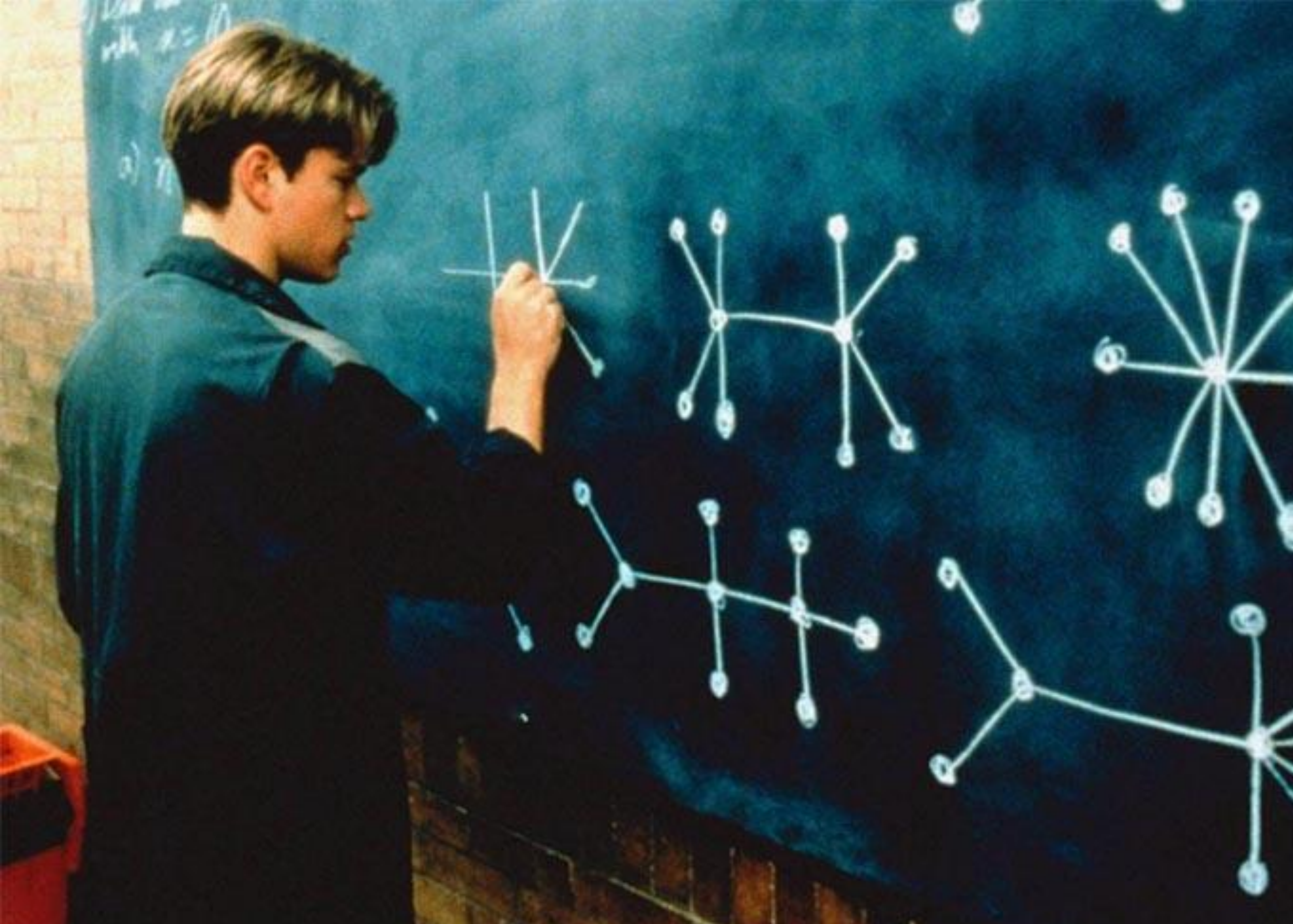
Beispiel: Verschiedene Bäume der Grösse 1 bis 6





Denkübung:
Wieso gibt es jedoch nicht 6 (sondern nur 5) Isomere des Hexans?

- Die Anzahl der Bäume bei n Knoten entspricht der Folge 1, 1, 1, 2, 3, 6, 11, 23, 47, 106, 235, 551, 1301, 3159, 7741, 19320, 48629, 123867,... (wächst grössenordnungsmässig exponentiell mit n)
- Hingegen die Anzahl der Isomere: 1, 1, 1, 2, 3, 5, 9, 18, 35, 75, 159, 355, 803,...

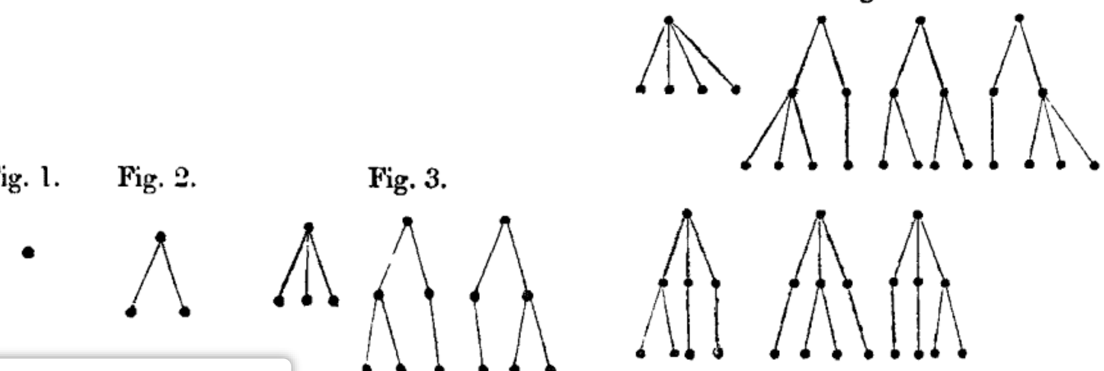


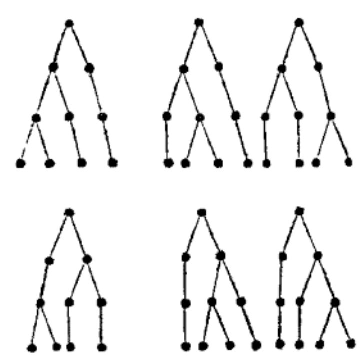
Cayley: Analytical forms called trees

Historische Notiz

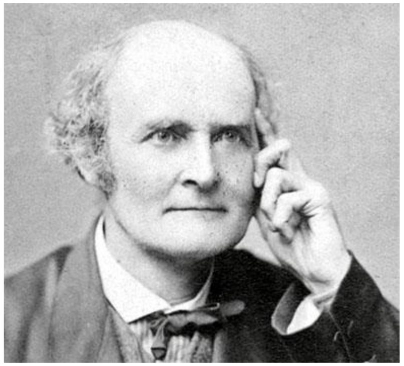
THE following class of "trees" presented itself to me in some researches relating to functional symbols; viz., attending only to the terminal knots, the trees with one knot, two knots, three knots, and four knots respectively are shown in the figures 1, 2, 3, and 4:

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.





and similarly for any number of knots. The trees with four knots are formed first from those of one knot by attaching thereto in every possible way (one way only) four knotted branches; secondly, from those with two knots by attaching



Arthur Cayley (Bild: Wikipedia)

Bäume als mathematische Strukturen wurden 1857 von Arthur Cayley (1821 – 1895) eingeführt.

Links: Auszug aus: Arthur Cayley: *On the Theory of Analytical Forms called Trees. 2nd Part*. Philosophical Magazine, Vol. 17, 374-378, 1859.

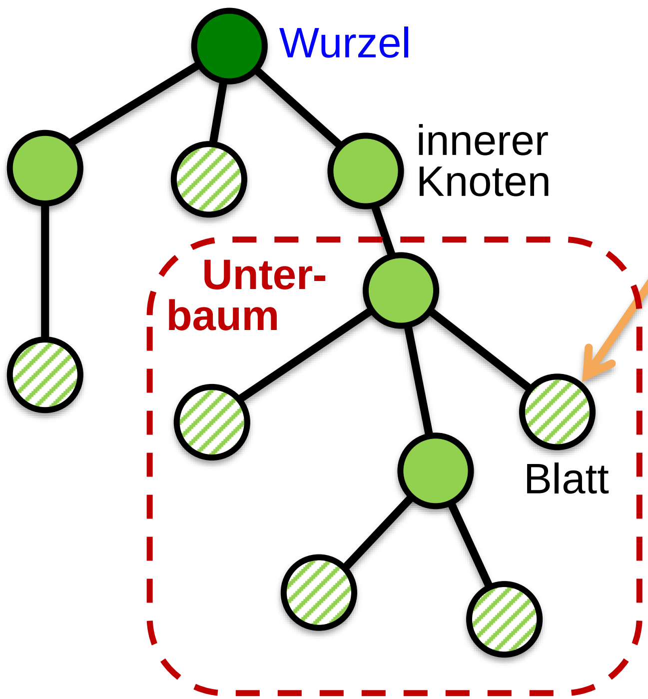
(Mit „knots" sind hier nach heutiger Sprechweise die Blätter eines Wurzelbaums gemeint.)

Im Deutschen führte der Mathematiker Wilhelm Ahrens 1901 die Bezeichnung „Baum" (zuvor: „baumförmiger Typus") ein.

Wurzelbäume

Wurzelbäume werden typischerweise zur Darstellung hierarchischer Strukturen verwendet

- Ein bestimmter Knoten wird als „Wurzel" ausgezeichnet
  - Beachte: Bäume sind in der Informatik meist Wurzelbäume; daher meint man oft „Wurzelbaum", wenn man einfach „Baum" sagt
- Werden i.Allg. „umgekehrt" gezeichnet (Wurzel oben!)



Knoten mit nur einer einzigen „inzidenten" Kante heissen Blatt

(Eine solche Wurzel sieht man i.a. nicht als Blatt an)

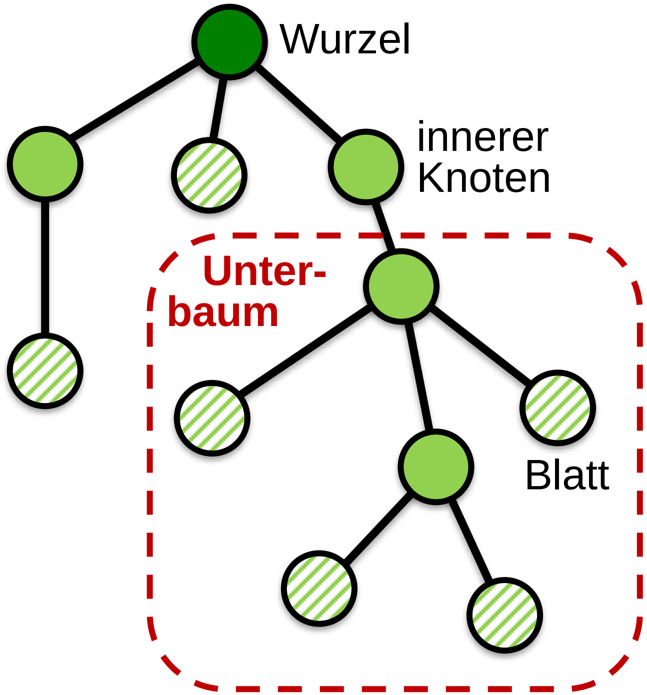
Jeden Knoten eines Baums kann man als Wurzel eines Unterbaums auffassen

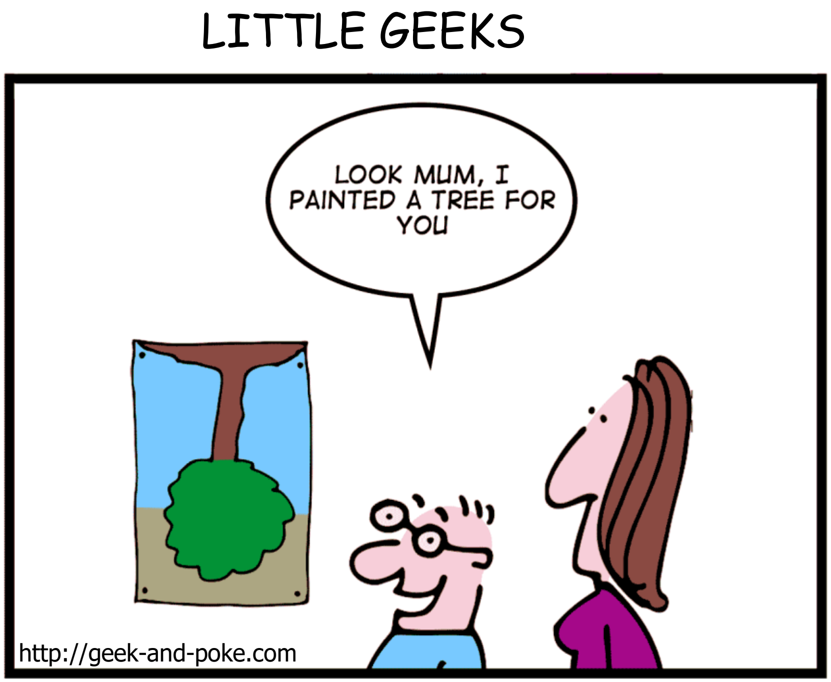
Ausgehend von der Wurzel kann man die Knoten in Ebenen (*Niveau*, *Level*) einteilen
→ gleiche Entfernung von der Wurzel

Wurzelbäume

Wurzelbäume werden typischerweise zur Darstellung hierarchischer Strukturen verwendet

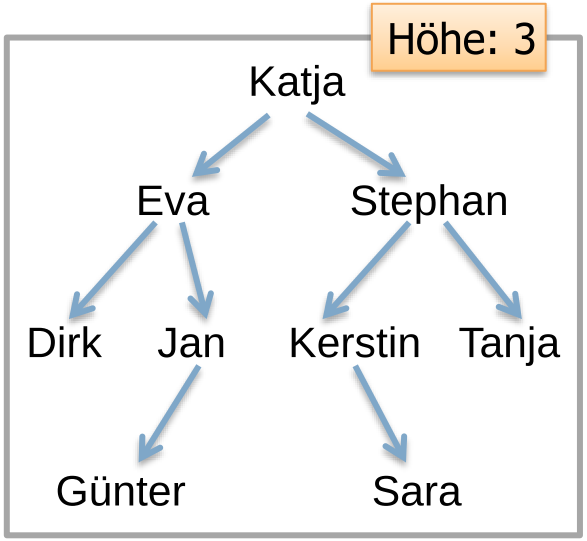
- Ein bestimmter Knoten wird als „Wurzel" ausgezeichnet
  - Beachte: Bäume sind in der Informatik meist Wurzelbäume; daher meint man oft „Wurzelbaum", wenn man einfach „Baum" sagt
- Werden i.Allg. „umgekehrt" gezeichnet (Wurzel oben!)





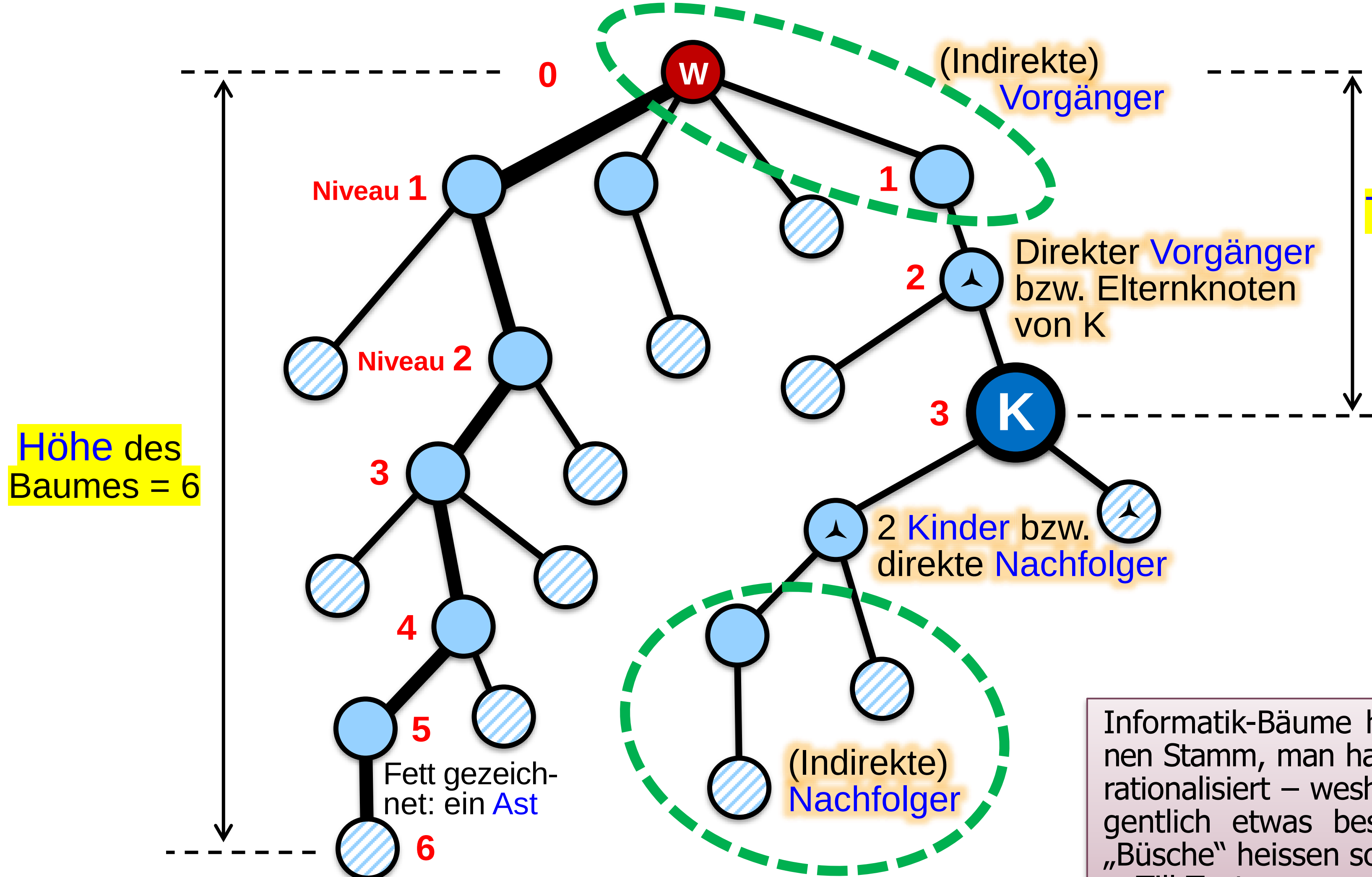
Wurzelbäume : Höhe und Tiefe

- Die Tiefe eines Knotens ist sein Abstand (d.h. die Länge seines Weges) zur Wurzel
  - Die Wurzel hat also die Tiefe 0
- Die Höhe eines Wurzelbaumes ist die maximale Knotentiefe
  - D.h. die Länge eines längsten Weges von der Wurzel zu einem Blatt (es kann mehrere solche – gleich langen – Wege geben!)
  - Mit anderen Worten: Der maximale Abstand zwischen einem Knoten und der Wurzel
  - Ein Baum, der nur aus einer Wurzel besteht, hat also die Höhe 0



Wurzelbäume

Wurzelbäume haben mindestens einen Knoten, die Wurzel. Manchmal spricht man von einem „**leeren (Wurzel)baum**“; dann meint man eine Datenstruktur in Form eines solchen Baums, die aber (noch) kein Element enthält – z.B. manifestiert durch einen Zeiger, der (noch) ein null pointer ist.



Informatik-Bäume haben keinen Stamm, man hat ihn wegrationalisiert – weshalb sie eigentlich etwas bescheidener „Büsche“ heissen sollten.
-- Till Tantau

100$^+$ Beispiele für (Wurzel)bäume...

...und solche Graphen, die es fast sind

Baumstrukturen tauchen in vielen Gebieten und Anwendungsklassen auf. Einer der Gründe dafür ist, dass sie als minimal zusammenhängende Graphen z.B. attraktiv als Modelle für Güterverteilstrukturen im Logistikbereich bzw. für Infrastrukturen wie Eisenbahn- oder Wasserleitungsnetze sind. Aufgrund möglicher Engpässe oder der Verletzlichkeit durch Ausfall von Kanten sieht man in der Praxis allerdings meistens einige redundante Graphkanten vor und verlässt sich nicht auf eine reine Baumstruktur.

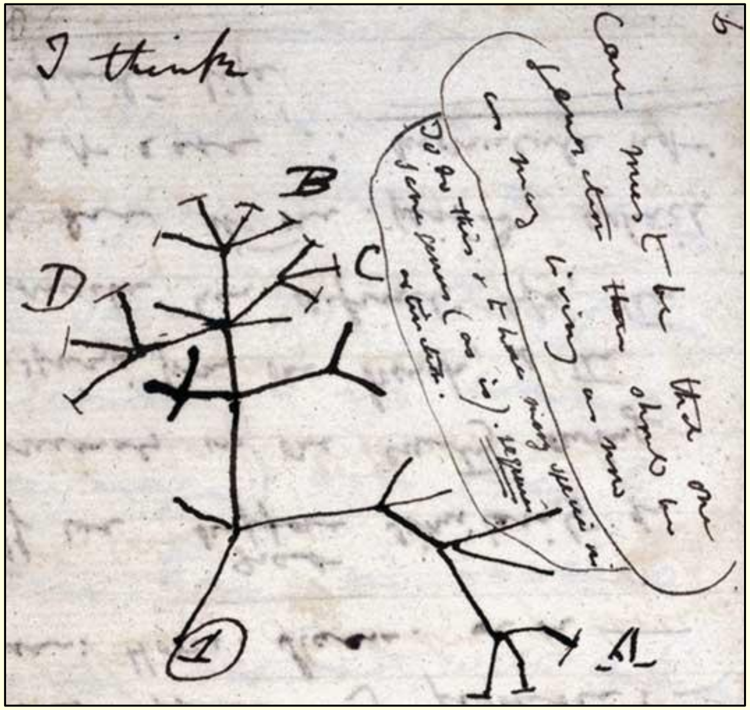
Ein anderer wichtiger Grund für die Attraktivität von Bäumen, insbesondere Wurzelbäumen, liegt darin, dass diese in kanonischer Weise Hierarchien bilden. Hierarchische Strukturen und Taxonomien führen zu einem besseren Verständnis einer gegebenen Menge von Aspekten, wenn rekursiv Unterkategorien nach sinnvollen gemeinsamen Teilmerkmalen gebildet werden bzw. gemeinsame Attribute zu Oberkategorien herausfaktorisiert werden und die Kategorien dann auch noch aussagekräftige Bezeichnungen (z.B. „Säugetiere“, „Blechbläser“, „Israeli“ etc.) erhalten. Hierarchische Strukturen werden klassisch auch zur besseren Beherrschbarkeit eines Systems gebildet (Firmen, Armee, staatliche Verwaltung etc. mit Tätigkeiten in dezentraler, paralleler, aber weitgehend disjunkter Weise) und damit typischerweise baumartig organisiert.

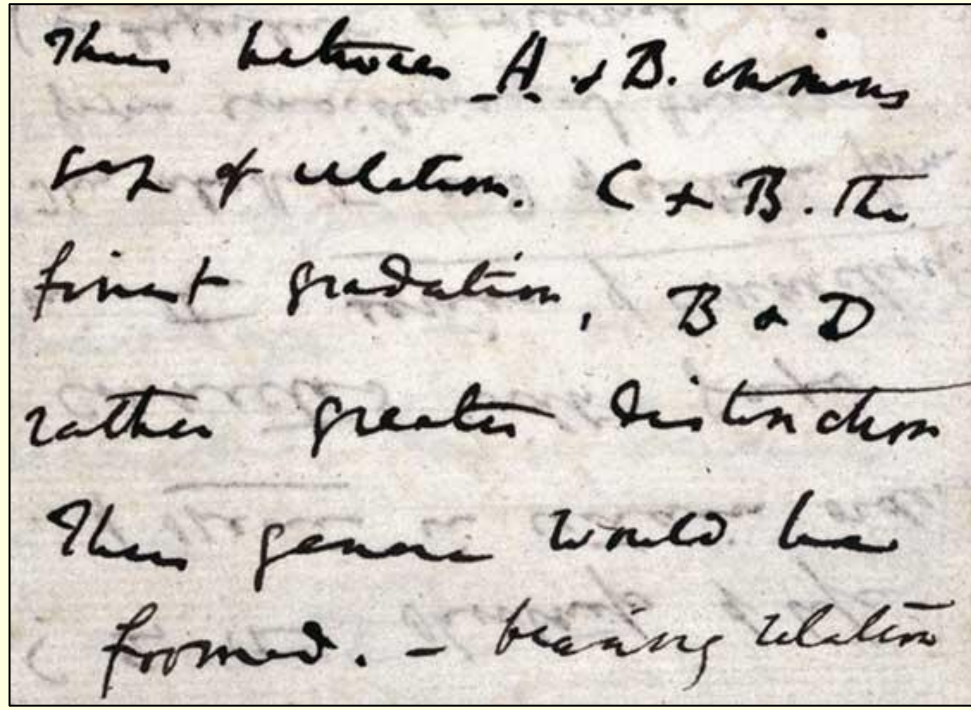
Evolvierende Prozesse, die sich verzweigen können, bilden eine weitere wichtige Quelle für Baumstrukturen. Am bekanntesten dafür sind Stammbäume; sie dienen sowohl der Darstellung von Familienverhältnissen als auch – auf einer zeitlich viel grösseren Skala – der Darstellung der phylogenetischen Abstammung der Arten in der Biologie. Mit der zeitlichen Abfolge sind oft auch kausale Aspekte (z.B. Weitergabe von Genen oder Rechtsansprüche bei Erbschaften) verbunden. Abfolgen von Entscheidungen und die Darstellung möglicher Zukünfte und Konsequenzen führen ebenfalls zu praktisch bedeutsamen Baumstrukturen (Entscheidungsbäume, Spielbäume).

Die folgenden slides geben einen Eindruck von der Anwendungsvielfalt von Baumstrukturen.

„φῦλον“ (altgriech.): Gattung, Stamm, Geschlecht

► Charles Darwin: phylogenetischer Baum





1837, die Geburtsstunde der Evolutionstheorie – der erste Entwurf eines phylogenetischen Baums durch Charles Darwin. “I think… case must be that one generation should have as many living as now. To do this and to have as many species in same genus (as is) requires extinction. Thus between A + B the immense gap of relation. C + B the finest gradation. B+D rather greater distinction. Thus genera would be formed…”

Was wir heute „Evolution“ nennen, bezeichnete Darwin selbst noch mit „descent with modification“.

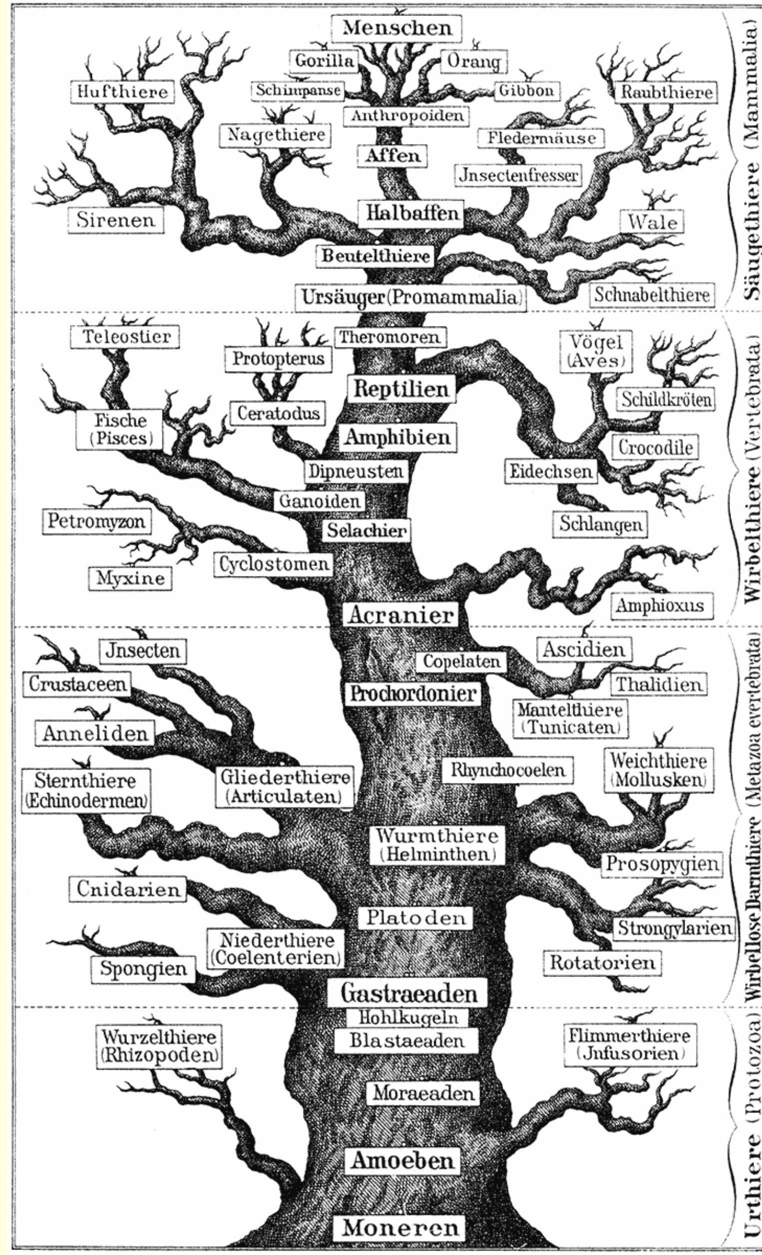
“Descended from apes! My dear, let us hope it is not so; but if it is, let us hope that it does not become generally known“ – so die Gattin des Bischofs von Worcester, als dieser ihr von Darwins Evolutionstheorie berichtete.

► Ernst Haeckel: Stammbaum des Menschen

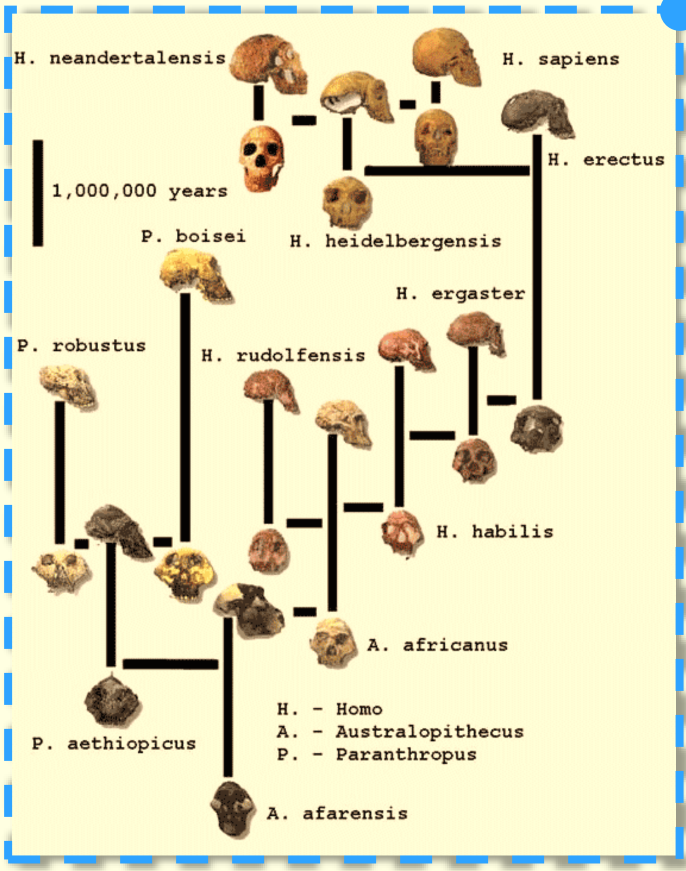
Eine Abbildung aus dem Buch von Ernst Haeckel (1834 – 1919) „Anthropogenie oder Entwickelungsgeschichte des Menschen. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Grundzüge der menschlichen Keimes- und Stammes-Geschichte“ aus dem Jahr 1874.

Ernst Haeckel, Professor in Jena, war ein begeisterter Anhänger von Darwins Ideen und sehr bemüht, das Konzept der Evolutionstheorie zu verbreiten. “More people at the turn of the century learned of evolutionary theory from his pen than from any other source, including Darwin’s own writings” merkte sein Biograph Robert Richards an.

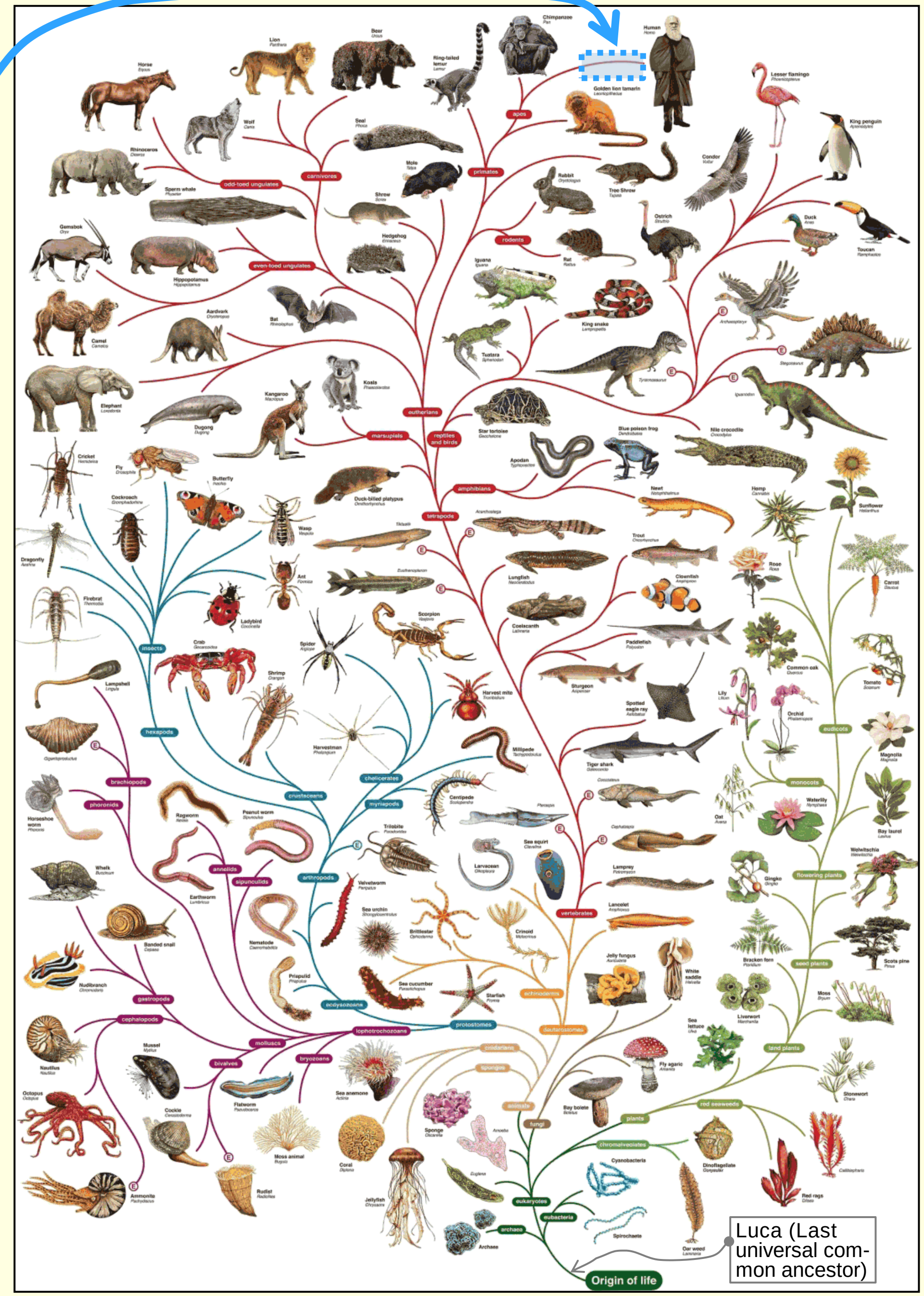
Paul Michel, Professor für Ältere deutsche Literatur der Universität Zürich, schrieb: „Haeckel, der Popularisator Darwins, hat dessen Schema zu einer knorrigen Eiche mit ausgeprägter Sprossachse konkretisiert. An der Spitze des Baums: der Homo Sapiens als Kulminationspunkt der Evolution. Das ist nicht im Geiste Darwins, nach dessen Meinung alle existierenden Lebewesen (Bakterien, Pilze, Molche, Gorillas gleichermaßen) *fit for the struggle of life* sind, sonst wären sie ja ausgestorben.“



► Tree of Life



https://i.stack.imgur.com/4C93i.jpg



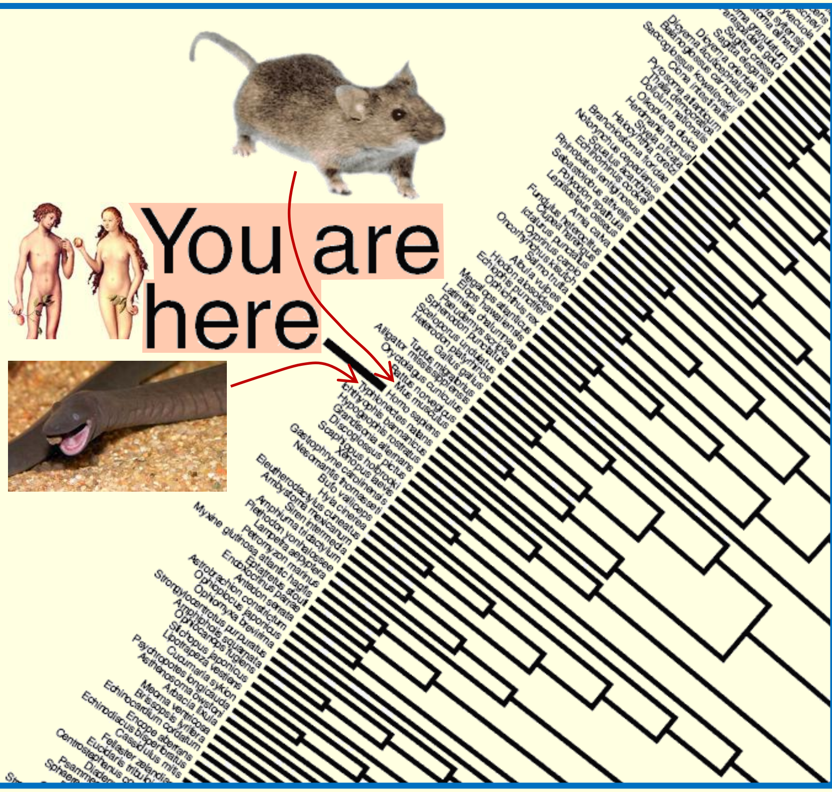
https://nicolasmicheletti.files.wordpress.com/2015/09/treeoflife.jpg

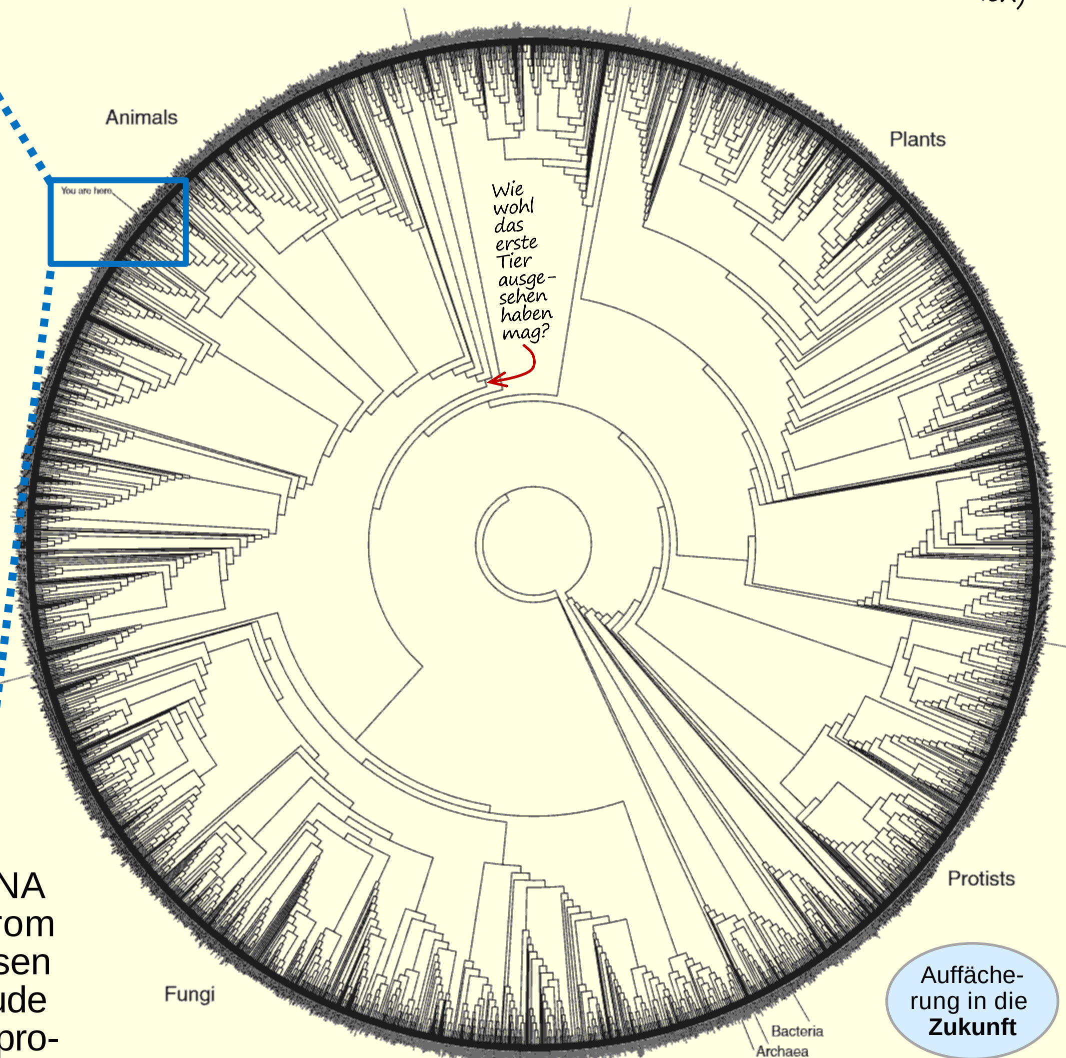
“Wir müssen, so scheint es mir, anerkennen, dass der Mensch trotz all seiner edlen Eigenschaften, trotz seines Mitgefühls für die Niedrigsten, trotz seiner Güte, die sich nicht nur auf andere Menschen, sondern auch auf die bescheidensten Lebewesen erstreckt, trotz seines gottgleichen Intellekts, der die Bewegungen und die Beschaffenheit des Sonnensystems durchdrungen hat – trotz all dieser erhabenen Kräfte – in seinem Körper noch immer den unauslöschlichen Stempel seiner niederen Herkunft trägt.” -- Charles Darwin, 1871

► New Tree of Life

David M. Hillis, Derrick Zwickl, Robin Gutell, Univ. of Texas

Das habe ich in den letzten Jahren auch erst so richtig verstanden: Dass wir alle miteinander verbunden sind.
-- Sascha Quanz (Prof. ETH Zürich)



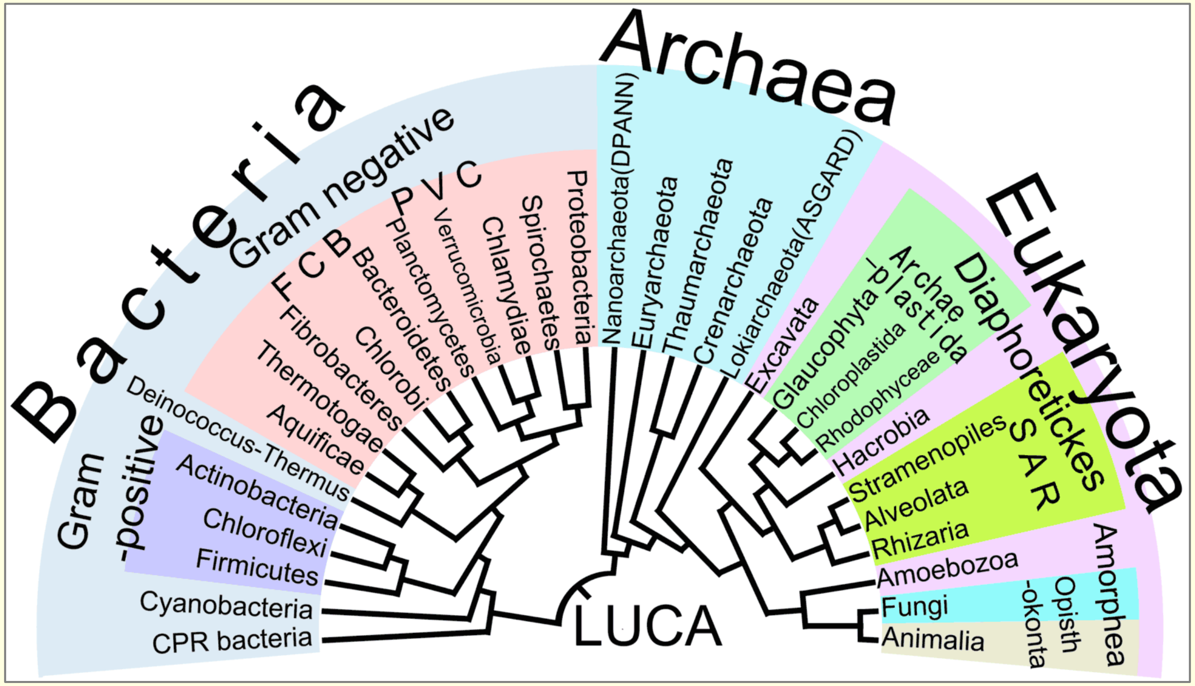


This tree is from an analysis of small subunit rRNA sequences sampled from about 3,000 species from throughout the Tree of Life. The species were chosen based on their availability, but we attempted to include most of the major groups, sampled very roughly in proportion to the number of known species in each group (although many groups remain over- or under-represented). The number of species represented is approximately the square-root of the number of species thought to exist on Earth (i.e., three thousand out of an estimated nine million species), or about 0.18% of the 1.7 million species that have been formally described and named.

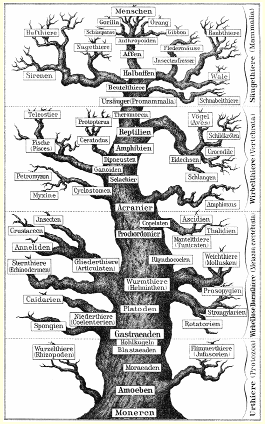
► Faire und unfaire Evolutionsbäume

Auf einen Halbkreis zusammengestaucht entsteht eine Form, bei der die Information leichter zu erfassen ist. Dieses Diagramm erhebt den Anspruch, dass die Grösse der Sektoren den mengenmässigen Anteil gut repräsentieren. Wir erkennen etwas verdutzt, dass die Animalia nur einen verschwindend kleinen Teil der Arten darstellen!

Solcherart Evolutionsbäume nennt man Kladogramme; sie bilden Binärbäume.



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Phylogenetic_Tree_of_Life.png



Das steht in deutlichem Kontrast zum oben besprochenen Bild der knorrigen Eiche von Ernst Haeckel: Obwohl er Äste hat, suggeriert der Haeckel'sche Baum doch ein im Wesentlichen lineares und hierarchisches Evolutionskonzept. Es gipfelt im Menschen, der nicht nur im Wipfel des Baumes, sondern auch an der Spitze des Hauptstammes thront, umgeben von den „nächst höheren" Tieren, den anderen Primaten. Andere Tierarten besetzten tiefere Zweige, die einen verkümmerten und etwas unscheinbaren Eindruck machen – sie sehen eher wie evolutionäre Sackgassen aus, nicht wie spriessende, voll im Leben stehende Äste.

Radiale Formen als Kreis / Halbkreis erscheinen wegen ihrer Symmetrie fairer: Es gibt keinen sich nach oben verjüngenden Hauptstamm mit einer krönenden Spitze.

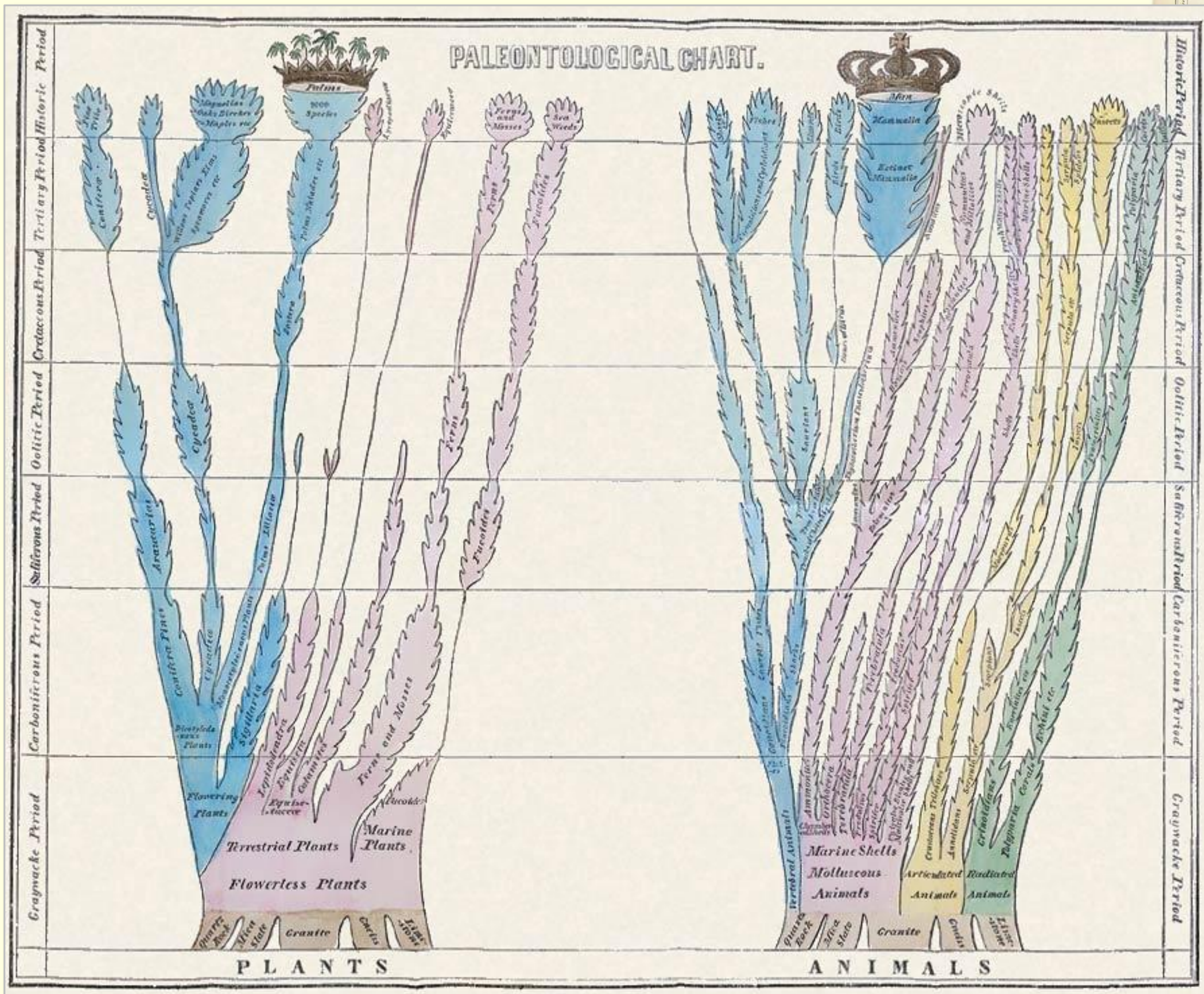
► Arbor vitae animalis

Rechts eine Abbildung aus dem Abschnitt „Arbor vitae animalis“ des 1829 auf Latein erschienenen dreiteiligen Lehrbuchs „Zoologia specialis“ von Karl Eduard von Eichwald (1795 – 1876), einem baltendeutschen Naturforscher. Eichwald, ein Verfechter des Darwinismus, studierte in Berlin und Wien und wurde ab 1827 Professor für Zoologie und Geburtshilfe an der Universität Vilnius, seinerzeit Teil des Russischen Zarenreichs. Später, 1938, wurde er Professor für Zoologie, Mineralogie und Medizin in St. Petersburg. Zoologie lehrte er auf Latein, Mineralogie und Paläontologie hingegen auf Russisch.

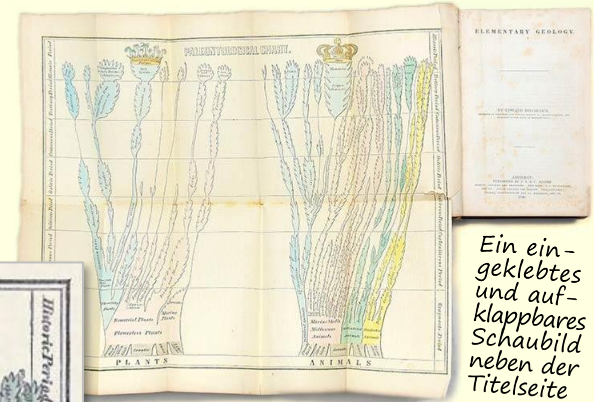
Das Bild illustriert auf teilweise allegorische Art, wie sich unter dem Einfluss von Wärme und Sonnenlicht aus einer chaotischen Masse organischer Materie, dem „grünen Meeresschleim“, im Laufe der Zeit verschiedene Zweige tierischen Lebens herausbilden.

Prima igitur vitae animalis rudimenta e chaotica hac materiei organicae mole repetenda sunt.

► Selbstzensierter paläontologischer „Nicht“-Evolutionsbaum



www.emilydickinsonmuseum.org/wp-content/uploads/Elementary-Geography.jpg



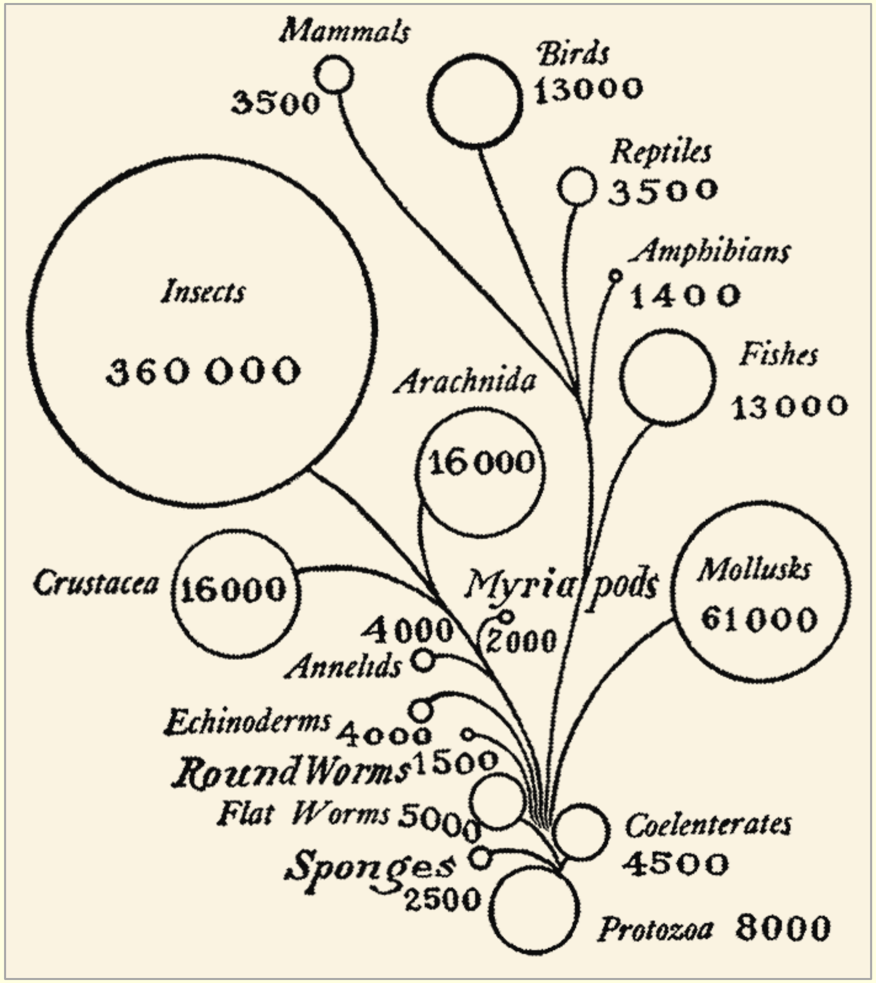
Ein eingeklebtes und aufklappbares Schaubild neben der Titelseite

← Palmen bzw. Menschen als Kronen der Schöpfung

Der amerikanische Geologe Edward Hitchcock (1793 – 1864) hatte in seinem Lehrbuch „Elementary Geology“ von 1840 bereits eine handkolorierte „paleontological chart“ mit zwei Bäumen für das Pflanzen- und Tierreich. Er wollte diese jedoch nicht als Evolutionsbäume verstanden wissen, da er an die Schöpfungsgeschichte der Bibel glaubte. („The principles of science, rightly understood, should not contradict the statements of revelation, rightly interpreted.“) Nachdem Darwin 1859 sein „On the Origin of Species“ publiziert hatte, entfernte daher Hitchcock 1860 bei der Neuauflage seines Buches das Schaubild wieder.

► Ein Evolutionsbaum im „Affenprozess"

Nebenstehender Evolutionsbaum findet sich im Schulbuch „A Civic Biology: Presented in Problems" von George William Hunter, das 1914 erschien. Es handelt sich um eine leicht aktualisierte Version einer Abbildung aus dem vier Jahre zuvor veröffentlichten Lehrbuch „Elementary Zoology for Secondary Institutions" von Thomas Walton Galloway (1866-1929). Bemerkenswert an der Baumdarstellung ist, dass hier die Grösse eines Knotens in suggestiver Weise etwas Relevantes aussagt: Sie ist in etwa proportional zur Anzahl der Arten, für die der Knoten (bzw. die durch ihn repräsentierte Klasse) steht.



Heute, nach über 100 Jahren, ist die Information des Bildes natürlich veraltet. Einerseits hat sich die Systematik und Taxonomie der Lebewesen weiterentwickelt und differenziert, andererseits kennen wir nun etwa doppelt so viele Säugetierarten und nahezu eine Million verschiedene Insekten. Nicht mehr zeitgemäss sind auch einige Äusserungen im Schulbuch, die man heute vermutlich als rassistisch bewerten würde, wie z.B. „At the present time there exists upon the earth five races or varieties of man, each very different from the other in instincts, social custom […], the highest type of all, the Caucasians, represented by the civilized white inhabitants of Europe and America." Seinerzeit war dies allerdings eine gängige (Lehr)meinung, so wie auch die Eugenik noch

→

kein Tabu war. Es heisst z.B.: „If the stock of domesticated animals can be improved, it is not unfair to ask if the health and vigor of the future generations of men and women on the earth might not be improved by applying to them the laws of selection.“

Bei „Civic Biology“ handelte es sich insgesamt um ein zeitgemäss modernes Schulbuch, was auch daran erkennbar ist, dass die in der Öffentlichkeit umstrittene (und kaum verstandene) Evolutionstheorie nach Darwin behandelt wird. Dieser spezielle Aspekt war vielleicht sogar zu modern, er stiess jedenfalls auf grosses Missfallen, wie gleich dargelegt werden soll. Galloway, der den Evolutionsbaum ursprünglich skizziert hatte, formuliert (an anderer Stelle seines Zoologie-Lehrbuchs) jedenfalls recht vorsichtig: „A diagram designed to suggest something of the possible relationships of the various groups of animals. The vertical position indicates roughly the relative specialization or progress of the groups.“ Im Schulbuch hingegen fordert der Autor (ein ehemaliger Lehrer in New York City und ein prominentes Mitglied der American Civil Liberties Union, eine NGO, die sich für Bürgerrechte, Pluralismus und Meinungsfreiheit einsetzt) die Schüler und Schülerinnen explizit auf, sich mit dem Diagramm auseinanderzusetzen: „Copy this diagram in your notebook. Explain it as well as you can.“.

Die Abbildung im Schulbuch spielte eine wichtige Rolle in einem der bekanntesten Justizprozess der USA, der als „Scopes Monkey Trial“ bekannt ist (in der Presse seinerzeit auch kurz „Affenprozess“ genannt). Vorausgegangen war in den USA eine jahrelange generelle Diskussion über die Evolutionstheorie, die von bibeltreuen Christen grundsätzlich und oft vehement abgelehnt wurde, da nach ihrer Ansicht der Mensch unabhängig von den Tieren unmittelbar nach dem Antlitz Gottes geschaffen wurde.

Aufgrund der Vorurteile gegenüber der Evolutionstheorie erliess der US-Bundesstaat Tennessee im März 1925 ein Gesetz, das verbot, im Schulunterricht Theorien zu behandeln, die dem Schöpfungsbericht der Bibel über die Entstehung des Menschen widersprechen. Die American Civil Liberties Union und andere Institutionen erwogen daraufhin, einen Musterprozess zu unterstützen, um zu erreichen, dass religiöse Dogmen nicht den Schulunterricht der wissenschaftlichen Fächer bestimmten. Konkret wollte man das gesetzliche Verbot der Evolutionstheorie im Unterricht durch einen gezielten Verstoss dagegen auf den Prüfstand bringen. Einige Geschäftsleute aus der Kleinstadt Dayton in Tennessee sahen in einem solchen Prozess die Chance, dadurch ihre Stadt überregional bekannt zu machen. Sie überredeten den 24-jährigen Lehrer John Scopes, sich wegen Verstoss gegen das Gesetz anklagen zu lassen. Scopes übernahm vertretungsweise den Biologieunterricht und verwendete dabei das oben erwähnte (1919 staatlich anerkannte und noch nicht verbotene) Schulbuch.

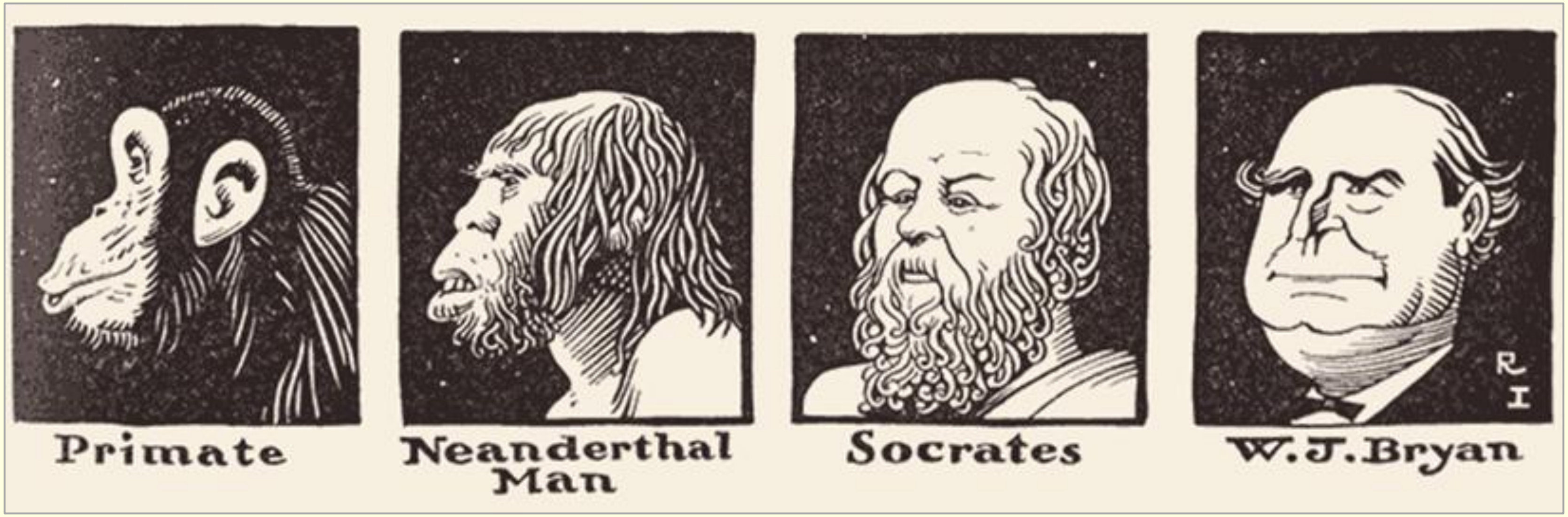
Obwohl Scopes angab, sich nicht daran zu erinnern, ob er die Evolutionstheorie im Unterricht überhaupt behandelt habe, wurde er im Mai 1925 angeklagt, gegen das entsprechende Gesetz verstossen zu haben. Dies erregte Aufsehen in ganz USA, und Anklage wie Verteidigung boten einige der bekanntesten amerikanischen Anwälte auf. Mitankläger des Staatsanwaltes wurde ein bibeltreuer Fundamentalist, der prominente William Jennings Bryan, ehemaliger Aussenminister und dreimaliger (allerdings erfolgloser) Präsidentschaftskandidat.

Der Prozess zog sich über zwei Wochen hin und schlugt hohe Wellen in den USA. Teilweise hielten sich ca. 5000 Personen in der Stadt von nur 1800 Einwohnern auf, darunter je über 100 Journalisten sowie Prediger unterschiedlichster Sekten und Kirchen; auch dressierte Schimpansen waren zu sehen. Grosse amerikanische und internationale Zeitungen informierten über den Verlauf, und auch mehrere Rundfunksender berichteten live. Der Prozess wurde dabei in der Regel als Zirkus, Tragödie oder Farce charakterisiert.

Ankläger Bryan liess sich ohne Not auf ein mehrtägiges dramatisches Kreuzverhör durch die Verteidigung ein, das den Höhepunkt des Prozesses darstellte und später auch Vorbild für ein Theaterstück und mehrere Filme wurde (darunter das 1960er-Hollywood-Drama „Wer den Wind sät“, orig. „Inherit the Wind“, mit Spencer Tracy). Bryan verstrickte sich im Kreuzverhör zunehmend in Widersprüche. Am sechsten Tag des Prozesses fuchtelte er im Gerichtssaal mit dem Schulbuch herum – er war empört über den winzigen Kreis, der den Säugetieren im Vergleich zu den Insekten im Baumdiagramm zugestanden wurde, und vor allem echauffierte er darüber, dass dem Menschen kein eigenständiger Kreis zugeteilt war:

„A little ring […] with lions and tigers and everything that is bad!“ Und “find man“, donnerte er in den Gerichtssaal, „how dare those scientists put man in a little ring like that!“ In einer Gerichtsnotiz griff er diesen Aspekt nochmals auf : „No circle is reserved for man alone. […] What shall we say of the intelligence, not to say religion, of those who […] put a man with an immortal soul in the same circle with the wolf, the hyena, and the skunk?“

Viele Zeitungen berichteten eher spöttisch über den Prozess. Beispielhaft dafür steht eine Karikatur, die im Juni 1925 im „New Yorker“ erschien. Hintersinnig trägt sie den Titel „The Rise and Fall of Man“:

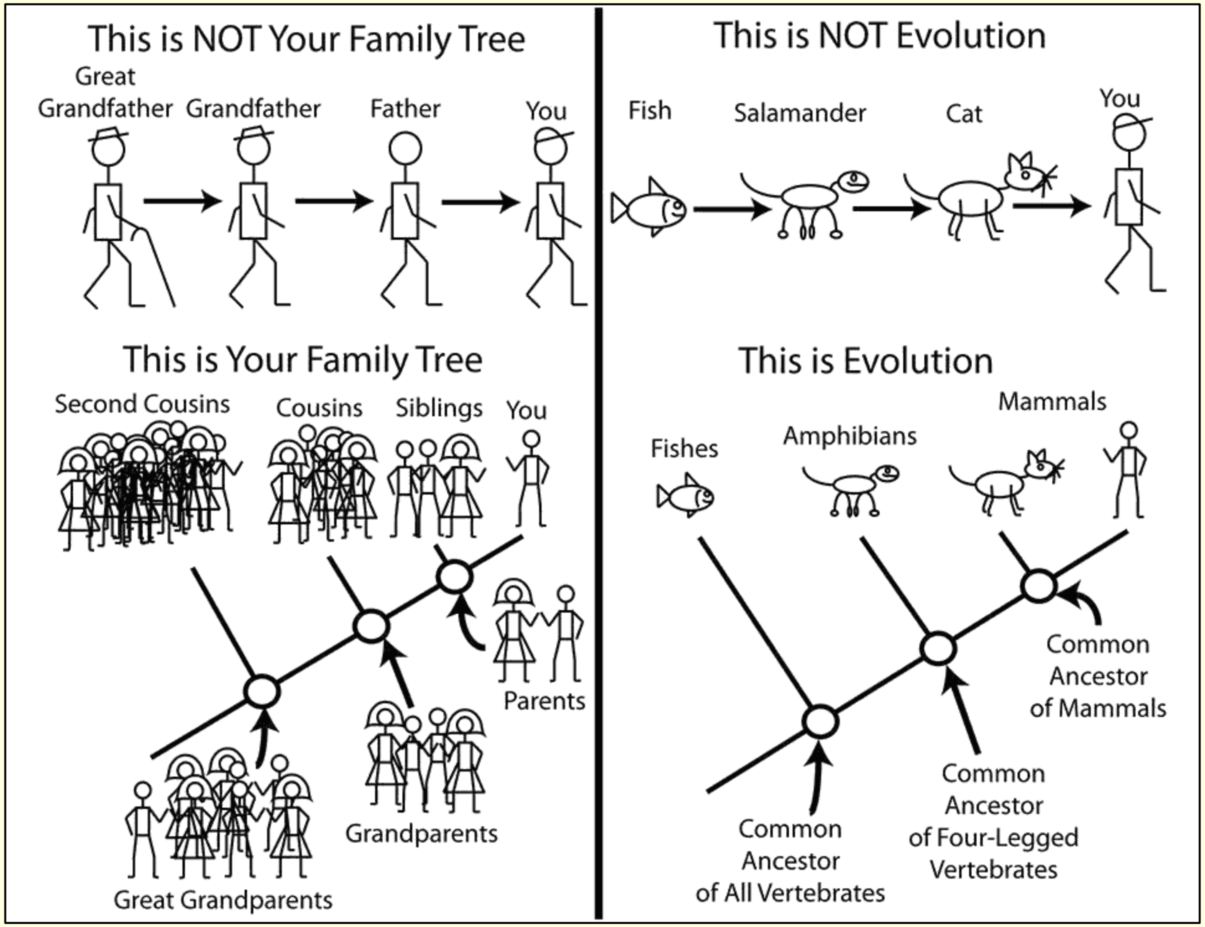


www.bostonglobe.com/ideas/2012/10/27/what-our-most-famous-evolutionary-cartoon-gets-wrong/drKMD5121W6EUxXJ4pF0YL/story.html

Epilog 1: Fünf Tage nach Prozessende starb Bryan – im Schlaf, nicht im schwülen Gerichtssaal, wie es der Hollywood-Film überdramatisierte. Scopes wurde zu einer Mindeststrafe von 100 US-Dollar verurteilt. Ein Jahr später erschien eine Neuauflage des Schulbuchs; das Wort „Evolution“ tauchte nun nicht mehr auf – so wurde etwa der Abschnitt „Evolution of Man“ umbenannt in „Development of Man“. 1976 wurde aufgrund des „Affenprozesses“ das Gerichtsgebäude aus dem Jahr 1891 zu einer National Historic Landmark erklärt.

Epilog 2: Bilder können oft unterschiedlich interpretiert werden. Natürlich war Bryan klar, was die Grösse der Knoten eigentlich aussagen sollte, aber er verstand dies absichtlich falsch – oder jedenfalls anders. Denn bei dieser, aus seiner Sicht provokanten, Illustration stand für ihn – im bildlichen wie im übertragenen Sinn – nichts Geringeres als der Platz des Menschen in der Natur auf dem Spiel!

► Der Mensch stammt nicht vom Blumenkohl ab



www.flascience.org/art/16x.jpg

„Die Idee der Evolution wurde seit Anbeginn oft mit dem lapidaren Satz ‚Der Mensch stammt vom Affen ab' zusammengefasst. Der Satz ist natürlich sinnentstellend einfach, denn entsprechend könnte gelten: ‚Der Affe stammt vom Menschen ab', oder ‚Der Mensch stammt vom Blumenkohl ab'. …ist der Schimpanse vielleicht der nächste lebende Verwandte des Menschen, beide stammen aber nicht ‚voneinander' ab sondern gehen auf einen direkten gemeinsamen, ausgestorbenen, Vorfahren zurück, der einen eigenen Namen verdient."

-- Volker Knoop in „Gene und Stammbäume".

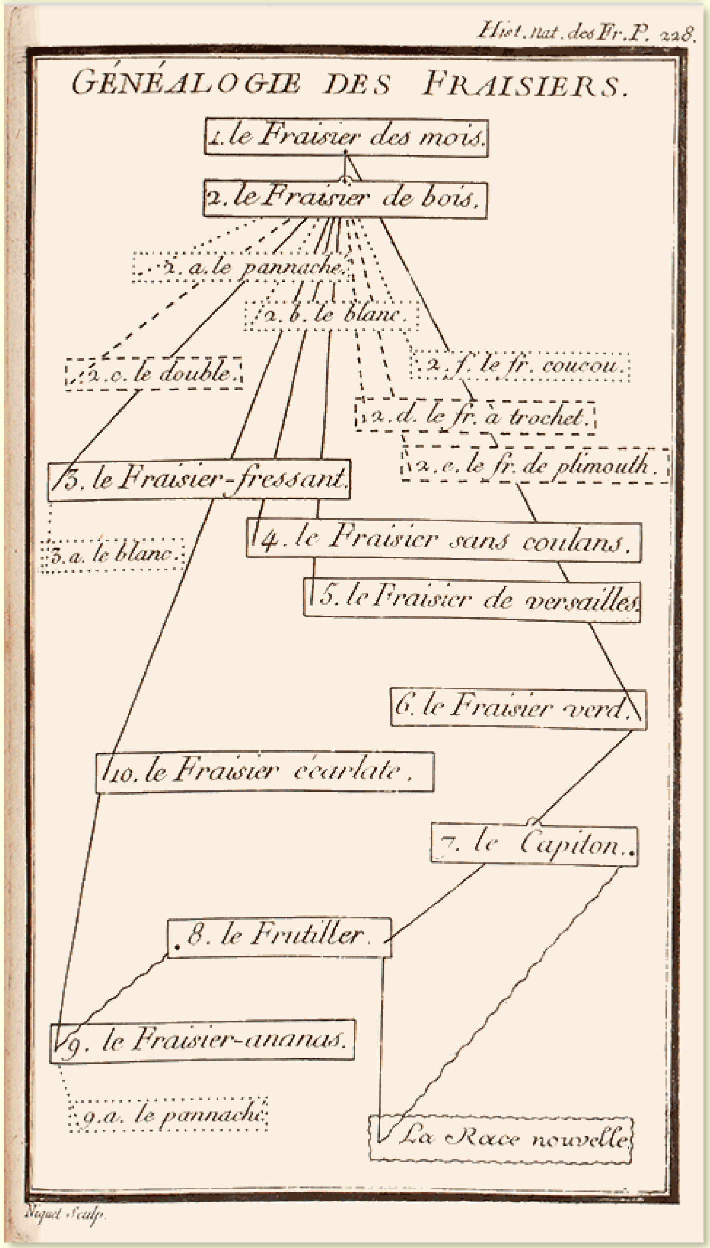
"…asked me how, if evolution was true, could monkeys still exist. Surely evolution meant that if we evolved from monkeys, that monkeys should no longer be around, right? This is a common misconception. I might even say it is the most common misconception I run across. It is so common, in fact, that paleontologists really get tired of hearing it because it means the person does not understand how evolution works at all. Matt Bonnan, a well-respected paleontologist that mostly works on the giant, long-necked dinosaurs called sauropods, in a period of frustration, penned this cartoon." -- paleoaerie.org

► Généalogie des fraisiers

1766, noch als Teenager, legte Antoine Nicolas Duchesne (1747-1827) sein Buch „Histoire naturelle des fraisiers“ („Naturkunde der Erdbeerpflanze“) der Académie Royale des Sciences vor. Es enthält eine Bildtafel, welche die vermuteten Abstammungslinien verschiedener Erdbeersorten zeigt – dies 70 Jahre vor Darwin und 100 Jahre, bevor Mendel seine Vererbungsgesetze veröffentlichte. Es dürfte sich dabei um die erste Darstellung eines phylogenetischen Baums handeln.

Sein Vater war am Hof von Louis XV in Versailles tätig, dadurch gewann Duchesne das Vertrauen von Bernard de Jussieu, Direktor des königlichen Gartens im Trianon von Versailles, in dem ca. 4000 verschiedene einheimische und exotische Pflanzen gehalten wurden. Duchesne studierte diese eingehend und bemühte sich um eine verbesserte Klassifikation.

In seinem eigenen Garten hielt er so viele verschiedene Erdbeerarten, wie er über seine Kontakte mit dem Ausland beschaffen konnte. Dabei studierte er, welche Arten sich kreuzen liessen und wann dabei fruchtbare oder sterile Hybride erzeugt wurden. Dass es sexuelle Fortpflanzung bei Pflanzen gab, war seinerzeit schon bekannt, die Mechanismen und Prinzipien aber noch unklar. Duchesne identifizierte Erdbeerpflanzen, die männlich, weiblich und zwitterhaft waren. Vor allem aber kam er zur Erkenntnis, dass Pflanzen, die sich nicht kreuzen lassen, verschiedene Spezies darstellen, auch wenn sie sich ansonsten sehr ähneln. Er war damit ein Pionier der biologischen Taxonomie und kommunizierte dazu auch mit dem schwedischen Naturforscher Carl von Linné.



In seinem Buch singt der junge Franzose zunächst ein Loblied auf Genuss und Sinnlichkeit der Erdbeere:

„Personne n'ignore que les Fraises sont un des fruits rouges les plus agréables. On les mange aux desserts avec du sucre, & de l'eau, du vin ou de la crême; les gourmets les préferent à sec : quelques personnes les mêlent avec des Framboises. Notre Roi chérit ce fruit : les Jardiniers des Maisons royales sont bientôt au point de lui en présenter successivement toute l'année : on vient de rassembler par son ordre les différentes sortes existantes en Europe : la fortune des Fraisiers est faite. Leur culture sera désormais le plus tendre soin des curieux."

Zu seiner Genealogie und der zugehörigen Illustration schreibt er dann u.a.:

„Die genealogische Ordnung ist daher die einzige, die die Natur vorgibt, die einzige, die den Geist vollständig befriedigt; alles andere ist willkürlich und ideenlos. Ich habe mich bemüht, bei jeder der Erdbeerrassen anzugeben, was mir diesbezüglich glaubhaft erschien, aber ich wage nicht mir einzubilden, dabei immer Recht gehabt zu haben. Um hier Verlässlichkeit zu erzielen, müsste man genaue und gesicherte Kenntnisse über das Ursprungsland jeder Erdbeerpflanze besitzen oder wissen, wann diese aus dem Samen gezogen wurde und von welcher anderen Erdbeerpflanze dieser Samen stammt: Ich habe dargelegt, wie viel Unklarheit bei all dem noch herrscht.

Die Stammbaumgestalt wird meine Hypothesen noch besser verdeutlichen und das Ganze verständlicher machen. Man sollte sich zunächst nochmals vergegenwärtigen, dass ich die Monatserdbeere als die Mutter aller ansehe; sie steht daher an der Spitze des Baumes. Die Walderdbeere, die sich von ihr fast nur dadurch unterscheidet, dass sie langsamer wächst, befindet sich, da von ihr erzeugt, unmittelbar darunter. Weiter unten sieht man zunächst drei Varietäten, die aus dieser Rasse hervorgegangen sind..."

Den Teil unten rechts im Bild kommentiert er so: „…was ich letztes Jahr gesehen habe; die Befruchtung einer weiblichen Chile-Erdbeere (Frutiller) durch eine männliche Moschus-Erdbeere (Capiton). Einige der Samen dieser Fremdbefruchtung, die im Juni 1765 gesät wurden, sind erst im April 1766 aufgegangen; sie sollten gemischtrassige Individuen hervorbringen, man kann dann vielleicht eine neue Rasse beobachten."

Im Original auf Französisch: L'ordre Généalogique est donc le seul que la nature indique, le seul qui satisfasse pleinement l'esprit; tout autre est arbitraire & vide d'idées. J'ai eu soin, à chacune des Races de Fraisiers, d'indiquer ce qui m'a paru vraisemblable à cet égard; mais je n'ose me flatter d'avoir toujours rencontré juste. Il faudroit, pour le bien faire, avoir des connoissances certaines & précises du pays natal de chaque Fraisier, ou bien, du tems où il a été élevé de graine, & de quel autre Fraisier provenoit cette graine : j'ai fait voir combien on manquoit encore de lumières sur tout cela. --- La forme d'Arbre généalogique rendra [mes conjectures] encore plus sensibles, & en fera mieux saisir l'ensemble. On doit prémièrement se rappeler que j'ai regardé le Fraisier des mois, comme le pere de tous; il est aussi à la tête de l'arbre. Le Fraisier de bois, qui n'en différe presque qu'en ce qu'il végete plus lentement, est immédiatement au-dessous, comme produit par lui. On voit, plus bas, sortir de cette race, d'abord les trois variétés… --- …ce que j'ai vû arriver l'année dernière; la fécondation d'un Frutiller fémelle par un Capiton mâle. Une partie des graines provenues de cette fécondation étrangère, semées au mois de juin 1765, viennent de lever en avril 1766; elles doivent produire des individus métis, qui formeront peut-être une Race nouvelle à observer.

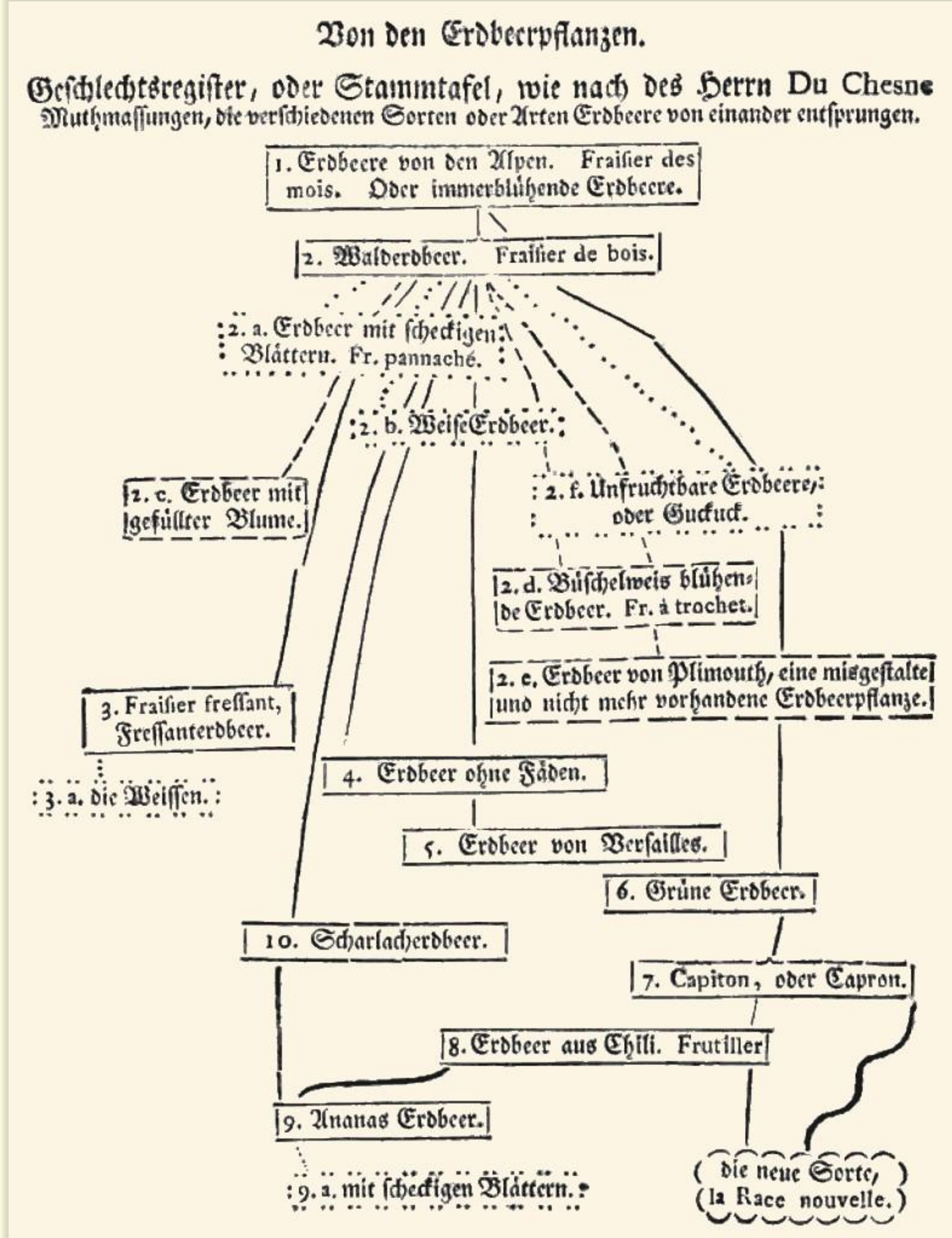
Der phylogenetische Baum von Duchesne wurde 1775 in einem auf deutsch übersetz-ten Buch wiedergegeben; die „Stammtafel“ illustriere „wie die verschiedenen Sorten oder Arten Erdbeere von einander entsprungen“.

Des Herrn
Du Hamel du Monceau
Mitglieds der Königlichen Academie der Wissenschaften, der Königlichen Gesellschaft zu London, der Academien zu Petersburg, Palermo, und des Instituts von Bologna, Ehrenmitglieds der Gesellschaft zu Edenburg, und der Academie des Seewesens; Mitglieds vieler Gesellschaften des Landbaues, Generalaufsehers über das Seewesen,
Naturgeschichte
oder
ausführliche Beschreibung
der
Erdbeerpflanzen,
aus dessen Abhandlung
von den Obstbäumen
besonders herausgegeben;
und um mehrerer Vollständigkeit willen mit dem nöthigsten
aus
des Herrn
DU CHESNE,
Histoire Naturelle des Fraisiers &c. &c.
vermehret.

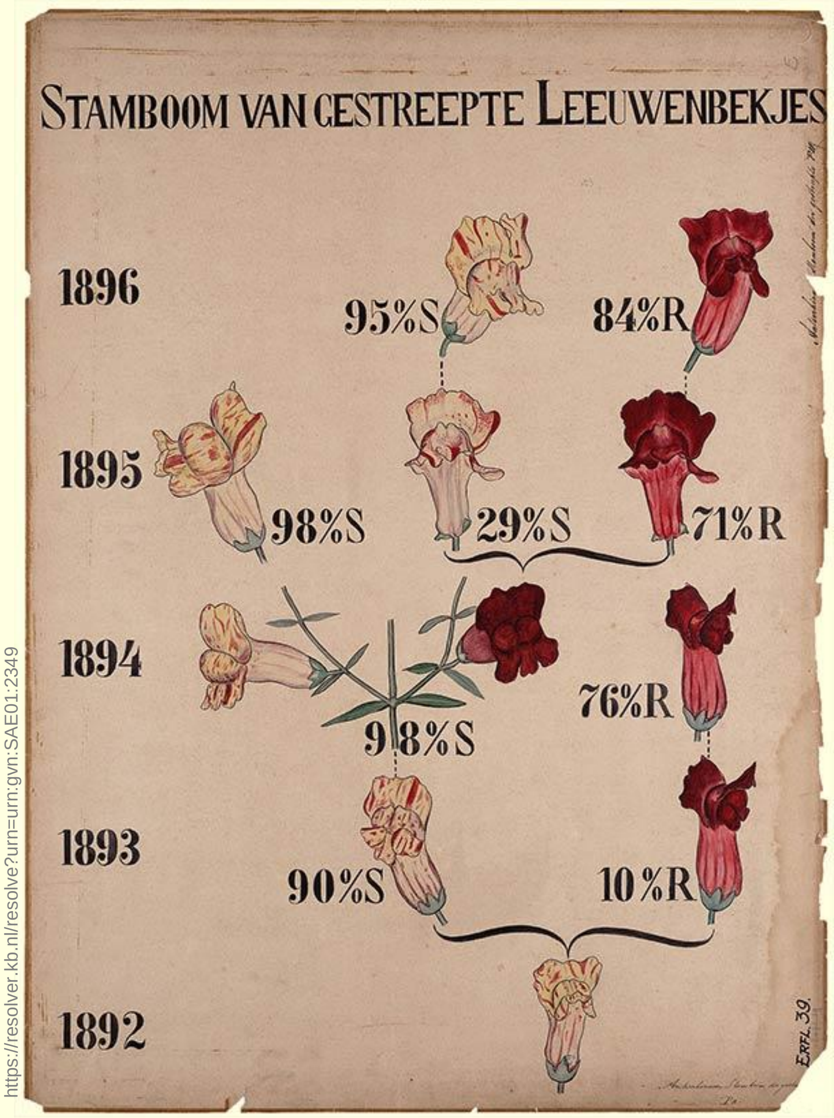
Aus dem Französischen übersetzt. Mit IX. Kupfertafeln.

Nürnberg,
Bey Adam Wolfgang Winterschmidt, Kupferstecher,
Kunsthändler und Musikalienverleger. 1775.

Des Herrn Du Hamel du Monceau Natur-geschichte oder ausführliche Beschreibung der ***Erdbeerpflanzen****, aus dessen Abhand-lung* von den Obstbäumen *besonders her-ausgegeben, und um mehrerer Vollstän-digkeit willen mit dem nöthigsten aus des Herrn Du Chesne, Histoire Naturelle des Fraisiers etc. vermehret.*



► Stammbaum der gestreiften Löwenmäulchen



https://resolver.kb.nl/resolve?urn=urn:gvn:SAE01:2349

Nach einer grundlegenden Reorganisation des deutschen Bildungswesens im 19. Jh. kam es zu einem starken Anstieg der Schülerzahlen. In den grösseren Klassen konnte man nicht mehr effektiv kleinformatige Abbildungen in Umlauf geben und gleichzeitig besprechen. Die Lösung bestand im Frontalunterricht mit bedruckten Leinwandtafeln. Deutsche Lehrmittelverlage dominierten in der Folge den europäischen Markt der gedruckten Schulwandtafeln.

Die Blütezeit der pädagogischen Lehrtafeln liegt zwischen 1870 und 1920. In dieser Zeit wurden Hunderte von Serien in grosser Auflage gedruckt, die ein breites Themenspektrum für alle Schulstufen abdeckten.

Die Wandtafel hier zeigt Phänomene der Pflanzenzüchtung am Beispiel des Löwenmäulchens (Antirrhinum, engl. „Snapdragon"), eine wichtige Modellpflanze, an welcher der Botaniker und Genetiker Erwin Baur (1875 – 1933) die mendelschen Versuche Ende des 19. Jh. wiederholte und weitertrieb.

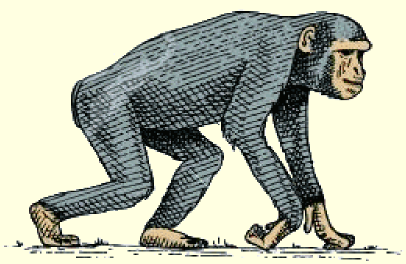
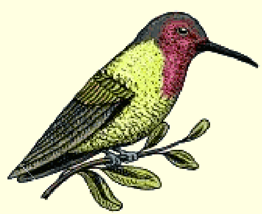
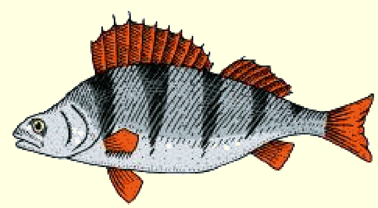
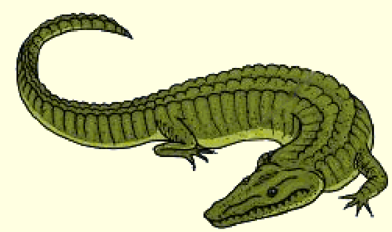
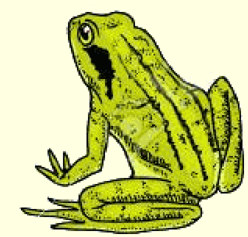
► Klassifikation im Tierreich

Natürlich hat niemand Luca* je gesehen. Aber es muss dieses Wesen gegeben haben. Das folgern Forschende aus Gemeinsamkeiten aller heutigen Zellen – sie sind durch Zufall nicht zu erklären: Alle Lebewesen benutzen dieselben 20 Aminosäuren (und zwar immer nur deren linksdrehende Variante), um ihre Eiweisse aufzubauen. Ihre Gene bestehen aus denselben vier Bausteinen, und ihr Code ist bis heute für alles Leben gültig. [Die Zeit, 18.12.2019]

*) *Last universal common ancestor*

Krebse, Schnecken, Würmer, Quallen oder Insekten sind z.B. keine Wirbeltiere

- Wirbeltiere
  - Warmblüter
    - Säugetiere
    - Vögel
  - Kaltblüter
    - Fische
    - Reptilien
    - Amphibien

Aber sind die Vögel und Reptilien nicht näher miteinander „verwandt“ und müssten daher einer gemeinsamen Klasse („Sauropsida“) untergeordnet werden? Und sollte man die Fische nicht von den anderen (Landwirbeltiere bzw. „Tetrapoda“) abtrennen?

Wann ist eine Klassifikation „richtiger“ (oder zweckmässiger) als eine andere? Bei der objektorientierten Programmierung ist letzteres jedenfalls eine wichtige Frage!

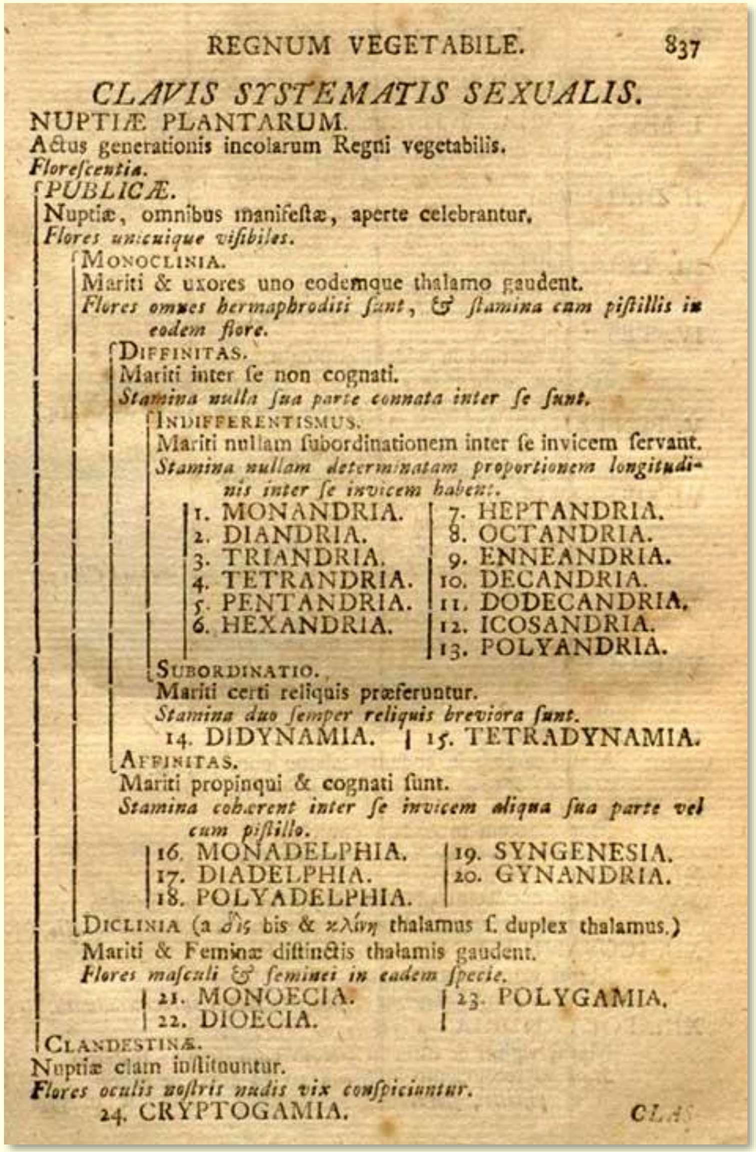
► Carl von Linnés Systematik

Objekte werden unterschieden und erkannt, indem man sie methodisch klassifiziert und ihnen angemessene Namen gibt. Daher werden Klassifizierung und Namensgebung die Grundlage unserer Wissenschaft sein. -- Carl von Linné

In seiner „Systema Naturae“ von 1735 klassifizierte der schwedische Naturforscher Carl von Linné (1707 – 1778) die Naturreiche der Tiere, Pflanzen und Mineralien durch fünf hierarchische Rangstufen („classis“, „ordo“, etc.). Im Unterschied zu den Lehren des Mittelalters ordnet Linné dabei den Menschen in das Tierreich ein; in die gleiche Ordnung wie die Affen. Im Laufe der Jahre erschienen mehrere, zum Teil stark erweiterte, Neuauflagen sowie Übersetzungen in verschiedene Sprachen.

Carl von Linné in traditioneller Kleidung der Samen Lapplands auf einem Portrait von Hendrik Hollander; Linné unternahm 1732 eine Forschungsreise nach Lappland.

Seite 837 der 10. Auflage von 1758 zeigt eine Baumdarstellung in eingerückter Form.



REGNUM VEGETABILE. 837

CLAVIS SYSTEMATIS SEXUALIS.

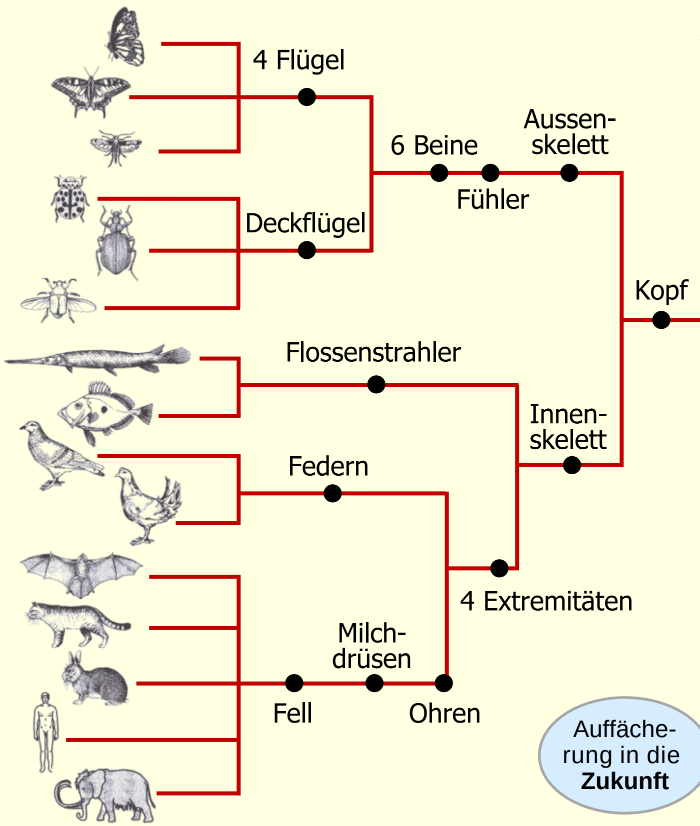
NUPTIÆ PLANTARUM.
Actus generationis incolarum Regni vegetabilis.
Floreſcentia.
PUBLICÆ.
Nuptiæ, omnibus manifeſtæ, aperte celebrantur.
Flores unicuique viſibiles.
MONOCLINIA.
Mariti & uxores uno eodemque thalamo gaudent.
Flores omnes hermaphroditi ſunt, & ſtamina cum piſtillis in eodem flore.
DIFFINITAS.
Mariti inter ſe non cognati.
Stamina nulla ſua parte connata inter ſe ſunt.
INDIFFERENTISMUS.
Mariti nullam ſubordinationem inter ſe invicem ſervant.
Stamina nullam determinatam proportionem longitudinis inter ſe invicem habent.
1. MONANDRIA. | 7. HEPTANDRIA.
2. DIANDRIA. | 8. OCTANDRIA.
3. TRIANDRIA. | 9. ENNEANDRIA.
4. TETRANDRIA. | 10. DECANDRIA.
5. PENTANDRIA. | 11. DODECANDRIA.
6. HEXANDRIA. | 12. ICOSANDRIA.
| 13. POLYANDRIA.
SUBORDINATIO.
Mariti certi reliquis præferuntur.
Stamina duo ſemper reliquis breviora ſunt.
14. DIDYNAMIA. | 15. TETRADYNAMIA.
AFFINITAS.
Mariti propinqui & cognati ſunt.
Stamina cohærent inter ſe invicem aliqua ſua parte vel cum piſtillo.
16. MONADELPHIA. | 19. SYNGENESIA.
17. DIADELPHIA. | 20. GYNANDRIA.
18. POLYADELPHIA.
DICLINIA (a δὶς bis & κλίνη thalamus ſ. duplex thalamus.)
Mariti & Feminæ diſtinctis thalamis gaudent.
Flores maſculi & feminei in eadem ſpecie.
21. MONOECIA. | 23. POLYGAMIA.
22. DIOECIA.
CLANDESTINÆ.
Nuptiæ clam inſtituuntur.
Flores oculis noſtris nudis vix conſpiciuntur.
24. CRYPTOGAMIA.

CLA-

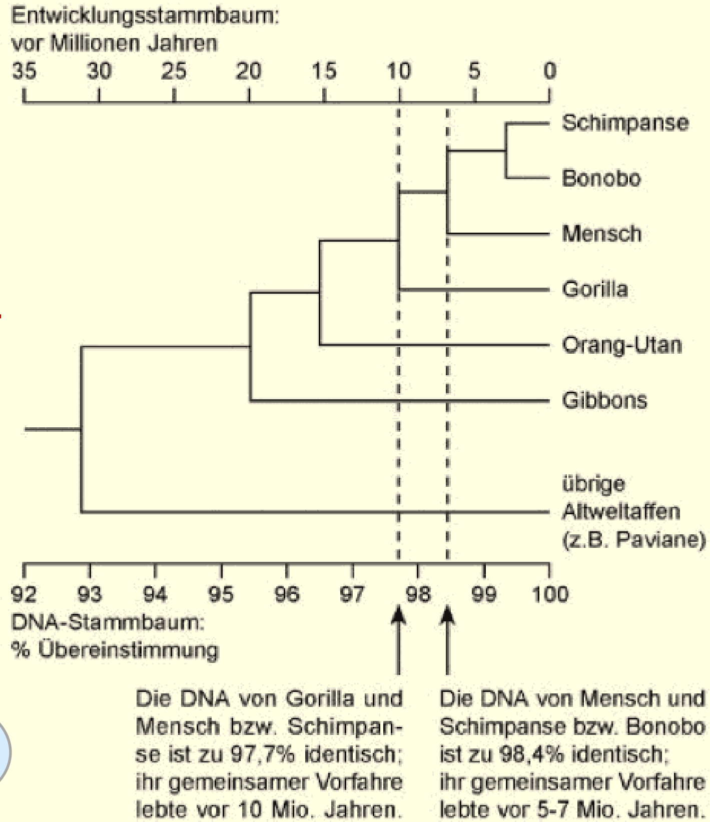
► Dendrogramme bei der hierarchischen Clusteranalyse

There are one hundred and ninety-three living species of monkeys and apes. One hundred and ninety-two of them are covered with hair. The exception is a naked ape self-named Homo sapiens. This unusual and highly successful species spends a great deal of time examining his higher motives and an equal amount of time studiously ignoring his fundamental ones.
-- Desmond Morris ("The Naked Ape")

Hierarchische Clusteranalyse dient der Strukturentdeckung in Datenbeständen. Cluster bestehen dabei aus Objekten, die zueinander eine geringere Distanz (bzw. höhere Ähnlichkeit) aufweisen als zu den Objekten anderer Cluster. Beim Top-down-Ansatz werden schrittweise die bereits gebildeten Cluster in immer kleinere Cluster aufgeteilt; beim Bottom-up-Ansatz schrittweise die bereits gebildeten Cluster zu immer grösseren zusammengefasst. Die „Kunst" besteht in der Verwendung einer geeigneten Ähnlichkeitsmetrik. Zur Visualisierung der entstehenden Baumstruktur werden meist Dendrogramme (griechisch δένδρον, dendron = Baum) genutzt, wobei entweder horizontal oder vertikal die Distanz (d.h. die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit) dargestellt wird.

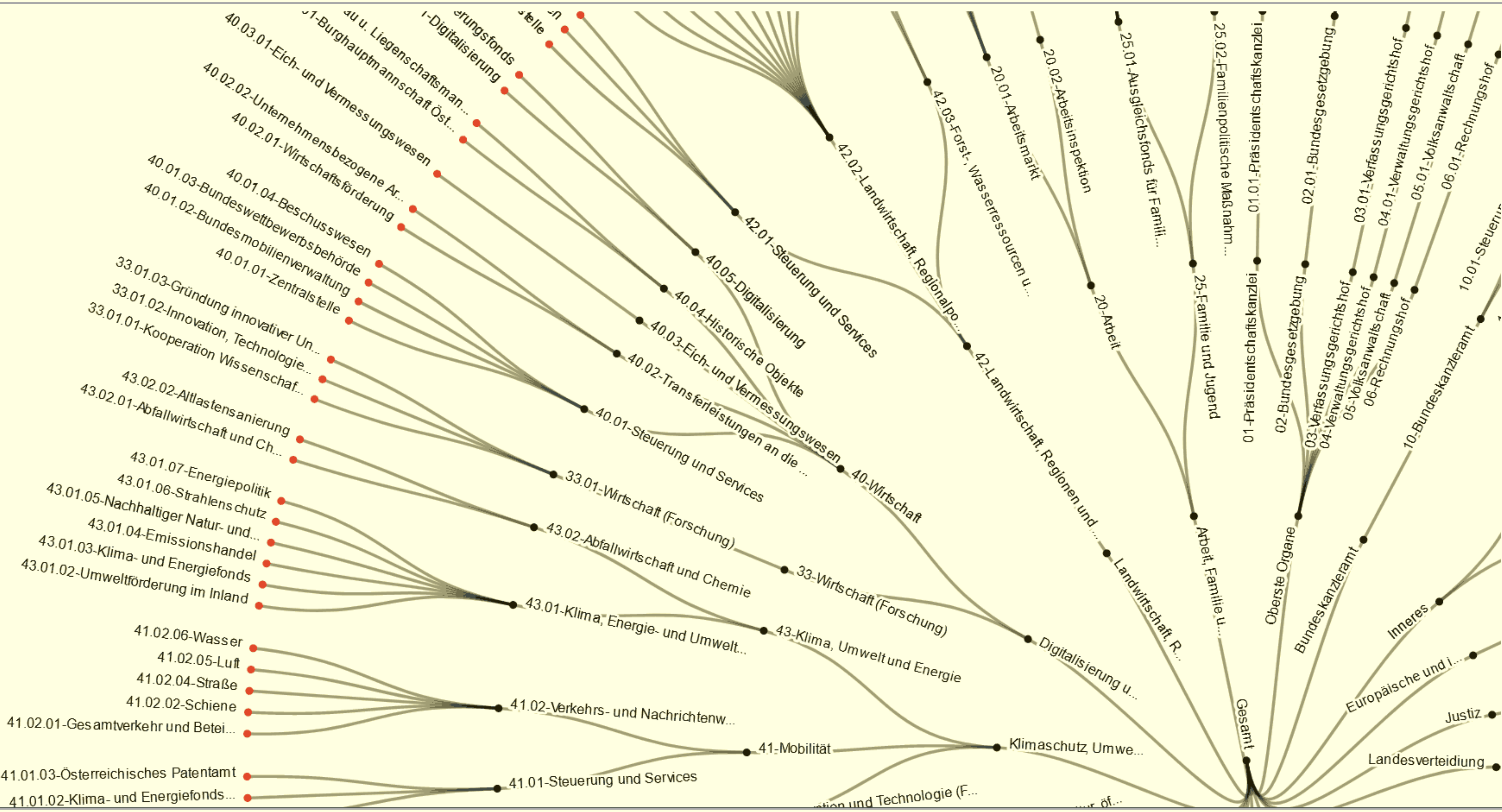


www.sonnentaler.net/aktivitaeten/biologie/systematik/klass/images/classification-4.jpg



www.spektrum.de/lexika/images/bio/f5f4461_w.jpg

Noch ein Beispiel für ein Dendrogramm:
Die Struktur des österreichischen Bundesbudgets (2021, Ausschnitt)



www.parlament.gv.at/Budgetvisualisierung/files/Dendrogramm.shtml

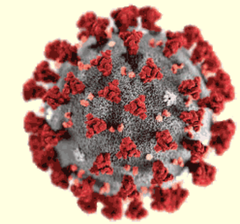
► Phylogenetic Tree of Novel Wuhan Coronavirus

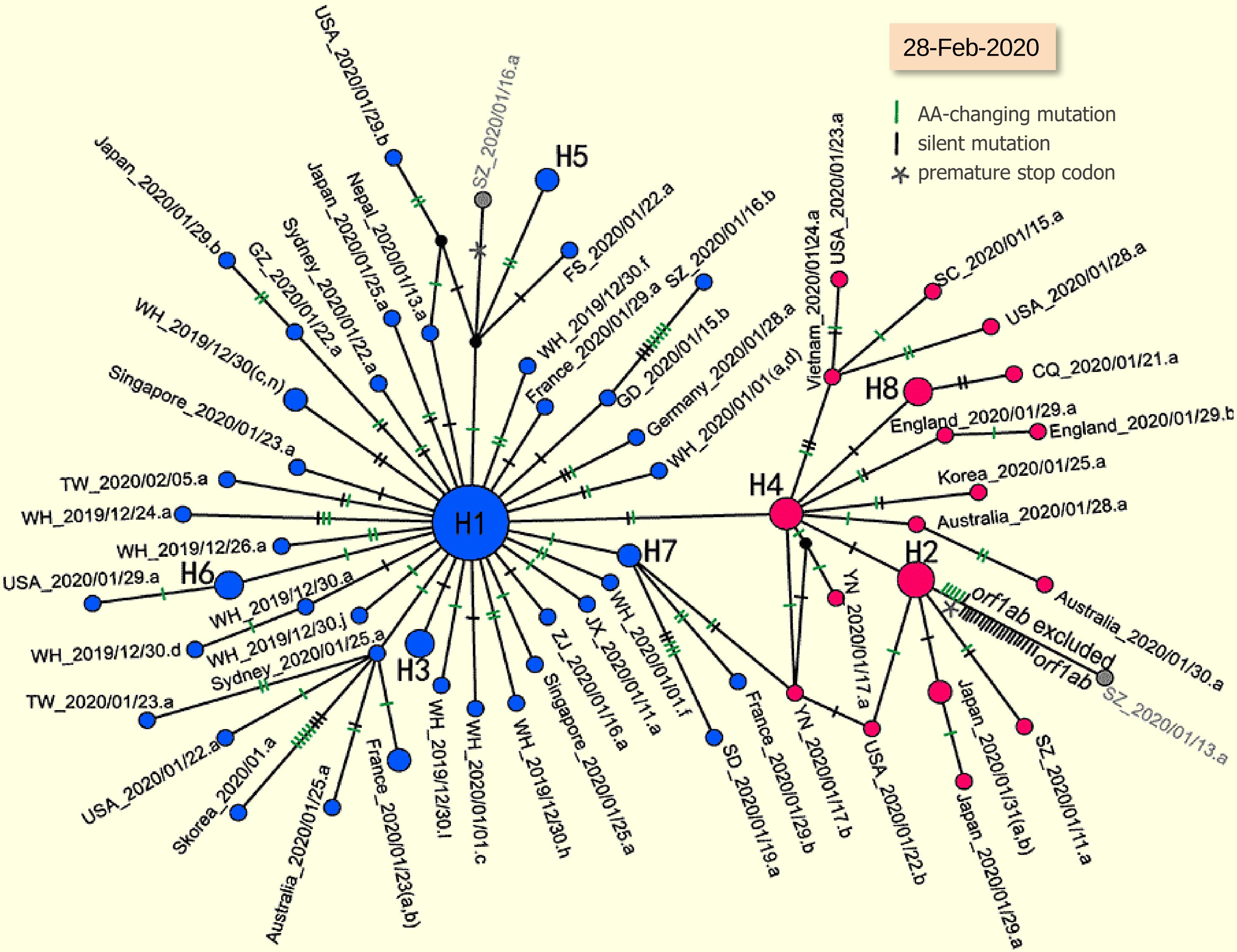
10-Jan-2020

China released the genetic sequence of a new coronavirus believed to be responsible for a cluster of unusual pneumonia cases in Wuhan. Phylogenetic analysis shows the coronavirus to be closely related to SARS CoV. […] The virus responsible for the current outbreak in Wuhan has so far killed one person; fortunately, it's not currently believed that the virus has the ability to spread human-to-human.

► Haplotypes of the SARS-CoV-2 Virus

The evolutionary history of SARS-CoV-2 types

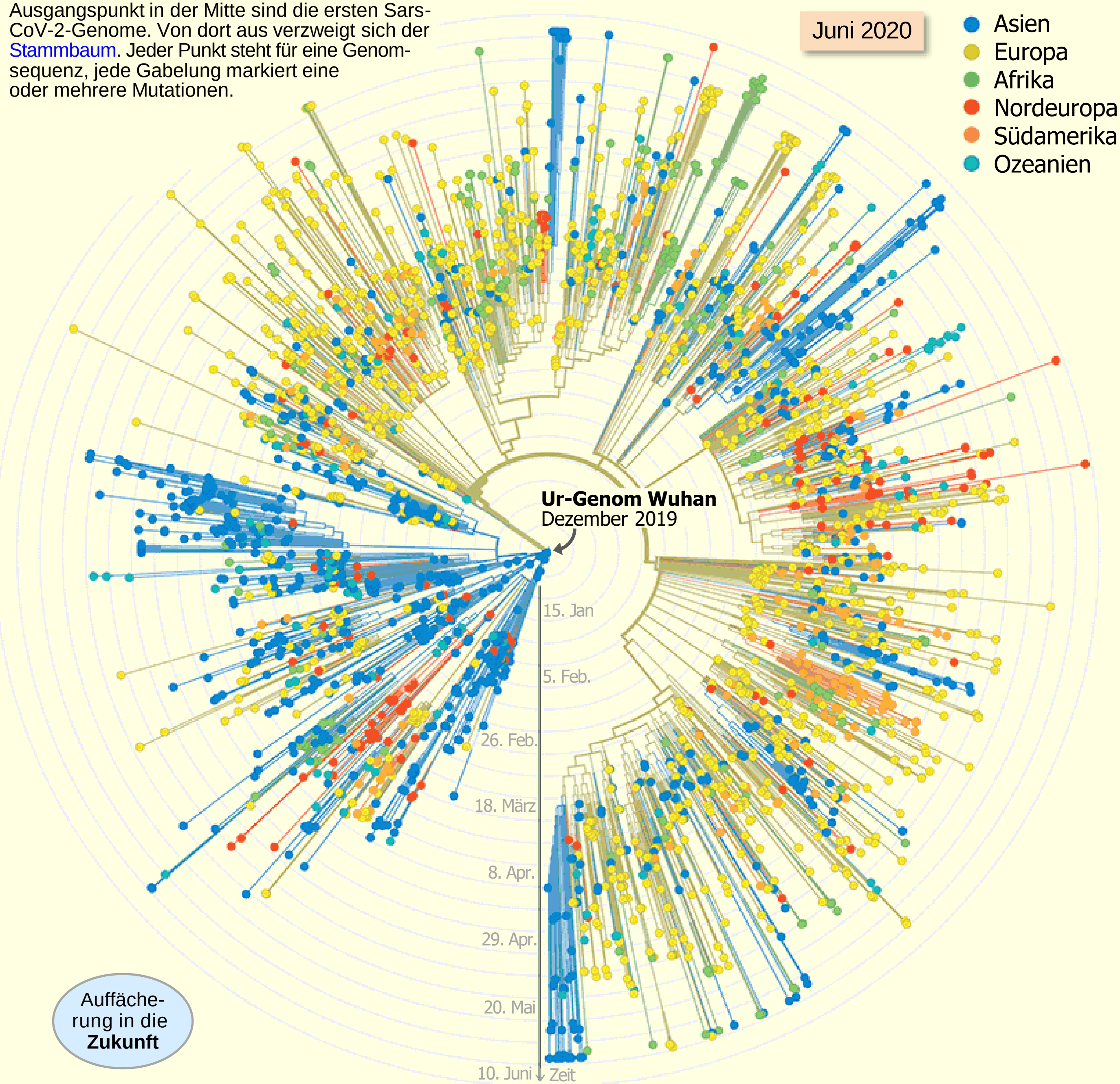




Haplotyp nennt man Varianten einer Nukleotidsequenz auf ein und demselben Chromosom eines Lebewesens. Ein bestimmter Haplotyp kann typisch für Individuen, Populationen oder auch Arten sein. [Wikipedia]

https://academic.oup.com/nsr/advance-article-abstract/doi/10.1093/nsr/nwaa036/57754

Ausgangspunkt in der Mitte sind die ersten Sars-CoV-2-Genome. Von dort aus verzweigt sich der Stammbaum. Jeder Punkt steht für eine Genomsequenz, jede Gabelung markiert eine oder mehrere Mutationen.



https://interactive.spiegel.de/gra/ai2html/wissenschaft/2020/coronabaum/img/coronabaumv5-Presentation.png

Der Spiegel, 27.6.20 (Ausschnitt):

Neher zieht die Maus jetzt über einen Ast nah an der Wurzel des Virenstammbaums. Ein Infokasten erscheint auf dem Bildschirm. „D614G“ steht dort. Es ist das Kürzel für ein Mutationsereignis, das unter Experten gerade intensiv diskutiert wird. D614G beschreibt eine Veränderung der S-Proteine (Spikes) des Virus, jener keulenförmigen Anhängsel, mit denen Sars-CoV-2 an menschliche Zellen andockt. Die Mutante sei Anfang Februar entstanden und verbreite sich seither „alarmierend“, berichten Forscher um Bette Korber vom US-amerikanischen Los Alamos National Laboratory. Die Wissenschaftler vermuten deshalb einen Vorteil in der evolutionären „Fitness“ des Mutanten im Vergleich zum Urtyp aus Wuhan. Forscher des Scripps Research Institute in Florida bestätigen diese Einschätzung. Bei Viren mit der D614G-Mutation sei die Anzahl der Spikes „vier- bis fünfmal höher“ als bei anderen Varianten – gute Voraussetzung für eine schnellere Vermehrung. […]

„Die Mutationsrate von Sars-CoV-2 ist fünf- bis sechsmal kleiner als die des Grippevirus“, sagt Lässig. Das ist ein Hoffnungsschimmer. Denn im Wettstreit mit menschlichen Antikörpern sei diese Wandelfähigkeit möglicherweise nicht groß genug.

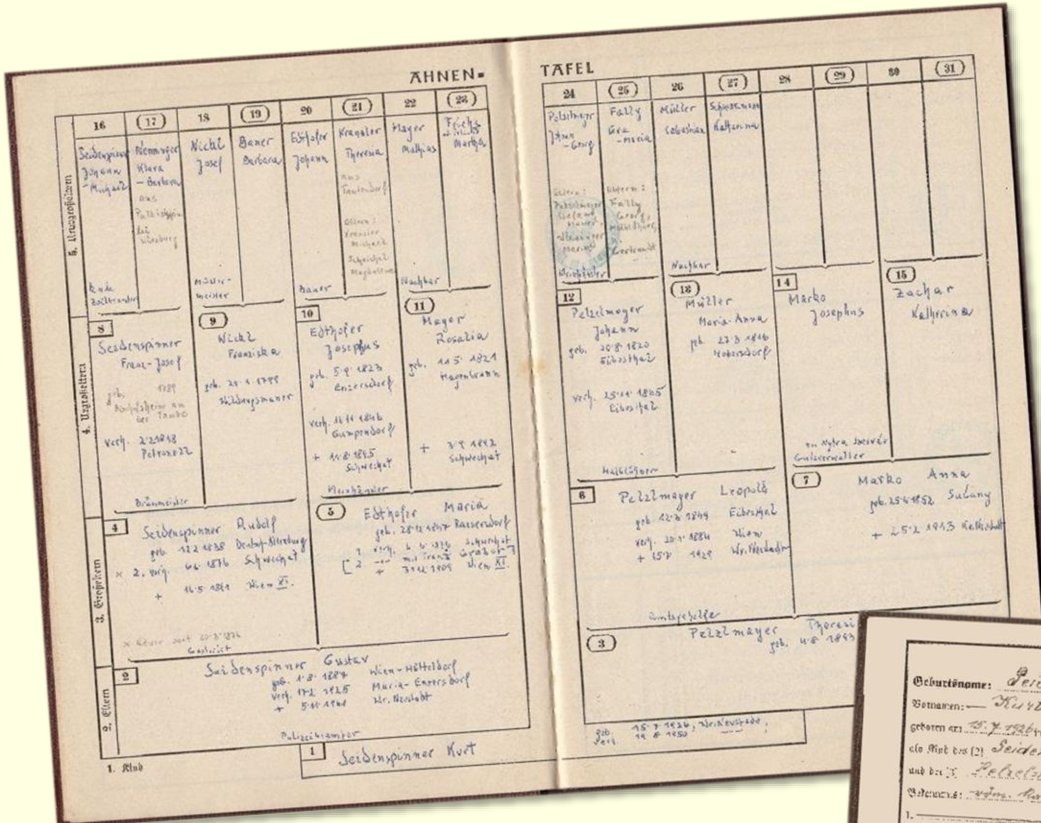
► Bedeutung von Familienstammbäumen

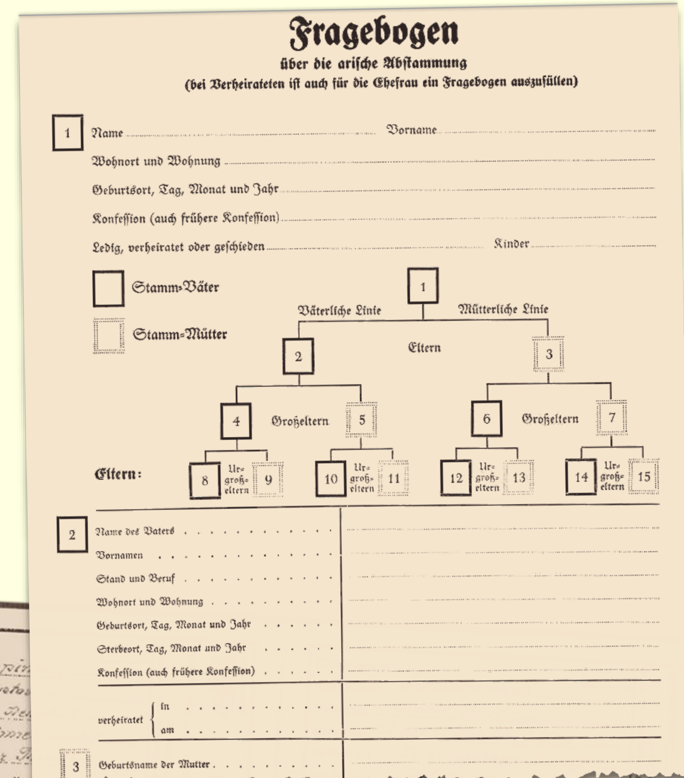
https://digital.library.temple.edu/digital/collection/p15037coll3/id/40258

1952 musste man handgezeichnete Stammbäume der Adelsfamilien noch mühsam ohne Computerhilfe studieren und entziffern.

„Schon im Frühmittelalter führten Hochgeborene ihre Abkunft auf prominente Könige, sagenhafte Helden und legendäre Heilige zurück, um die Einmaligkeit und Heiligkeit einer Blutslinie oder die Legitimation von Herrschaftsansprüchen darzustellen. Vom Hochmittelalter an wurde der Nachweis, von edlem Geblüt zu sein, d.h. eine bestimmte Anzahl von freigeborenen Ahnen zu haben, benötigt, um die Berechtigung zu Ritterschlag und Turnierteilnahme, zum Eintritt in einen Ritterorden oder in ein adliges Dom- oder Stiftskapitel zu erlangen, sowie zur Vorabklärung der verwandtschaftlichen Beziehungen von Eheaspiranten. Der Bedeutung entsprechend wurden Stammbaumdarstellungen ornamental und figürlich reich ausgeschmückt.“ -- Peter C. A. Schels: Kleine Enzyklopädie des deutschen Mittelalters.

As data visualisation becomes ubiquitous, we typically look at diagrams as simple infographics. Being reminded of the complex, old-growth forests of medieval scribes or Enlightenment savants cultivates our appreciation of contemporary trees. -- Jonathon Keats, New Scientist





Fragebogen

über die arische Abstammung

(bei Verheirateten ist auch für die Ehefrau ein Fragebogen auszufüllen)

1 Name .... Vorname ....

Wohnort und Wohnung ....

Geburtsort, Tag, Monat und Jahr ....

Konfession (auch frühere Konfession) ....

Ledig, verheiratet oder geschieden .... Kinder ....

Stamm-Väter

Stamm-Mütter

1 Väterliche Linie, Mütterliche Linie

2 Eltern 3

4 Großeltern 5 — 6 Großeltern 7

Eltern: 8 Urgroßeltern 9 — 10 Urgroßeltern 11 — 12 Urgroßeltern 13 — 14 Urgroßeltern 15

2 Name des Vaters ....

Vornamen ....

Stand und Beruf ....

Wohnort und Wohnung ....

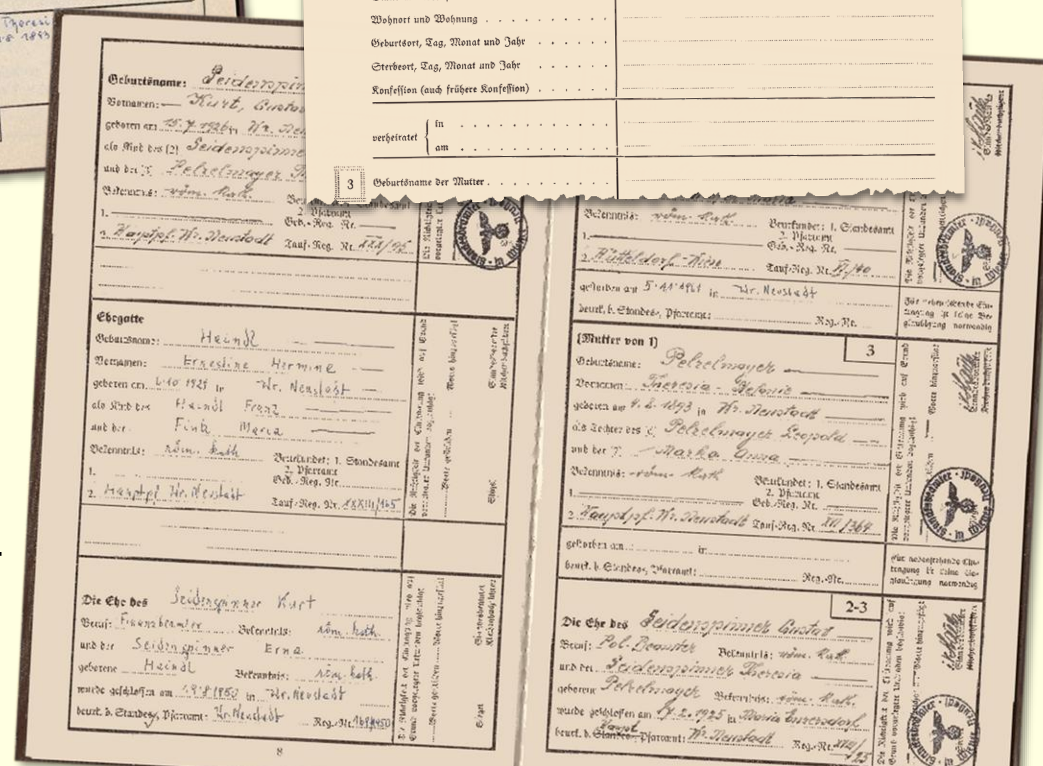
Geburtsort, Tag, Monat und Jahr ....

Sterbeort, Tag, Monat und Jahr ....

Konfession (auch frühere Konfession) ....

verheiratet in .... am ....

3 Geburtsname der Mutter ....



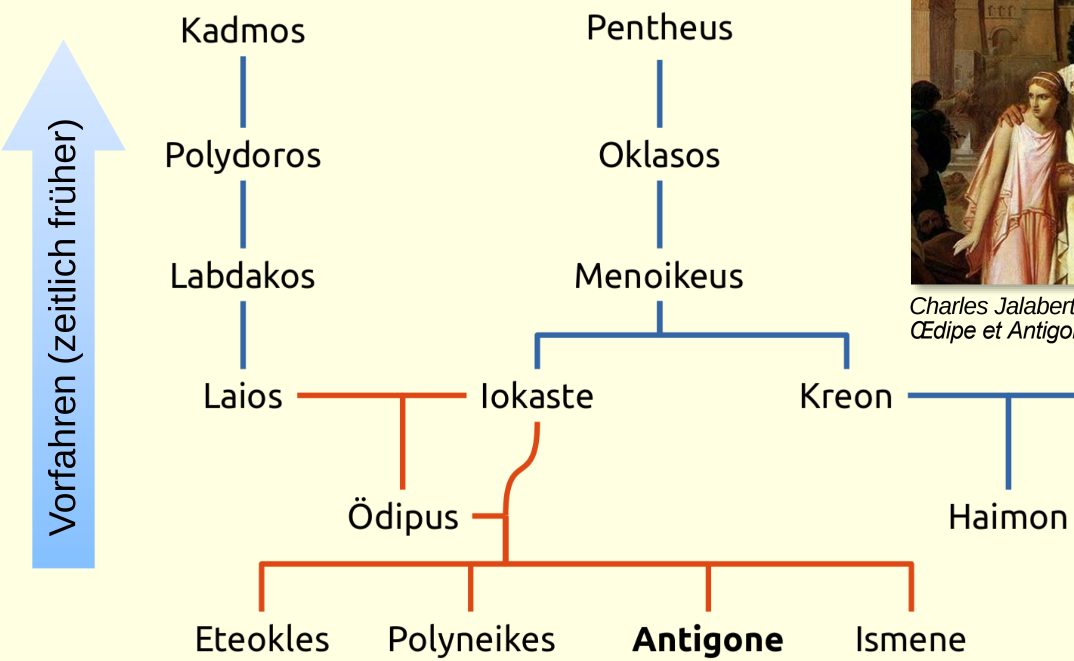
Bedeutung von Stammbäumen (2)

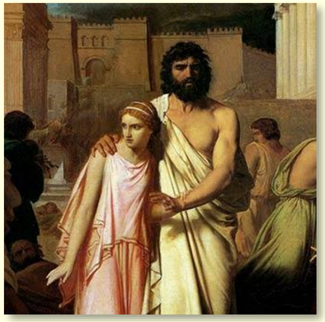
Im nationalsozialistischen Deutschland von 1933 bis 1945 mussten bestimmte Personengruppen (Beamte, Wissenschaftler, Ärzte, Juristen etc.) den Nachweis einer „rein arischen Abstammung“ erbringen (u.a. Juden waren nicht arisch). In manchen Fällen genügte die Rückverfolgung bis zu den Grosseltern, in anderen Fällen musste der Stammbaum bzw. die Ahnentafel bis zurück zum Jahr 1800 oder gar 1750 vorgelegt werden. Hier zwei Doppelseiten eines „Ahnenpasses“ mit beglaubigtem Stammbaum bis zu den 16 Ururgrosseltern.

https://ahnengen.de/wp-content/uploads/2014/05/Ariernachweise_Internet.pdf

www.zeitgeschichte-wn.at/zeitabschnitte/staendestaat/place/123

► Stammbaum der Antigone





Charles Jalabert (1818 – 1901): Œdipe et Antigone (Ausschnitt)

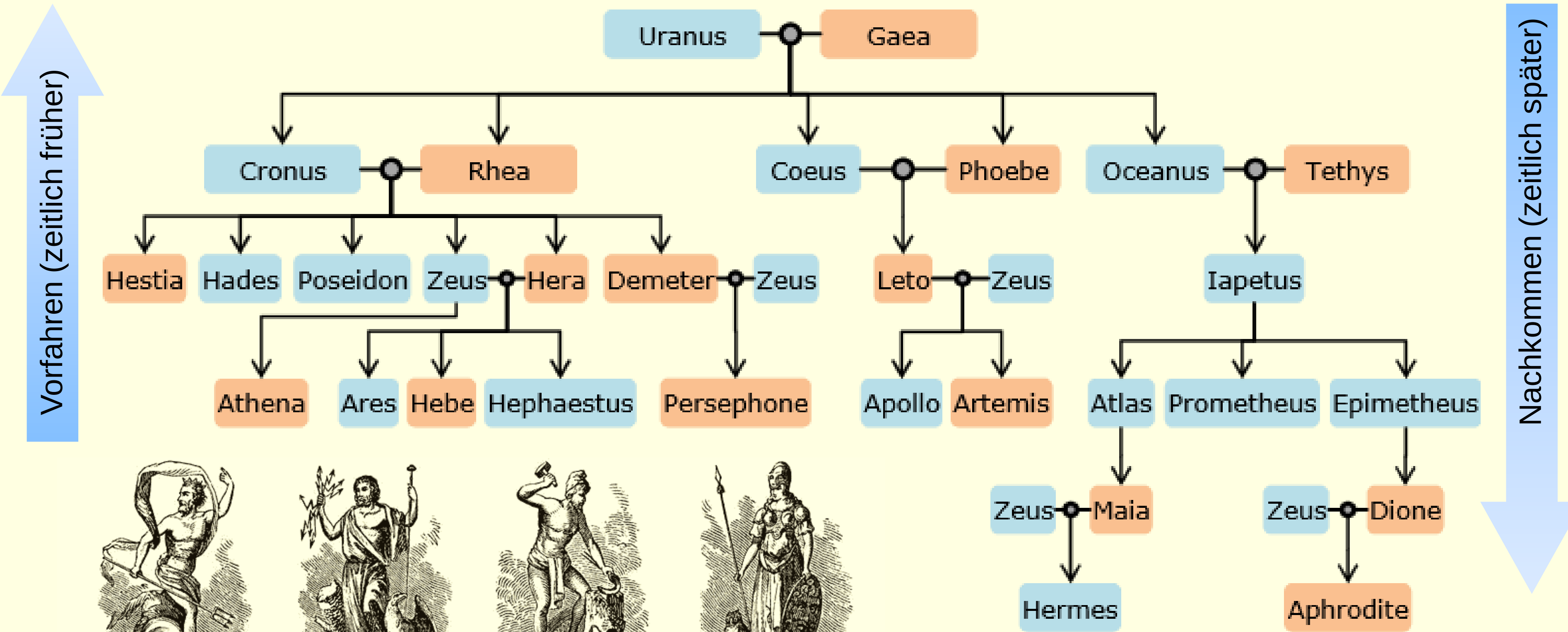
Stammbaum vs. Stammtafel

In der Genealogie unterschiedet man zwischen einem Stammbaum (Darstellung aller *Nachkommen* einer Person; Auffächerung des Baumes in die Zukunft; meist mit der Wurzel unten und den Blättern oben gezeichnet) und einer Stammtafel oder Ahnentafel (Darstellung der *Vorfahren* einer Person; Auffächerung in die Vergangenheit; meist mit der Wurzel oben und den Blättern unten). Oft bezeichnet man aber beides als Stammbaum, auch wir sind diesbezüglich im folgenden „liberal".

Links haben wir im Wesentlichen eine Stammtafel von Antigone vorliegen, allerdings sind ihre Geschwister und der Kreon-Zweig zusätzlich aufgeführt. Hätte man z.B. einen Stammbaum bezüglich Kadmos, dem Gründer von Theben, dann müssten neben seinem Sohn Polydoros auch dessen Geschwister Ino, Autonoë, Semele, Illyrios und Agaue sowie davon dann die (direkten und indirekten) Nachkommen aufgeführt werden.

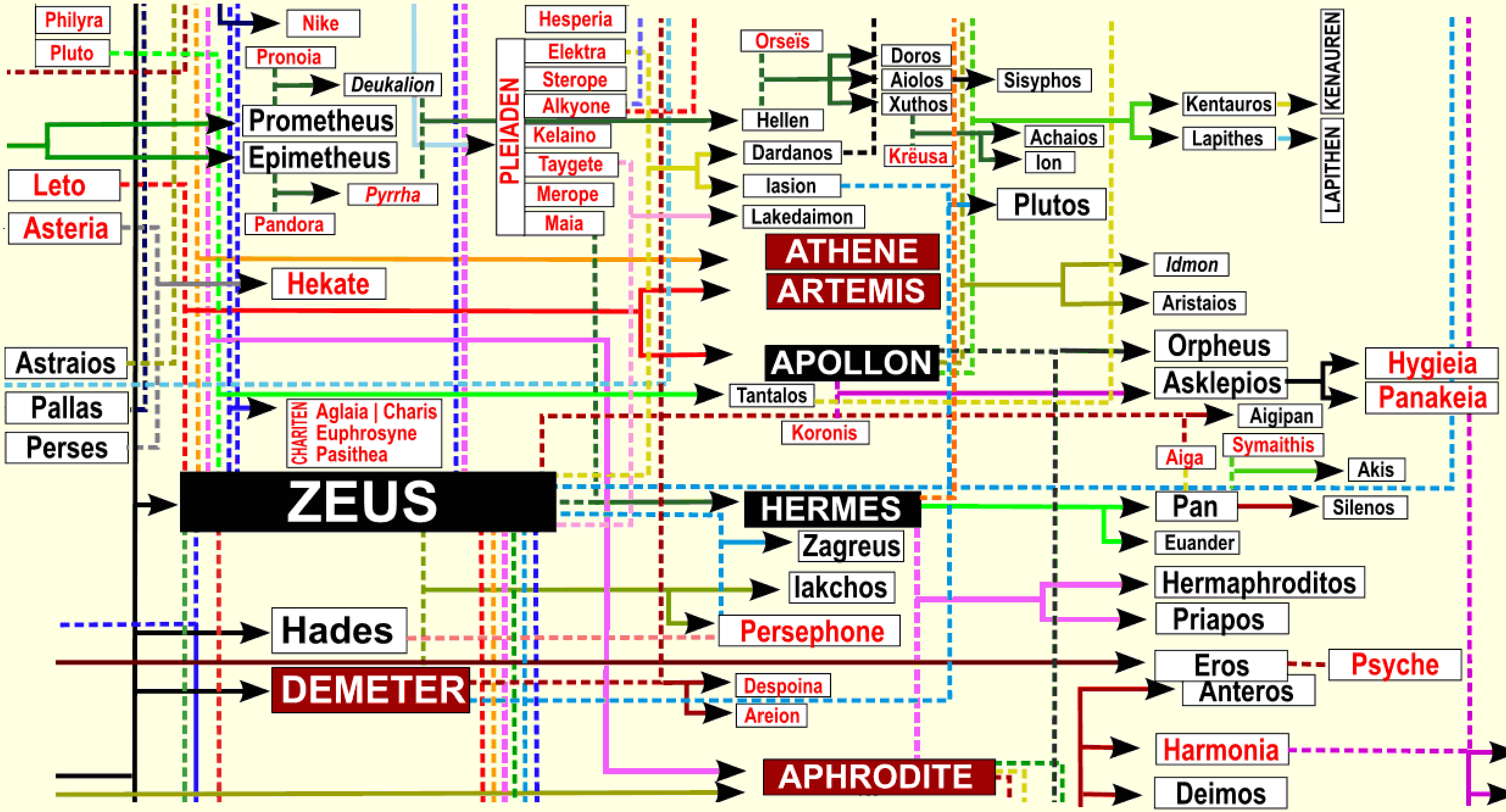
Der Stammbaum der Antigone findet sich so bei Wikipedia. Die griechische Mythologie ist kompliziert – die Wikipedia-Kategorie „Person der griechischen Mythologie" umfasst über 1500 Einträge (Gottheiten und „Kreaturen" wie Kerberos oder Minotaurus nicht mitgezählt), die oft verwandtschaftlich miteinander verflochten sind. Es gibt auch Querbeziehungen zwischen Menschen und Göttern – Kadmos' Frau Harmonia war beispielsweise eine Göttin (Göttin der Eintracht) und eine Tochter von Aphrodite (Göttin der Liebe und der sexuellen Begierde). Dass wir hier keinen echten Baum haben, liegt am tragischen Schicksal von Ödipus – bekanntlich war er unwissentlich mit seiner eigenen Mutter, Iokaste, verheiratet. Auch Antigone ist eine tragische Figur. Sie stellte ihr eigenes Gewissen über das Gesetz, weil sie glaubte, den Göttern mehr gehorchen zu müssen als den Menschen. Sophokles' gleichnamiges Drama (442 v. Chr.) schildert ihr Schicksal eindrücklich, der Plot wurde bis in die moderne Zeit mehrfach adaptiert und z.B. auch als Oper inszeniert.

► Stammbaum griechischer Götter (Ausschnitt)

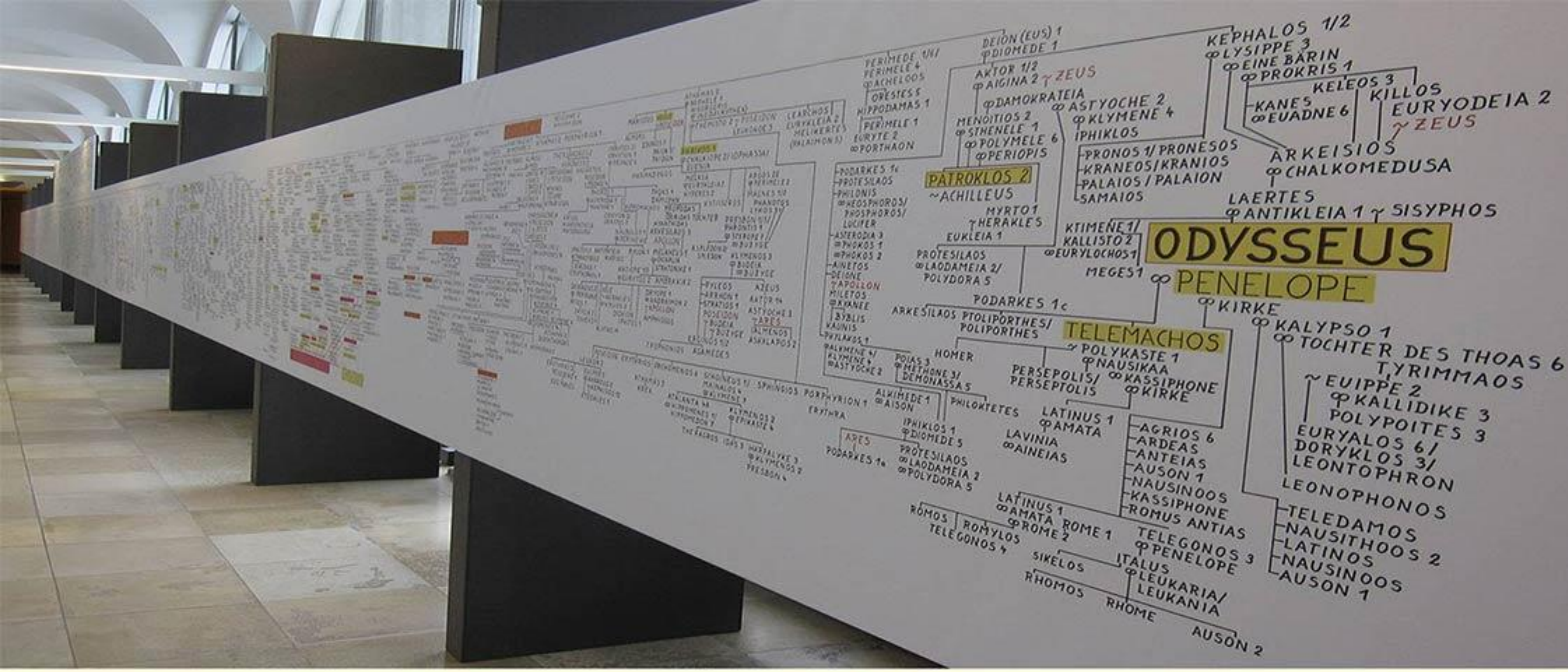


Beachte: Neben den Personen gibt es noch Knoten, die die Verbindung von Eltern symbolisieren. Dadurch kann es zwischen 2 Knoten mehrere Wege geben; im strengen Sinne handelt es sich also nicht um einen Baum! (Und: Womanizer Zeus taucht mehrfach auf; *#MeToo:* Hera, Leto, Maia, Dione, Io,…)

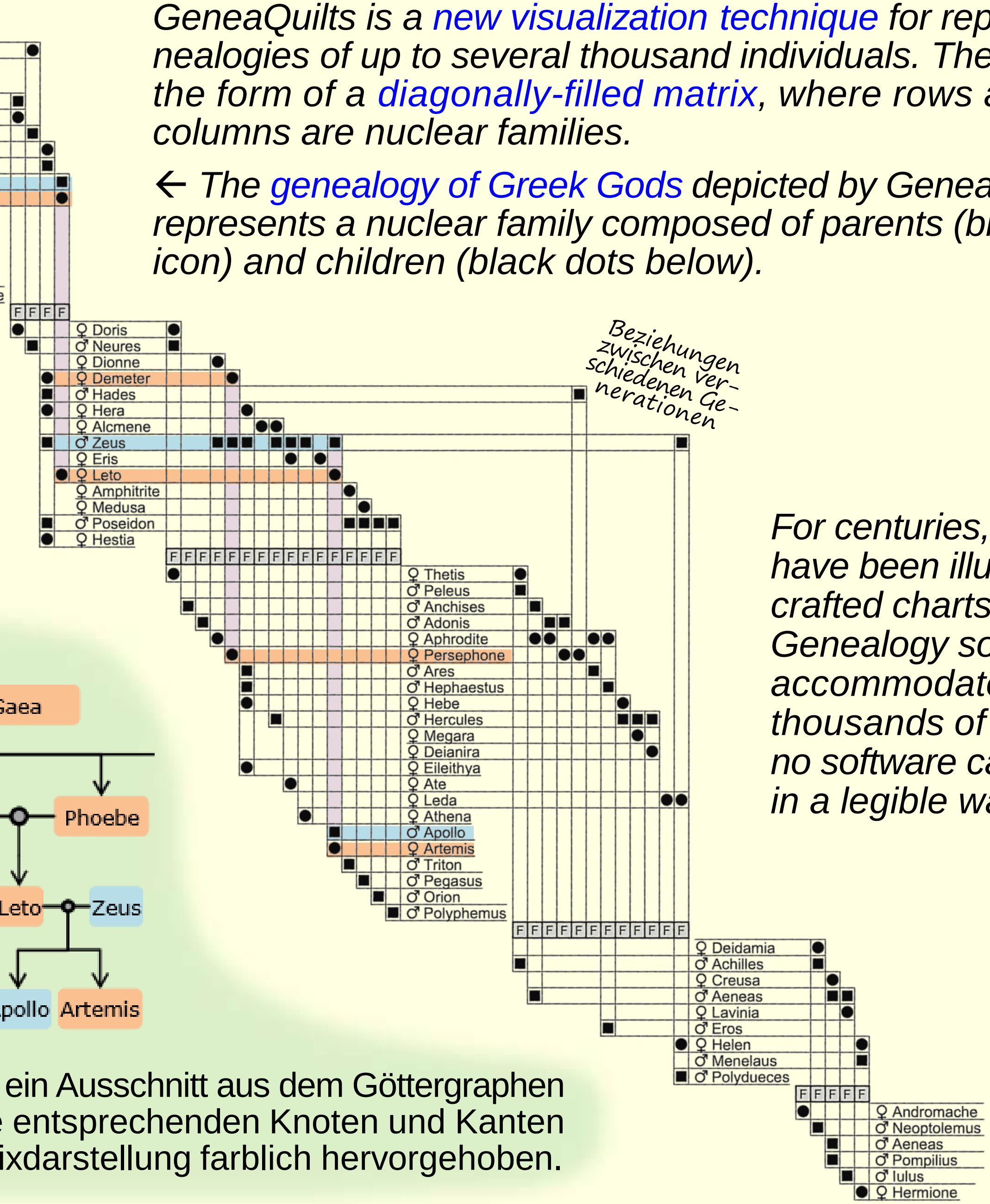
In „Wirklichkeit“ ist die ganze Beziehungskiste bei den Göttern aber viel komplizierter, wie man hier sieht: Wir erkennen einiges wieder, z.B. Hermes als Produkt von Maia und Zeus; Persephone als Frucht von Demeter und Zeus oder Apollo und Artemis als Nachkommen von Zeus und Leto – aber eben auch noch viel mehr: Pluto, Nike, Elektra, Sisyphos, Orpheus, Harmonia, Eros und Psyche haben neben anderen ihren Auftritt. Dabei ist diese Graphik auch nur ein kleiner Ausschnitt aus dem Gesamtplan der Götterwelt, wie ihn die „Mythographen“ zusammengestellt haben. Die „Gesamtgenealogie der griechisch-mediterranen Mythologie“ von Dieter Macek umfasst über 5000 Göttinnen, Götter und Heroen – der Beziehungsgraph ist 73 m lang und 1.7 m hoch; siehe folgende slide: →



https://de.wikipedia.org/wiki/Stammbaum_der_griechischen_Götter_und_Helden



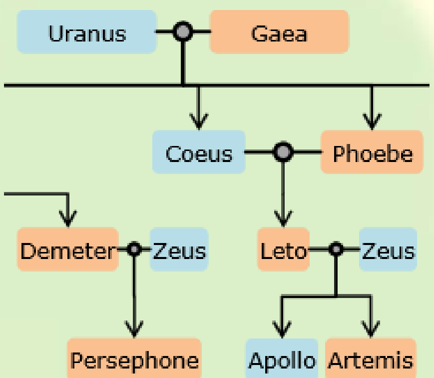
www.myth-gen.eu



GeneaQuilts is a new visualization technique for representing large genealogies of up to several thousand individuals. The visualization takes the form of a diagonally-filled matrix, where rows are individuals and columns are nuclear families.

← The genealogy of Greek Gods depicted by GeneaQuilts. Each F icon represents a nuclear family composed of parents (black dots above the icon) and children (black dots below).

For centuries, genealogical relationships have been illustrated in books with handcrafted charts of a few dozen individuals. Genealogy software can now technically accommodate datasets of hundreds of thousands of individuals. Nevertheless, no software can visualize a large dataset in a legible way.



↑ Zum Vergleich ein Ausschnitt aus dem Göttergraphen weiter oben, die entsprechenden Knoten und Kanten sind in der Matrixdarstellung farblich hervorgehoben.

Bild sowie Textzitate aus: *GeneaQuilts: A System for Exploring Large Genealogies* (von A. Bezerianos, P. Dragicevic, J.-D. Fekete, J. Bae, B. Watson), IEEE Trans. on Visualization & Computer Graphics, 16(6), 1073-1081, 2010

► Stammbaum der Menschheit (Präfix)

Christoph Joseph Stumpf: *Arbor Genealogica Descendentium Adam et Eva*, 1776 – 1825.

Vielleicht wurde auch das Rollenverständnis von den Anfängen her gleich mitvererbt: Aus dem Paradies vertrieben, arbeitet Adam im Schweisse seines Angesichtes auf dem Acker, während Eva sich um die unter Schmerzen in die Welt gesetzten und nun spielenden Kinder Abel, Kain und Seth kümmert, deren Nachkommen sich einst das Universum untertan machen sollen – wobei der Familie allerdings zunächst noch ein gewaltiges Drama bevorsteht…

http://diglib.hab.de?grafik=graph-a1-2650a

► Stammbaum der Europäer (Präfix)

Handkolorierter Holzschnitt als Teil einer Reihe von über 1800 Buchillustrationen aus der „Schedelschen Weltchronik“, einer illustrierten Darstellung der Weltgeschichte, welche 1493 in Nürnberg in einer lateinischen *(Liber cronicarum cum figuris et imaginibus ab inicio mundi)* und einer deutschen Ausgabe erschien. Farbenpracht, Detailreichtum und die eindrucksvolle Bildsprache faszinieren auch heute noch; enthalten ist auch eine doppelseitige Weltkarte, auf der Amerika noch fehlt – dessen „Entdeckung“ war gerade noch nicht bekannt!

Das Bild zeigt den Stammbaum von Jafet und seiner Ehefrau Fuda: Sieben Kinder (davon zwei Söhne mit Ehefrauen) und insgesamt sieben Enkel. Nach der Genesis ist Jafet (ein Sohn Noahs) einer der nur acht überlebenden Menschen der Sintflut; die europäischen Völker sollen von ihm und Fuda abstammen. Da er im Mittelalter als Stammvater aller Europäer angesehen wurde, ist in einer Weltchronik sein Stammbaum natürlich von grosser Bedeutung.

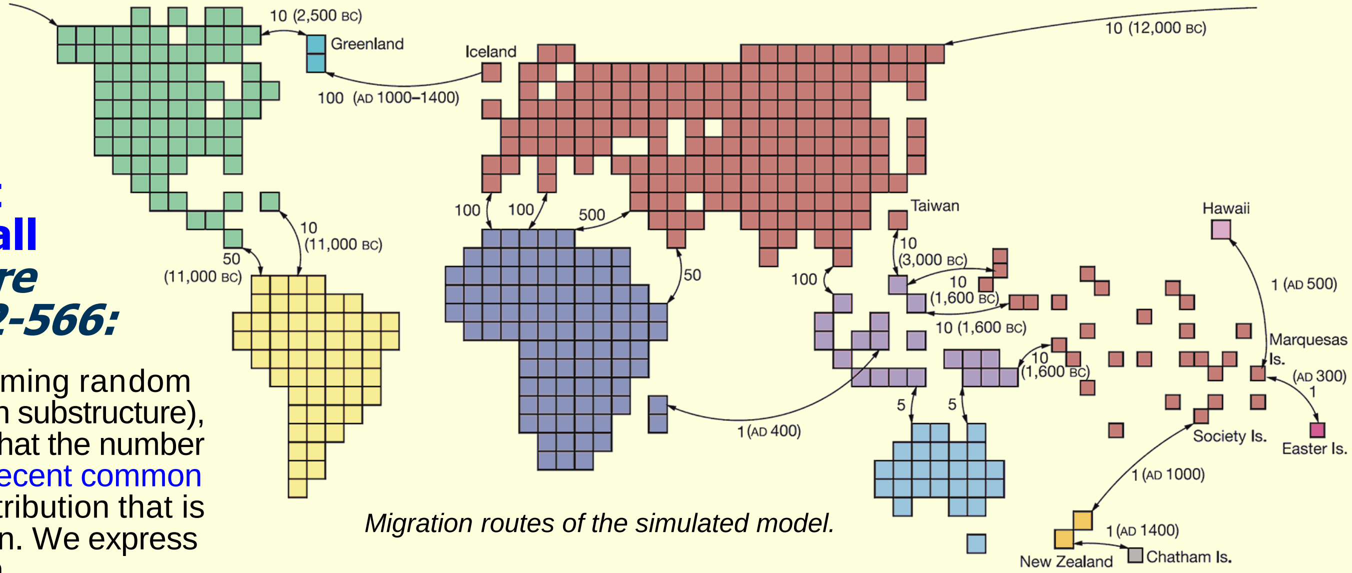
Der Druck der Weltchronik, der immense Kosten verursachte, wurde wohl kein verlegerischer Erfolg, denn 1509 waren noch 571 Exemplare am Lager. Heute ist deren Marktwert sehr hoch; ein gut erhaltenes Exemplar wurde 2010 für ca. 850 000 US-Dollar versteigert.

Stichwort „Schedelsche Weltchronik"

Hartmann Schedel (1440 – 1514) wurde in Nürnberg geboren, studierte in Leipzig an der Artistenfakultät, danach in Padua Anatomie und Chirurgie; dort erlangte er 1440 die Doktorwürde. Er praktizierte als Arzt in verschiedenen Städten und kehrte 1482 endgültig nach Nürnberg zurück. Schedel war ein angesehener Bürger und Arzt; seine Bibliothek war eine der grössten Privatsammlungen seiner Zeit. Neben der Weltchronik publizierte er unter anderem ein medizinisches „Rezeptbuch".

Wir zitieren einige Ausschnitte aus: Douglas LT Rohde, Steve Olson & Joseph T. Chang: **"Modelling the recent common ancestry of all living humans."** *Nature 431.7008 (2004): 562-566:*

For a population of size n, assuming random mating (and so ignoring population substructure), probabilistic analysis has proved that the number of generations back to the most recent common ancestor (MRCA), Tn, has a distribution that is sharply concentrated around $\log_2 n$. We express this using the notation Tn ~ $\log_2 n$.



Migration routes of the simulated model.

As genealogical ancestry is traced back beyond the MRCA, a growing percentage of people in earlier generations are revealed to be common ancestors of the present-day population. Tracing further back in time, there was a threshold, let us say Un generations ago, before which ancestry of the present-day population was an all or nothing affair. That is, each individual living at least Un generations ago was either a common ancestor of all of today's humans or an ancestor of no human alive today. Thus, among all individuals living at least Un generations ago, each present-day human has exactly the same set of ancestors. We refer to this point in time as the identical ancestors point. As with the MRCA point, the identical ancestors point is also quite recent in a randomly mating population: Un ~ 1.77 $\log_2 n$ generations ago.

The major problem in applying these results to human populations is that mating is not random in the real world. Mating patterns are structured by geography, proximity, culture, language and social class. Nevertheless, even in populations with considerable internal structure, the time to the MRCA can be remarkably brief. […]

We arrive at Tn ≈ 76 generations (about 2,300 years) and Un ≈ 169 generations (about 5,000 years). These estimates would suggest that the MRCA appears in about the year 300 BC, and all modern individuals have identical ancestors by about 3,000 BC.

Given the remaining uncertainties about migration rates and real-world mating patterns, the date of the MRCA for everyone living today cannot be identified with great precision. Nevertheless, our results suggest that the most recent common ancestor for the world's current population lived in the relatively recent past – perhaps within the last few thousand years. And a few thousand years before that, although we have received genetic material in markedly different proportions from the people alive at the time, the ancestors of everyone on the Earth today were exactly the same.

Our findings suggest a remarkable proposition: no matter the languages we speak or the colour of our skin, we share ancestors who planted rice on the banks of the Yangtze, who first domesticated horses on the steppes of the Ukraine, who hunted giant sloths in the forests of North and South America, and who laboured to build the Great Pyramid of Khufu.

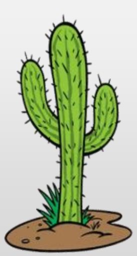
► Stammbaum der englischen Könige

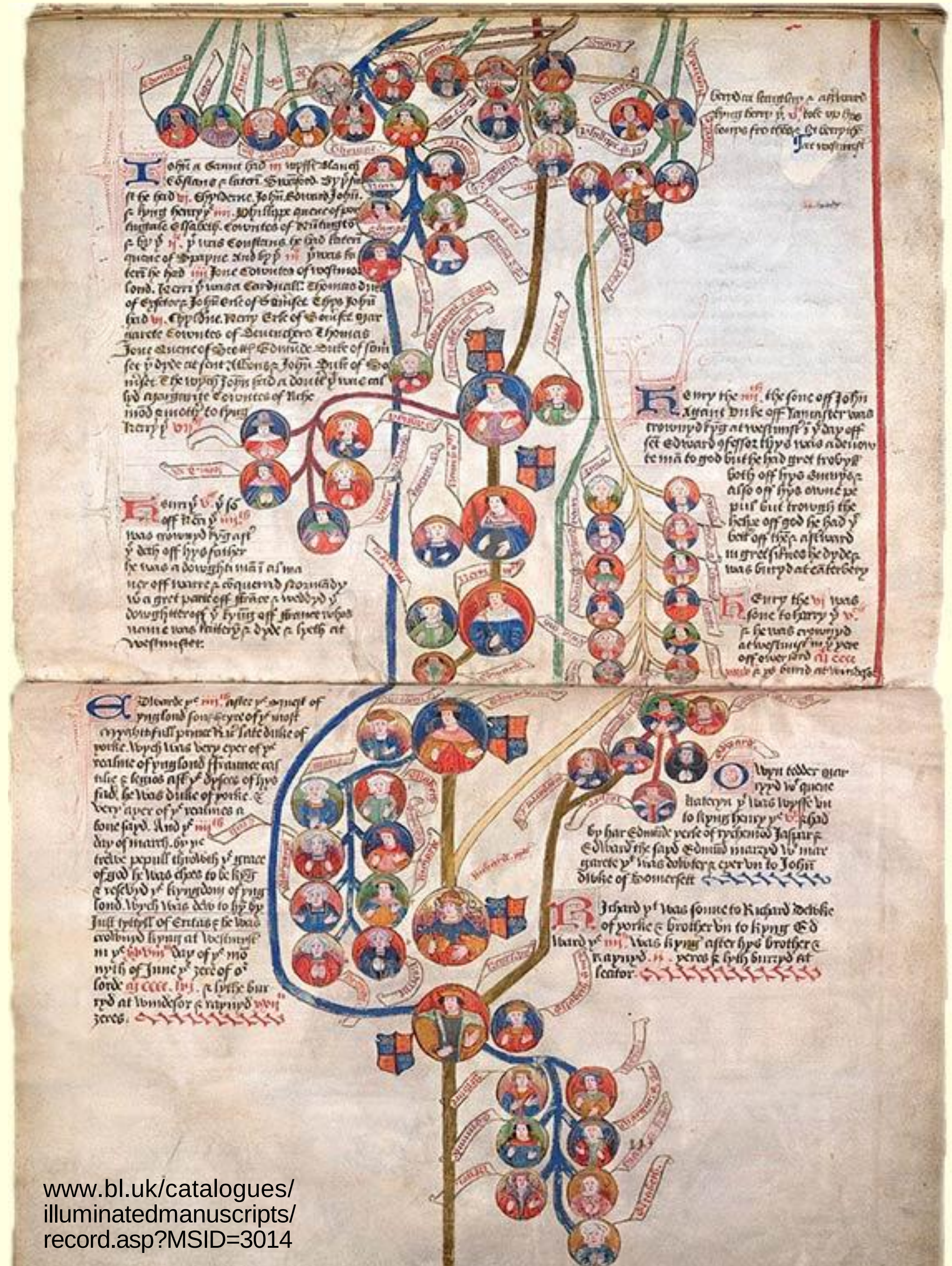
“A diagram of the genealogy of the kings of England, including Henry IV, Henry V, Henry VI, Edward IV, Richard III, and Henry VII. Image taken from ff. 32v-33 of *Biblical and genealogical chronicle from Adam and Eve to Edward VI*, c. 1511 with additions before 1553. The text of the chronicle ends with Richard III (f. 33). The pictorial genealogy continues to Henry VIII in the same scribal and artistic hand, including Catherine of Aragon, Mary, and Henry, the infant prince who died in 1511. Henry VIII’s subsequent wives* and offspring were added to the genealogy later by a different artist and scribe.” [The British Library]

*) Zwei Ehen, die mit Katharina von Aragon und Anna von Kleve, liess Henry VIII annullieren. Anne Boleyn und Catherine Howard liess er hinrichten. Jane Seymour starb im Wochenbett, aber Catherine Parr überlebte ihn (und war selbst 4-mal verheiratet). Ein populärer Abzählreim führt das Schicksal der sechs Ehefrauen in chronologischer Reihenfolge auf:

Divorced, Beheaded, Died,
Divorced, Beheaded, Survived.

My parents had raised my brother and me without any sense of family history – we had no famous or even infamous ancestors. I could only go back one generation: to the names of my paternal and maternal grandparents. So my ‘family tree’ looked nothing like a tree. It resembled, for all purposes, a cactus in a comic strip. – Sumana Roy





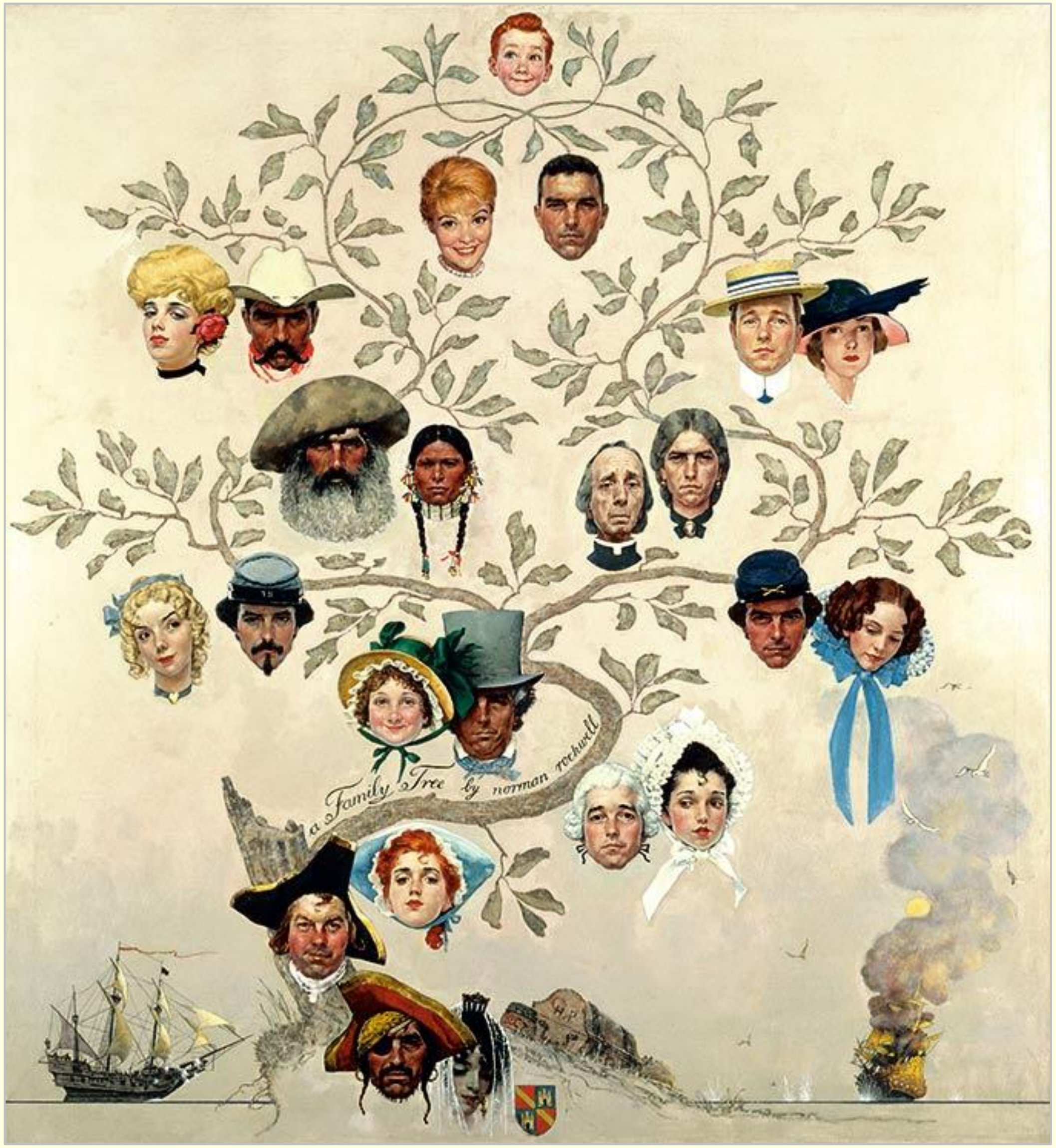
www.bl.uk/catalogues/illuminatedmanuscripts/record.asp?MSID=3014

► All-American Family Tree

Der Maler und Illustrator Norman Rockwell (1894-1978) gestaltete über Jahrzehnte die Titelseiten der „Saturday Evening Post“. Meist wurden (in einem etwas idealisierten und sentimentalisierten Stil) Szenen aus dem American Life dargestellt. Bekannt wurde vor allem sein leicht spöttisches Gemälde „Family Tree“, das Magazin-Cover vom 24. Oktober 1959.

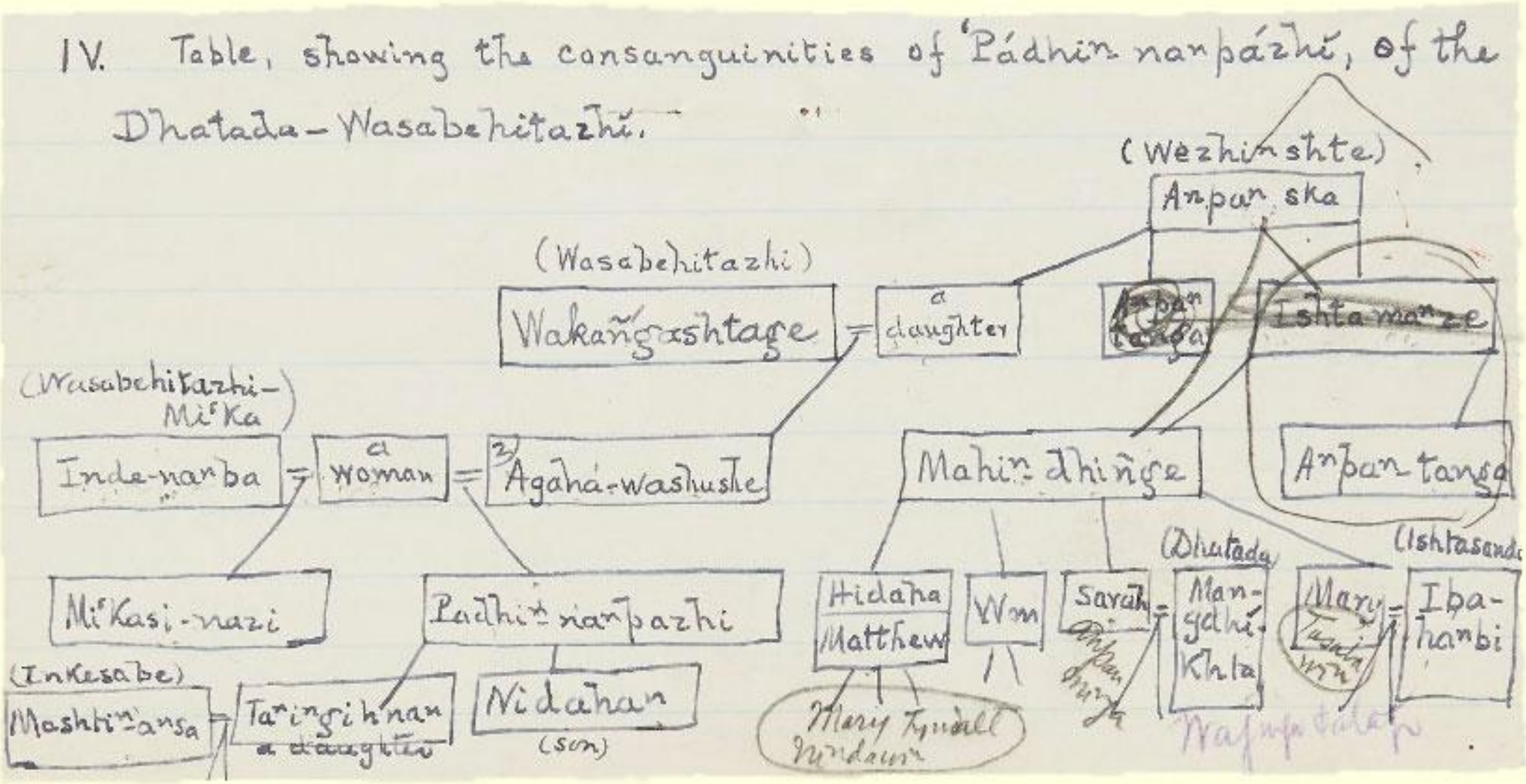
Als Vorlage dafür diente Rockwell eine Stammbaumskizze aus dem 12. Jh.; die Stammlinie wird durch diejenigen Personen gebildet, deren Köpfe den Stamm berühren. Dabei handelt es sich um typische Gestalten der amerikanischen Geschichte: Cowboy mit Saloon-Tänzerin; bürgerlicher Geschäftsmann mit modebewusster Gattin; Goldgräber mit Indianer-Squaw; protestantischer Prediger mit seiner spröden Frau, Soldaten der Konföderierten sowie der Union im Sezessionskrieg.

Die Wurzel des Stammbaums bildet allerdings nicht etwa ein Mitglied der „Founding Fathers“ oder der Mayflower-Pilgerväter, sondern ein dunkelhäutiger Pirat zusammen mit einer spanischen Aristokratin – offenbar eine Beute der brennenden Galeone rechts unten im Bild neben einer Schatzkiste. Das ganze mündet in einen rothaarigen, sommersprossigen Boy der 1950er-Jahre, dessen Eltern einen modernen Kurzhaarschnitt und gemeinsame Urgrosseltern haben.



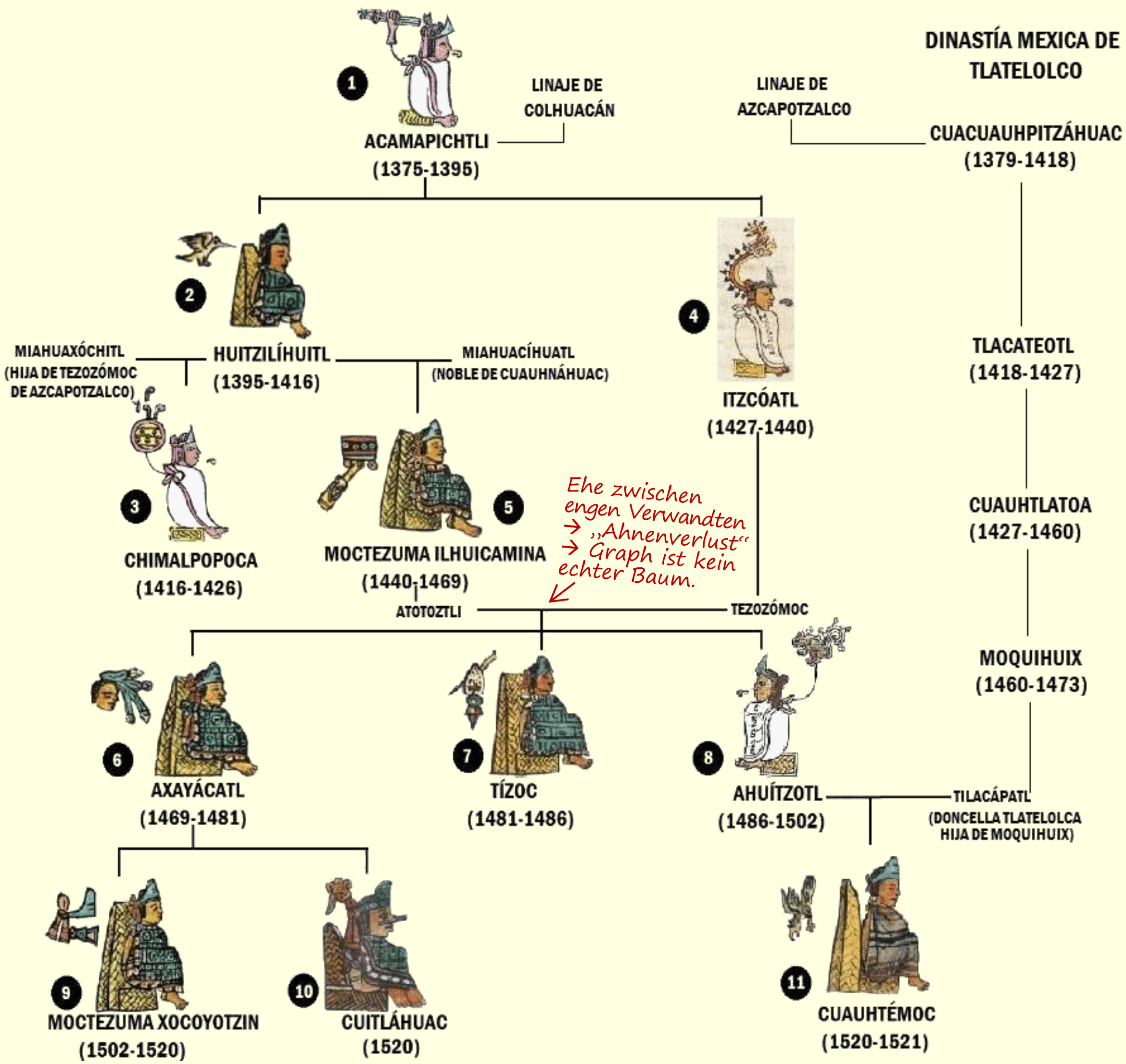
https://live.staticflickr.com/5225/5613481369_6253512940_c.jpg

► Stammbaum von Padhinnanpazhi



Skizze anlässlich einer Feldstudie des amerikanischen Ethnologen und Linguisten James Owen Dorsey (1848 – 1895) bei den Sioux.

► Stammbaum der Azteken von Tenochtitlán



https://pbs.twimg.com/media/DeZYWhdUQAAzyrh.jpg

Tenochtitlán war vom 14. bis Anfang des 16. Jahrhunderts die Hauptstadt des Aztekenreichs in Mexiko. Mit ca. 150000 bis 200000 Einwohnern zählte sie um 1500 zu den weltweit grössten Städten.

1519 landete der spanische Konquistador Hernán Cortés mit etwa 630 bewaffneten Männern in Yucatán. Cortés war zunächst Gast des Kaisers Moctezuma Xocoyotzin, nahm ihn dann allerdings gefangen. Der regierende Rat von Tenochtitlán bestimmte dessen Bruder Cuitláhuac zum neuen Herrscher. Ein Pockenausbruch tötete 1520 mehr als 50% der Azteken, die zuvor noch nie mit dem Virus in Berührung gekommen waren, darunter auch Cuitláhuac – nach nur 80-tägiger Regentschaft. Mit Hilfe einer zweiten, grösseren spanischen Expedition wurden bald darauf die Azteken endgültig niedergekämpft und die Stadt Tenochtitlan komplett zerstört. Cuauhtémoc, der letzte autonome Herrscher der Azteken, wurde bei der Flucht aus der Stadt gefangen genommen und später hingerichtet.

► Stammbaum der Bernoullis

Portrait an der Nordfassade des ETH-Hauptgebäudes; nach Daniel Bernoulli ist die für die Hydro- bzw. Aerodynamik grundlegende „Bernoulli-Gleichung“ benannt. Auf seinem Grabstein in der Basler Peterskirche heisst es (im Original auf Latein): „Ihm gleich hat kaum den einen oder anderen, einen grösseren keinen der Erdkreis gesehen.“ („CUI PAREM VIX UNUM ALTERUMVE MAIOREM NULLUM VIDIT ORBIS“)

Auffächerung in die **Zukunft**

Der Urgrossvater von Niklaus, Jacob Bernoulli († 1582), emigrierte um 1570 aus Glaubensgründen von Antwerpen nach Frankfurt / Main. Niklaus‘ Vater kam um 1620 nach Basel und erwarb dort 1622 die Bürgerrechte.

- Niklaus (1623–1708)
  - Jakob I (1655–1705)
  - Nikolaus (1662–1716)
    - Nikolaus I (1687–1759)
  - Johann I (1667–1748)
    - Nikolaus II (1695–1726)
    - Daniel (1700–1782)
    - Johann II (1710–1790)
      - Johann III (1744–1807)
      - Daniel II (1751–1834)
        - Christoph (1782–1863)
          - Carl Christoph (1809–1884)
            - Carl Christoph (1861–1923)
              - Christoph (1897–1981)
        - Johannes (1785–1869)
          - Carl Johann (1835–1906)
            - Carl Albrecht (1868–1937)
              - Eva (1903–1995)
        - Leonhard (1786–1852)
          - Eduard (1819–1899)
            - Eduard (1867–1927)
      - Nikolaus III (1754–1841)
        - Leonhard (1791–1871)
          - August (1839–1921)
            - August Leonhard (1879–1939)
        - Nikolaus (1793–1876)
          - Fritz (1824–1913)
            - Maria (1868–1963)
          - Theodor (1837–1909)
            - Elisabeth (1873–1935)
            - Hans (1876–1959)
              - Lucas (1907–1976)
                - Cornelia (* 1954)
            - Rudolf (1880–1948)
      - Jakob II (1759–1789)
  - Hieronymus (1669–1760)
    - Franz (1705–1777)
      - Hieronymus (1735–1786)
        - Johann Jacob (1769–1853)
          - Johann Jacob (1802–1892)
            - Johann Jakob (1831–1913)
            - Carl Gustav (1834–1878)
          - Franz (1813–1850)
            - Ernst (1846–1931)
              - Eugen (1882–1983)

Mathematiker rot umrahmt.

Jakob Bernoulli (1655-1705) war der wohl bekannteste Schweizer Mathematiker. Auf ihn gehen die Bernoulli-Verteilung und die Bernoulli-Zahlen zurück. Er hatte in Basel einen Lehrstuhl für Mathematik, auf den ihm nach seinem Tod jüngerer Bruder Johann folgte, der u.a. Leonhard Euler unterrichtete. Den Grabstein für den „schmerzlich vermissten Gatten und Vater“ findet man im Kreuzgang des Basler Münsters.

Der Stammbaum ist unvollständig. So hatte Niklaus Bernoulli nicht nur vier, sondern elf Kinder. Und der im Jahr 2000 emeritierte ETH-Professor für Geologie Daniel Bernoulli (geb. 1936) stammt z.B. letztlich auch von Niklaus Bernoulli ab. Ebenfalls Professor an der ETH Zürich war Hans Bernoulli (1876-1959), ein bekannter Architekt und von 1947 bis 1951 Nationalrat von Basel-Stadt; eine Enkelin von ihm ist die Schauspielerin Cornelia Bernoulli.

Die Fotografin Maria („Mia“) Bernoulli (1868–1963) war die erste Gattin von Hermann Hesse. Sie führte ab 1902 mit ihrer Schwester Tuccia (Mathilde) ein Kunstfotografie-Atelier in Basel. („Unerhört, dass zwei Fräulein aus gutem Hause nicht nach einer guten Partie, sondern nach Unabhängigkeit streben“, hiess es dazu in den „Basler Nachrichten“ vom 3. Okt. 1902).

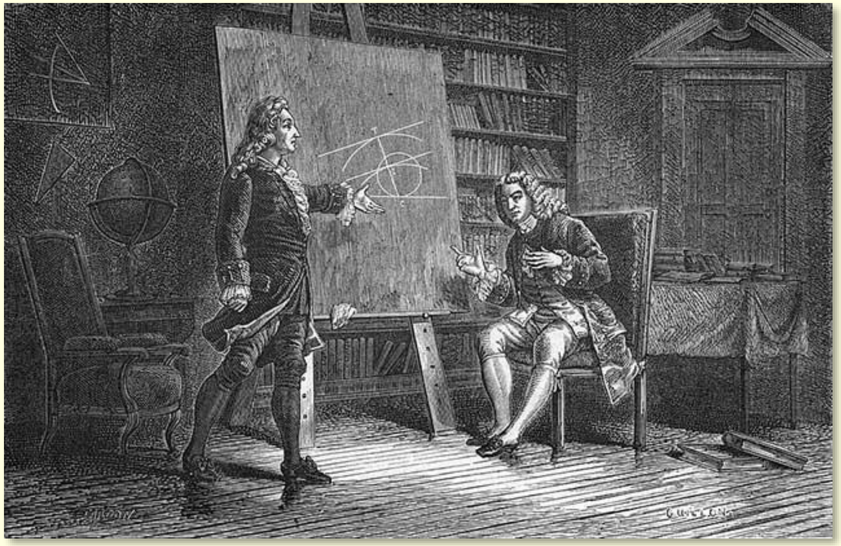
► Stammbaum der Bernoullis (2)

> C'est un misanthrope général qui n'épargne pas même son frère,… Il crève de rage, de haine, d'envie et de jalousie contre moy, il m'en veut du mal… Quelle indignité à un frère! Quel exécrable orgueil!
> -- Johann I. über Jakob I., 1695

Einen Einblick in die verwirrende Bernoulli-Familie gibt George G. Szpiro (Jahrg. 1950), der an der ETH Zürich Mathematik studierte, in einer seiner monatlichen Kolumnen über Mathematik in der Sonntagsausgabe der NZZ. Hier einige ausgewählte Abschnitte aus „Daniel Bernoulli und seine schwierige Familie" vom 17.03.2002:

„Der Name Bernoulli verlangt nach Präzision, denn die Familie aus Basel brachte in drei Generationen nicht weniger als acht hervorragende Mathematiker hervor. Da die meisten von ihnen dieselben Vornamen trugen, wurde ein Nummerierungssystem eingeführt, um Väter, Brüder, Söhne und Vettern auseinander zu halten. Da waren zuerst einmal **Jakob I**. und dessen Bruder **Johann I**. (Der dritte Bruder, Nikolaus, wurde Maler und erhielt keine Zahl.) Es folgten in der nächsten Generation **Nikolaus I**. und Johanns drei Söhne **Nikolaus II**., **Daniel** und **Johann II**. Schliesslich traten noch die Söhne von Johann II., **Johann III**. und **Jakob II**., in die Fussstapfen ihrer genialen Vorfahren. […]

So genial die Herren aus Basel waren, so hochnäsig und arrogant gaben sie sich leider auch. Rivalität, Eifersucht, öffentliche Vorwürfe und Zerwürfnisse waren die Folge. Dabei hatte alles ganz idyllisch begonnen. Jakob I., der sich sein naturwissenschaftliches Wissen als Autodidakt angeeignet hatte und nun an der Universität Basel Experimentalphysik lehrte, führte seinen um zwölf Jahre jüngeren Bruder insgeheim in die Mysterien der höheren Mathematik ein. Dies geschah gegen den ausdrücklichen Willen der Eltern, die für den jüngeren Bruder eine kaufmännische Karriere ins Auge gefasst hatten, nachdem sie schon beim älteren mit ihrem Wunsch nach einer Kirchenlaufbahn nicht durchgedrungen waren.



Jakob und sein Bruder Johann Bernoulli diskutieren Kurvenprobleme (Louis Figuier: Vies des savants illustres, savants du XVIII siècle, 1879)

Doch die brüderliche Eintracht der beiden Hochbegabten schlug bald in bitteren Streit um. Der Konflikt fing damit an, dass Johanns Prahlereien Jakob auf die Nerven gingen und er öffentlich behauptete, dass die Arbeiten seines ehemaligen Schülers bloss Kopien seiner eigenen Forschungsergebnisse seien. Weiter ging es, als Jakob I. – unterdessen Inhaber des Lehrstuhles für Mathematik an der Universität Basel – erfolgreich gegen eine Berufung seines Bruders intrigierte. Johann I. musste deshalb an die Universität Groningen ausweichen, bevor er schliesslich doch noch eine Berufung nach Basel erhielt – für Griechisch. Doch wie es das Schicksal so wollte, starb Jakob just, als Johann sich auf die Reise machte, und damit ergatterte der ob des Verlustes nicht sehr betrübte Bruder doch noch den Basler Lehrstuhl für Mathematik.

Die historische Bedeutung der beiden Brüder Bernoulli reicht in der Tat fast an die epochemachenden Taten der Klassiker der mathematischen Wissenschaften heran, wenn man die Leistungen der beiden Brüder zusammennimmt. -- J.O. Fleckenstein

► Stammbaum der Bernoullis (3)

Man hätte nun denken können, Johann I. wäre unterdessen weiser geworden, doch nichts dergleichen geschah. Der Professor machte bei seinen Söhnen genau dieselben Erziehungsfehler, die sein Vater schon an ihm begangen hatte. Mit dem Argument, die Mathematik sei ein brotloser Beruf, versuchte Johann, den begabtesten seiner drei Söhne, Daniel, in die Karriere eines Kaufmanns zu drängen. Als dies nichts fruchtete, gestattete der Vater ihm das Studium der Medizin – bloss keine Konkurrenz sollte ihm durch seinen Sohn erwachsen. Aber Daniel liess sich neben dem Studium – auch da taten es die Söhne ihren Vorfahren gleich – von seinem älteren Bruder Nikolaus II. in Mathematik unterrichten. […]

Der Familienzwist loderte erneut auf, als Daniel, wieder nach Basel zurückgekehrt, mit einer Arbeit über Astronomie das Preisausschreiben der Pariser Akademie der Wissenschaften gewann – ex aequo mit seinem Vater. Johann I. zeigte wenig Vaterstolz. Im Gegenteil, er warf den Sohn kurzerhand aus dem Haus. Und es kam noch schlimmer: Im Jahre 1738 veröffentlichte Daniel sein magnum opus, die «Hydrodynamica». Johann I. las das Buch, schrieb flugs ein eigenes mit dem Titel «Hydraulica», datierte es auf 1732 zurück und behauptete, er sei der Erfinder der Flüssigkeitsdynamik.“

Das 1713 posthum veröffentlichte Werk „Ars Conjectandi“ (Kunst des Vermutens) von Jakob I. bildete die Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung und formuliert erstmalig das für die praktische Statistik so wichtige „Gesetz der grossen Zahlen“: „Inquirendum nimirum restat, an aucto sic observationum numero ita continuo augeatur probabilitas assequendæ genuinæ rationis inter numeros casuum, quibus eventus aliquis contingere & quibus non contingere potest, ut probabilitas hæc tandem datum quemvis certitudinis gradum superet.“ („Es bleibt noch zu untersuchen, ob mit einer stetigen Zunahme der Anzahl von Beobachtungen auch die Wahrscheinlichkeit dafür wächst, dass der Anzahl der Fälle, in denen ein Ereignis auftreten kann, und der Anzahl der Fälle, in denen es nicht auftreten kann, das wahre Verhältnis erreicht, so dass diese Wahrscheinlichkeit schliesslich jeden gewünschten Grad an Gewissheit übertrifft.“)

1994 gab die schweizerische PTT aus Anlass des Internationalen Mathematikerkongresses in Zürich eine Briefmarke im Wert von 80 Rappen zum Andenken an Jakob Bernoulli heraus – allerdings ohne seinen Namen aufzuführen! Das Gesetz der grossen Zahlen wird dabei durch den Graphen einer konvergierenden Folge sowie der Formel $1/n\ (x_1+\ldots+x_n) \to E(X)$ symbolisiert.

Der Bruderzwist hielt auch über den Tod von Jakob an; Johann kommentierte die posthume Veröffentlichung von „Ars Conjectandi“ eher unfreundlich: „Dies ist ein monströses Werk, das den Namen meines Bruders trägt“.

► Stammbaum der Familie Bach

Die Familie Bach war ein weit verzweigtes Musiker-geschlecht, aus dem von Mitte des 16. Jh. bis Mitte des 19. Jh. in Mitteldeutschland zahlreiche Stadtmusiker, Organisten, und Komponisten entstammten.

Johann August Reinhold Bach (1835 – 1914) mit seinen sieben musizierenden Söhnen; er hatte ferner fünf Töchter. Er war der Ururururururenkel von

https://de.wikipedia.org/wiki/Bach_(Musikerfamilie)

J.S. Bachs Vater, Johann Ambrosius, hatte einen Zwillingsbruder, Johann Christoph. Diese glichen sich so stark, dass sogar ihre Ehefrauen sie nicht auseinanderhalten konnten. Auch als Musiker sollen sie fast gleich gewesen sein.

Veit Bach
the baker
Wechmar ?-1619

Johannes or Hans Bach
musician
Wechmar ?-1626

Christoph Bach
town and court musician
Arnstadt 1613-1661

Johann Ambrosius Bach
town musician
Eisenach 1645-1695

Maria Elisabeth Lämmerhirt
Erfurt 1644-1694

Johann Christoph Bach
organist
Ohrdruf 1671-1721

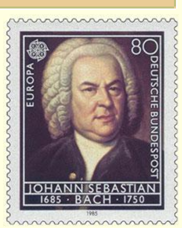
Johann Balthasar Bach
trumpeter
Köthen 1673-1691

Johann Jakob Bach
court musician
Stockholm 1682-1722

Johann Jonas Bach
Eisenach 1675-1685

Maria Salome Bach
Eisenach 1677-1728

Johanna Juditha Bach
Eisenach 1680-1686

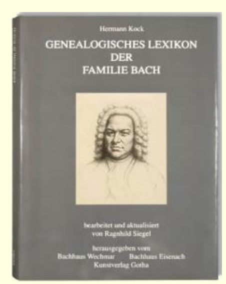


Johann Sebastian Bach
musician
Eisenach
1685-1750

Maria Barbara Bach
Gehren
1684-1720

Anna Magdalena Wilcken
Zeitz
1701-1760

Auffächerung in die **Zukunft**



Catharina Dorothea
1708-1774

Wilhelm Friedemann
the 'Halle Bach'
1710-1784

Carl Philipp Emanuel
the 'Berlin or Hamburg Bach'
1714-1788

J. Gottfried Bernhard
organist
Muhlhausen, 1715-1739

Gottfried Heinrich
1724-1763

Elisabeth Juliane Friederica
m. J. Christoph Altnikol
1726-1781

J. Christoph Friedrich
the 'Buckeburg Bach'
1732-1795

Johann Christian
the 'London Bach'
1735-1782

Johann Caroline
1737-1781

Regine Susanna
1742-1809

Friederica Sophie
m. J. Schmidt in 1789
1757-1801

Johann August
lawyer
Hamburg 1745-1789

J. Sebastian (J. Samuel)
painter
Rome 1748-1778

Augusta Magdalena Altnikol
sealing-wax maker
1751-1809

Juliane Wilhelmine Altnikol
printer
1754-1815

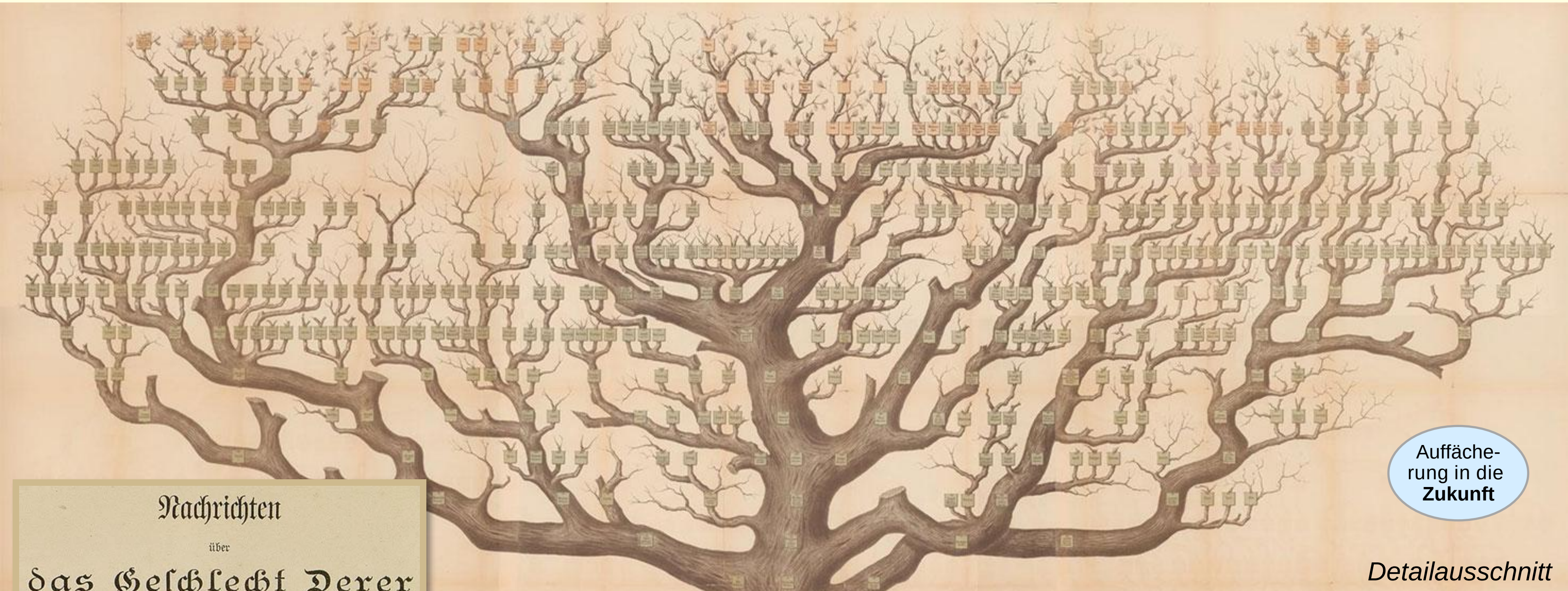
Anna Philippine Friederike Bach
m. Lieut. W. E. Colson
1755-1804

Wilhelm Friedrich Ernst
court cembalist
Berlin 1759-1845

Der Baum gibt nur einen Ausschnitt der Musikerfamile wieder; mehr bei de.wikipedia.org/wiki/Bach_(Musikerfamilie)

www.pinterest.ch/pin/300193131388505713/

► Stammbaum des Geschlechts derer von Massow



Nachrichten

über

das Geschlecht Derer

von Massow.

Gesammelt

von

Paul Hermann Adolph v. Massow,

Hauptmann und Kompagnie-Chef im Garde-Schützen-Bataillon,
gefallen vor St. Privat am 18. August 1870,

vervollständigt und herausgegeben

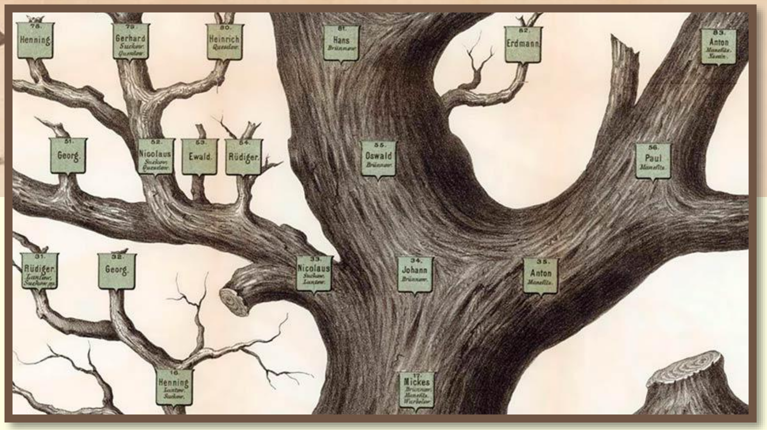
von

Ewald Ludwig Valentin v. Massow,

Rittmeister und Flügel-Adjutant Sr. D. des Fürsten zur Lippe.

Auffäche-
rung in die
Zukunft

Detailausschnitt

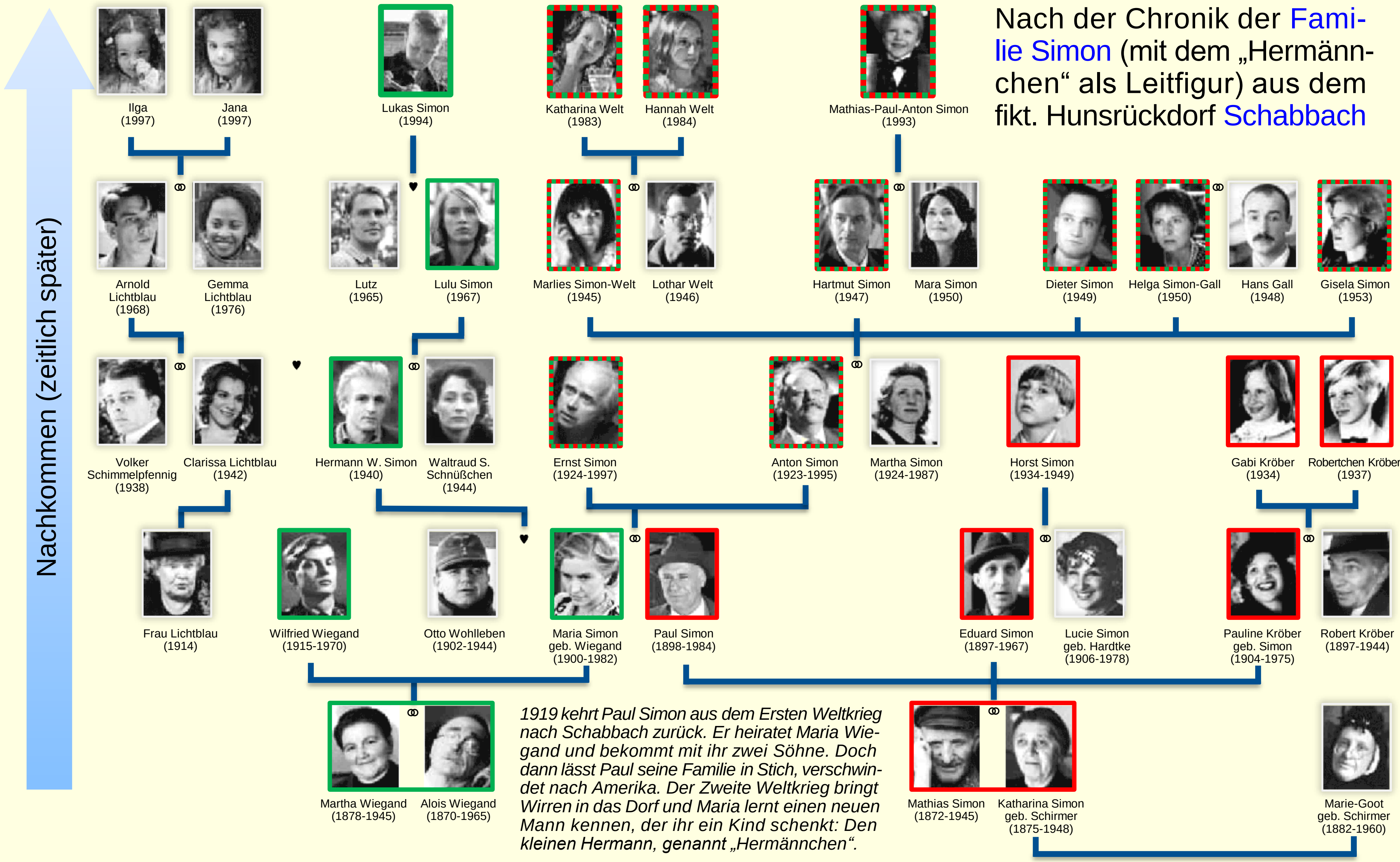


Die Familie *Massow*, ein pommersches Adelsgeschlecht, wird erstmals 1259 mit einem Ritter *Conrad* genannt. Das Buch *Nachrichten über das Geschlecht derer von Massow* von 1878 enthält ein 4x13 Seiten grosses Faltblatt mit einem schön gestalteten Stammbaum aus 492 Knoten.


Stammbaum der Ducks
Tick Duck
Trick Duck
Track Duck
Duck
Della Duck
Donald Duck
Gustav Gans
Dussel Duck
Wastel Duck
Franz Gans
Mathilda Duck
Dagobert Duck
Dortel Duck
Degenhard Duck
Gen. Golo Gans
Daphne Duck
Gretchen Gogel
Eider Duck
Wilhelmine Erpel
Gangolf Gans
Willibald Wasserhuhn
Dankrade Duck
Dietbert Duck
Jakob Duck
Diethelm Duck
Hilmar Duck
Oma Duck
Emanuel Erpel
Wilberta Wasserhuhn
David Duck
„Gruben-Gustl“ Duck
Minchen Matz
Gunhilda Gans
Emelrich Erpel
Sir Dümpelfried Duck
Käpt'n David Fürchtegott Duck
Sir Dagobert Duck
Sir Donnerbold Duck
Bootsmann Bottervogel
Emil Erasmus Erpel
Sir Dusseltrutz Duck
Schottische Linie
Duck'scher Stammbaum
313
Erpel-Linie
Sir Dämelak Duck
Sir Daunenstert Duck

► Stammbäume und Blutsverwandtschaft

Nach der Chronik der Familie Simon (mit dem „Hermännchen“ als Leitfigur) aus dem fikt. Hunsrückdorf Schabbach



1919 kehrt Paul Simon aus dem Ersten Weltkrieg nach Schabbach zurück. Er heiratet Maria Wiegand und bekommt mit ihr zwei Söhne. Doch dann lässt Paul seine Familie in Stich, verschwindet nach Amerika. Der Zweite Weltkrieg bringt Wirren in das Dorf und Maria lernt einen neuen Mann kennen, der ihr ein Kind schenkt: Den kleinen Hermann, genannt „Hermännchen“.

► Ein Stammbaum auf einer Delfter Fliese

…verglaesde Tegel-steentjes, zynde op yder een bysondere titel van de Pandecten des Corpus Juris door seer rare figuren afgebeelt, om in seer korten Tyd de gansche sin der keyserlycke Rechten te verstaen.
-- Amsterdamse Courant, 26.9.1686

www.geschichte-der-fliese.de/harlinger.html

„…glasierte Fliesensteine, auf welchen je ein einzelner Titel der Pandekten des Corpus Juris durch ganz besondere Figuren abgebildet ist, um in kürzester Zeit den ganzen Sinn des römischen Rechts zu verstehen.“

Eine „Delfter Fliese“ im typischen blauen Dekor auf weissem Grund, die einen Aspekt des römischen Rechtswesens illustriert. Am Ende des 17. Jahrhunderts hatte das römische Recht als „Ius Commune“ die Rechtskultur der meisten Länder Europas durchdrungen, seine Kenntnis war wichtig.

Die Bezeichnung „T.10.L.38.“ auf der Fliese steht für „Titulus 10, Liber 38“ des Corpus Iuris Civilis, wo der Aspekt „De gradibus et adfinibus et nominibus eorum“ („Über die Verwandtschaftsgrade und die Verschwägerten sowie ihre Bezeichnungen“) behandelt wird.

Die Szene zeigt Personen, die über ihre Verwandtschaft oder einen damit zusammenhängenden Gesichtspunkt streiten. Der Richter deutet auf einen aufgezeichneten Stammbaum und erläutert die Verwandtschaftsbeziehungen bzw. die sich daraus ergebenden Konsequenzen.

Die Schablone für die Fliese (aus einer ganzen Serie zum römischen Zivilrecht) wurde Ende des 17. Jh. in Friesland angefertigt; damit wurde die hier abgebildete Fliese Ende des 20. Jh. gefertigt.

Gradus cognationis alii superioris ordinis sunt, alii inferioris, alii ex transverso sive a latere. Superioris ordinis sunt parentes. Inferioris liberi. Ex transverso sive a latere fratres et sorores liberique eorum.

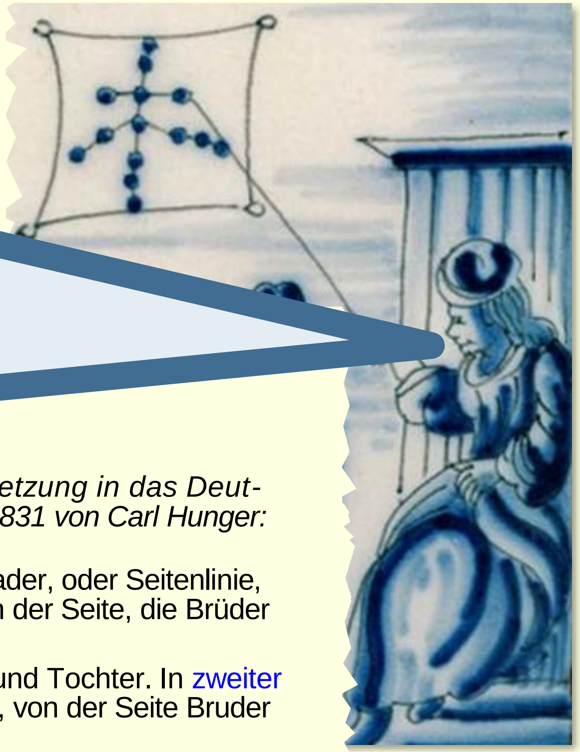
Primo gradu sunt supra pater mater. Infra filius filia. Secundo gradu sunt supra avus avia. Infra nepos neptis. Ex transverso frater soror.

Tertio gradu sunt supra proavus proavia. Infra pronepos proneptis. Ex transverso fratris sororisque filius filia: et convenienter patruus amita, avunculus matertera.

Quarto gradu sunt supra abavus abavia. Infra abnepos abneptis. Ex transverso fratris sororisque nepos neptis: et convenienter patruus magnus amita magna (id est avi frater et soror), avunculus magnus matertera magna (id est aviae frater et soror): item fratres patrueles sorores patrueles (id est qui quaeve ex duobus fratribus progenerantur), item consobrini consobrinaeque (id est qui quaeve ex duabus sororibus nascuntur, quasi consororini), item amitini amitinae (id est qui quaeve ex fratre et sorore propagantur). Sed fere vulgus omnes istos communi appellatione consobrinos vocant.

Non facile autem, quod ad nostrum ius attinet, cum de naturale cognatione quaeritur, septimum gradum quis excedit, quatenus ultra eum fere gradum rerum natura cognatorum vitam consistere non patitur.

Einige Auszüge aus dem Corpus Iuris Civilis zu Titulus 10, Liber 38. Das Corpus entstand als Gesetzessammlung des oströmischen Kaisers Justinian um das Jahr 530 und war jahrhundertelang die wichtigste Textgrundlage des in weiten Teilen Europas bis ins 19. Jh. angewandten römischen Rechts.



Übersetzung in das Deutsche 1831 von Carl Hunger:

Die Abstufungen der Verwandtschaft finden teils in aufsteigender, teils in absteigender, teils in ungerader, oder Seitenlinie, statt. In aufsteigender Abstufung stehen die Eltern, in absteigender die Kinder; in ungerader, oder von der Seite, die Brüder und Schwestern und deren Kinder.

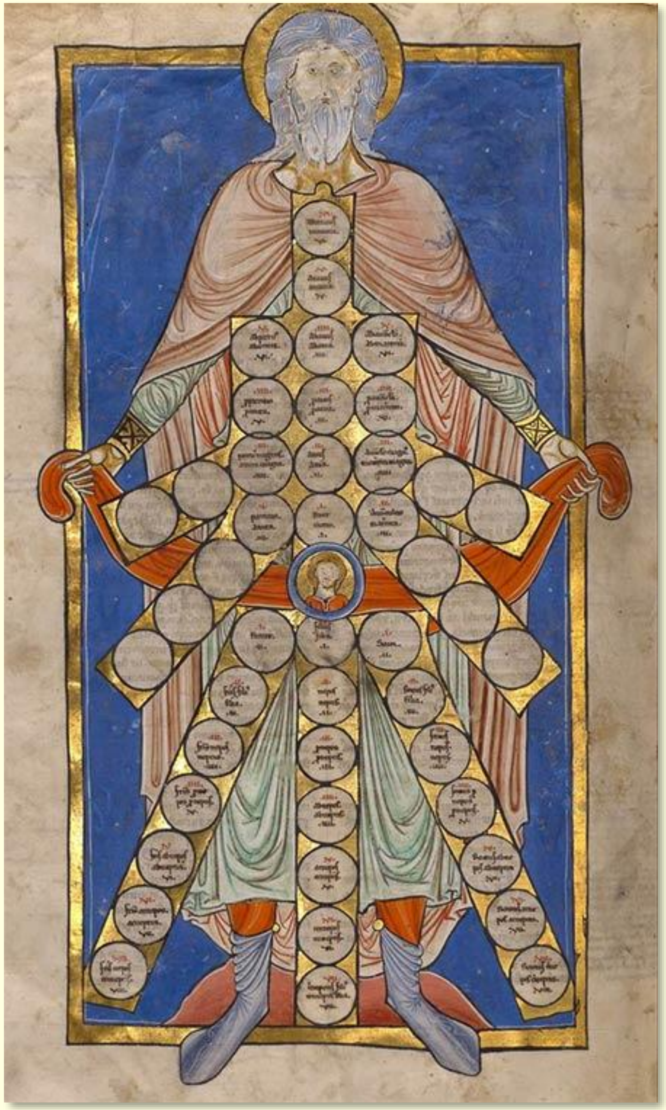
In der ersten aufsteigenden Abstufung stehen der Vater und die Mutter, in der absteigenden Sohn und Tochter. In zweiter aufsteigender Abstufung stehen Grossvater and Grossmutter, in der absteigenden Enkel und Enkelin, von der Seite Bruder und Schwester.

In der dritten aufsteigenden Abstufung stehen Grossgrossvater und Grossgrossmutter, in der absteigenden Grossenkel und Grossenkelin, von der Seite des Bruders und der Schwester Sohn und Tochter, und folglich des Vaters Bruder und Schwester und der Mutter Bruder und Schwester.

In vierter aufsteigender Abstufung stehen Urgrossvater und Urgrossmutter, in absteigende Grossgrossenkel and Grossgrossenkelin, von der Seite des Bruders und der Schwester Enkel und Enkelin, und folglich Grossvatersbruder und Grossvatersschwester, d.h. der Bruder und die Schwester des Grossvaters, Grossmutterbruder und Grossmutterschwester, d.h. der Bruder und die Schwester der Grossmutter, desgleichen die Brüdersöhne und Brüdertöchter, d.h. diejenigen beiderlei Geschlechts, welche von zwei Brüdern erzeugt worden sind, ferner die Schwestersöhne und Schwestertöchter, d.h. diejenigen beiderlei Geschlechts, die von zwei Schwestern geboren worden, gleichsam Verschwisterte, endlich die Geschwisterkinder beiderlei Geschlechts, d.h. die von einem Bruder und einer Schwester abstammen; alle diese nennt man im gemeinen Leben gewöhnlich Geschwisterkinder.

Wenn es sich um die natürliche Verwandtschaft handelt, so wird, was unser Recht betrifft, niemand leicht die siebente Abstufung überleben, indem über diese die Natur der Dinge das Leben verwandter Personen nicht fortdauern lässt.

► Arbor consanguinitatis im Decretum Gratiani



Gratian, offenbar ein Rechtsgelehrter und Mönch, über den aber recht wenig bekannt ist, sammelte um 1140 in Bologna das verstreute kirchliche Rechtsmaterial und systematisierte und harmonisierte es – diese Sammlung wurde später Decretum Gratiani genannt. Sie bildete die wichtigste mittelalterliche Sammlung des kirchlichen Rechts und hat sich sowohl in der Praxis der kirchlichen Rechtsprechung als auch als Grundlagenwerk an den Universitäten durchgesetzt. Das Decretum Gratiani beeinflusste auch das (weiter oben erwähnte) Ius Commune, das die europäische Rechtsgeschichte langfristig prägte.

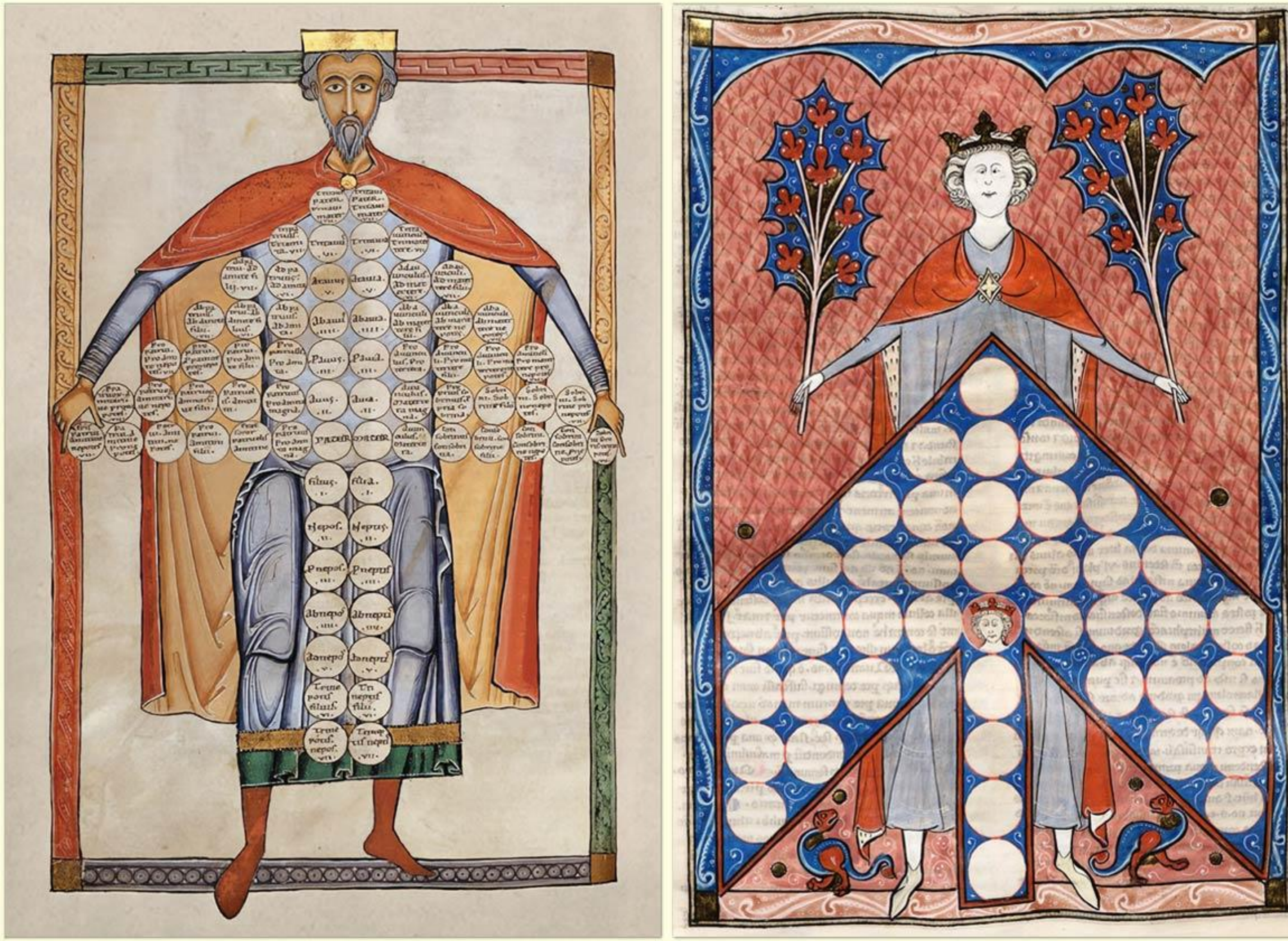
Das Eherecht nimmt im Decretum Gratiani besonders viel Raum ein, dazu gehören auch umfangreiche Inzestverbote und Regelungen zum Vorgehen bei verbotswidrig geschlossenen Ehen. Grundregel dabei war, dass Verwandte bis zum siebten Grad nicht heiraten dürfen und dass die angeheiratete Verwandtschaft bezüglich der Regeln dauerhaft wie die eigene Verwandtschaft zu betrachten sei, was z.B. bei einer erneuten Ehe nach dem Tod eines Ehepartners eine Rolle spielte.

In der Zeit vor der Erfindung des Buchdrucks wurden einige Abschriften der umfangreichen Sammlung angefertigt, diese wurden oft kunstvoll illustriert („illuminiert“). Hier aus einem Manuskript von ca. 1170 (heute im J. Paul Getty Museum) eine Illustration des arbor consanguinitatis, der oft von einem respektgebietenden Herrscher, der einem ins Auge blickt, präsentiert wird. Typi-

► Stammbäume in mittelalterlichen Manuskripten

scherweise gehört dazu dann eine komplementäre Illustration („arbor affinitatis“, der Baum der Verschwägerung), welche diejenigen Verwandten aufführt, die bzgl. einer evtl. Wiederheirat tabu sind.

Stammbäume nahmen im Mittelalter oft eine Pfeilform an, im Zentrum befand sich das Porträt des Herrschers. Dabei wurden die Baumknoten eher als Elemente einer Tabelle verstanden (vgl. auch die Abb. auf der nächsten slide), und die Verwandtschaftsbeziehung ergab sich aus der relativen Lage zueinander – Baumkanten wurden bei dieser Darstellung nicht verwendet.

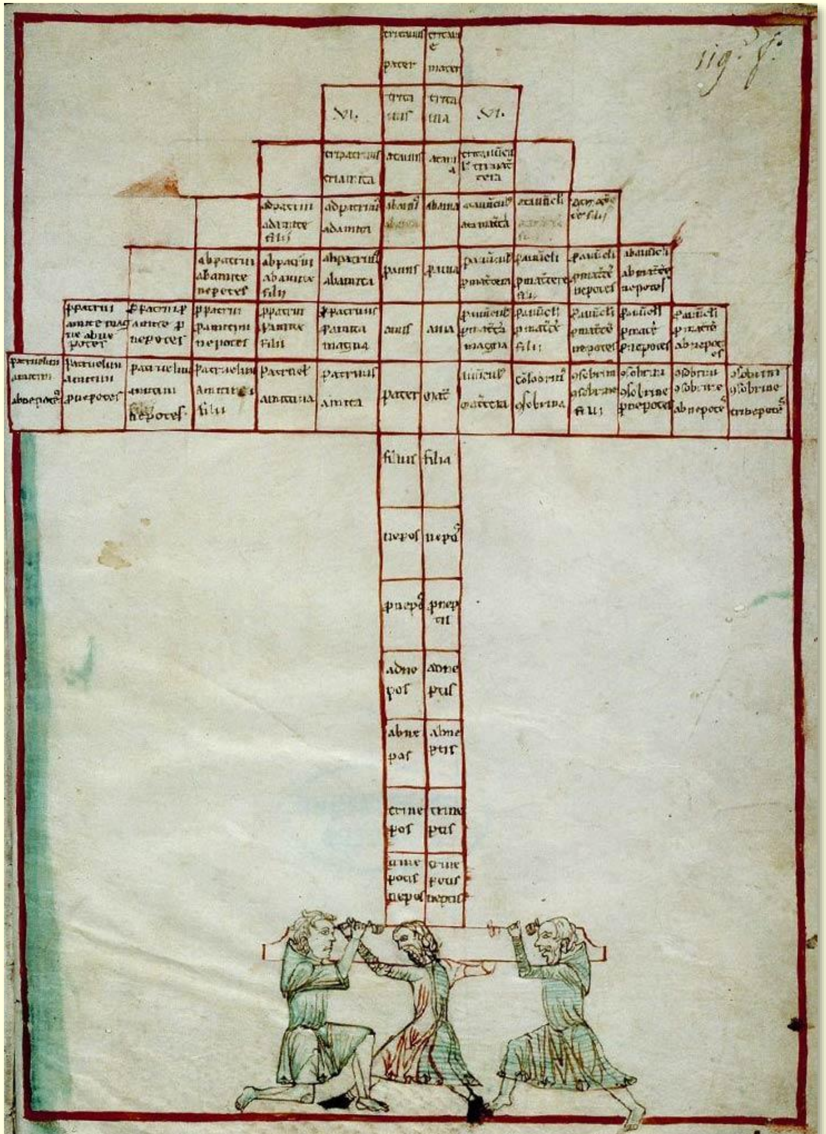


https://austria-forum.org/af/Bilder_und_Videos/Historische_Bilder_IMAGNO/Admont/00434267

www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb00105795?page=642,643

Links: Stifts-Bibliothek Admont (Österreich), Cod. 35, fol. 296v (13. Jh.). *Rechts:* Henricus de Segusia (ca. 1200 – 1271), Summa aurea. Bayer. Staatsbibliothek, Codices latini monacenses 28160, fol. 320r (Paris, 13. Jh.).

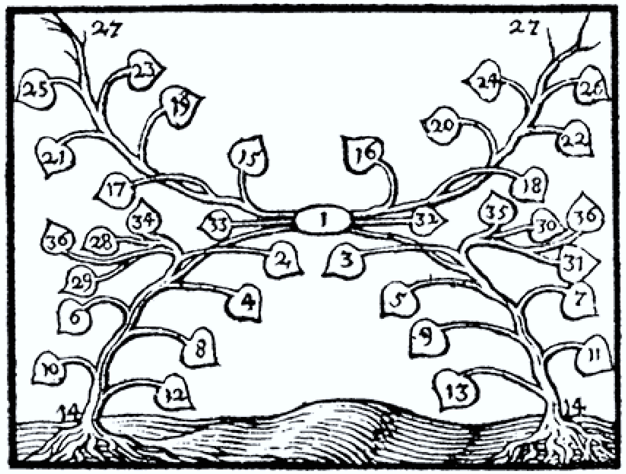
► Stammbaum mit mittelalterlichem Graffito?



Mit der Verwandtschaft wird einem manchmal doch ein gewichtiges Kreuz auferlegt, man hat schwer an ihr zu tragen und darf nicht aus der Balance kommen – oder wie sonst soll man diese Darstellung interpretieren? (Vermutlich wurden die drei Männer aber erst später einmal hinzugemalt!)

Manuskript der „Historia Scholastica“ aus dem 12. oder 13. Jh., ehemals im Besitz der Abtei Saint-Aubin d‘Angers (Frankreich). Allerdings scheinen einige damit nicht zusammenhängende Seiten über den arbor consanguinitatis in den Codex bzw. das Konvolut hineingeraten zu sein. (Die Historia Scholastica von Petrus Comestor (ca. 1100 – 1179) ist ein eng an die Bibel angelehntes Lehrbuch der Weltgeschichte, das weite Verbreitung fand (über 800 Manuskripte sind bekannt) und der Ausbildung des Klerus diente. Bereits 1248 gab es eine deutsche Übersetzung; Druckausgaben erschienen ab ca. 1470.)

► Sippschaftsbaum



Arbor Consangui- nitatis.

Der Sipschafft-Baum.

Hominem 1 (gunt, Consanguinitate attin- in Lineâ Ascendenti, Pater (Vitricus) 2 & Mater (Noverca) 3

Avus 4
& Avia, 5
Proavus 6
& Proavia, 7
Abavus 8
& Abavia, 9
Atavus 10
& Atavia, 11

Dē Menschē 1 (wandt/ sind mit Sipschaft ver- in d' aufsteigenden Linie/ der Vater (Stifvater) 2 und die Mutter (Stif- [mutter) 3

d' Großvater (Anherr) 4
uñ die Großmutter (An- [frau) 5
d' Eltervater 6
und die Altmutter / 7
der Voreltervater 8
und die Voraltmutter / 9
der Großeltervater 10
u. die Großaltmutter / 11

Tritavus

Die Bezeichnung von Verwandten war regional und im Verlaufe der Zeit nie ganz einheitlich und ist für Fremdsprachler, die eine etwas andere Systematik gewohnt sind, manchmal verwirrend. Das Schwedische differenziert z.B. zwischen *farbror* und *morbror* für den deutschen „Onkel“ (die beiden Grossmütter heissen dort *mormor* und *farmor*, die beiden Grossväter entsprechend *morfar* und *farfar*). Und im Chinesischen wird noch stärker differenziert; z.B. heisst der Ehemann der jüngeren Schwester anders (妹婿, *mèi xù*) als der Ehemann der älteren Schwester (姐夫, *jiě fu*).

Und im Deutschen war früher beispielsweise gebräuchlich *Muhme* = Schwester der Mutter, *Schnur* (Plural: *Schnuren*) = Sohnesfrau = „Schwiegertochter“, *Eidam* = „Schwiegersohn“, *Oheim* = „Onkel mütterlicherseits“ oder *Base* = „Vatersschwester“ (dann auch „Mutterschwester“, später nur noch „Cousine“, zuletzt aber zusätzlich auch weiter entfernte weibliche Verwandte).

Es besteht also Klärungsbedarf. Der grosse Philosoph und Pädagoge Comenius belehrt uns dazu 1658 in seinem innovativen Werk „Orbis sensualium pictus“ („Die sichtbare Welt in Bildern“), einer illustrierten, zweisprachigen Enzyklopädie für Kinder. Das Bild dazu hat der Holzschneider Paul Kreutzberger allerdings in einer etwas eigenwilligen visuellen Semantik ausgeführt – beispielsweise zweigt (1) vom Hauptstamm früher ab als die zugehörigen Eltern (2) und (3).

Verbesserte Neuauflage von 1760

Arbor Consanguinitatis. — Der Sippschafft- oder Verwandschafts-Baum.

Hominem 1 attingunt *consanguinitate*, in *linea ascendente*,	Dem Menschen 1 sind verwandt mit Sippschafft, in der aufsteigenden Linie,	Homo, m. 3. der Mensch. Consanguinitas, f. 3. der Sippschafft. Linea, f. 1. ascendens, o. 3. die aufsteigende Linie.
pater, m. 3. *vitricus*, 2 & *mater*, f. 3. *noverca*, 3	der Vater, Stiefvater, 2 und die Mutter, Stiefmutter, 3	
avus, 4 m. 2. & *avia*, 5 f. 1.	Groß-Vater, Anherr, 4 und die Großmutter, Anfrau, 5	
proavus, 6 m. 2. & *proavia*, 7 f. 1. *abavus*, 8 m. 2. & *abavia*, 9 f. 1. *atavus*, 10 m. 2. & *atavia*, 11 f. 1.	der Eltervater, 6 und die Altmutter, 7 der Vorelternvater, 8 und die Voraltmutter, 9 der Großeltervater, 10 und die Großaltmutter, 11	

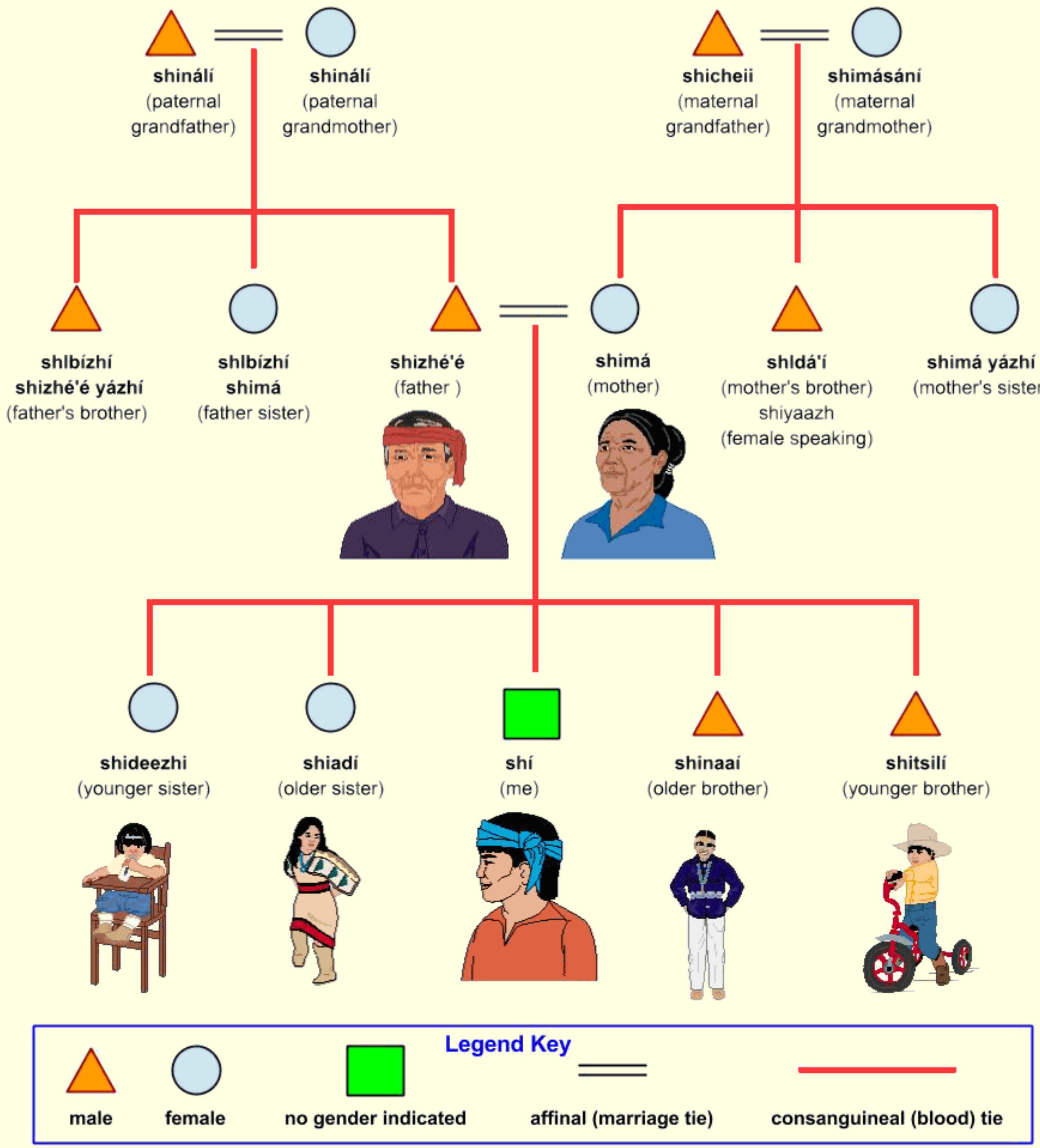
1760, 90 Jahre nach dem Tod des Verfassers Comenius, erschien in Nürnberg eine überarbeitete Neuauflage des Bestsellers. Herausgegeben hat sie Carl Coutelle, ein in Nürnberg tätiger Sprachlehrer. Einige wenige Inhalte wurden modernisiert; es wurde vor allem die Orthographie entsprechend den neuesten Gewohnheiten angepasst. Aber offenbar wurden auch die Abbildungen neu hergestellt: Der Sippschaftsbaum (er heisst jetzt auch „Verwandschaftsbaum“) wurde insofern verbessert, als dass nun Elternknoten nicht mehr vor ihren Kinderknoten abzweigen. Weiterhin gibt es aber keine markierten inneren Knoten, sondern nur markierte Blätter.

Invitatio. — Einleitung.

M. Veni, Puer! disce Sapere.	L. Komm her/ Knab! lerne Weißheit.
P. Quid hoc est, *Sapere?*	S. Was ist das/ Weißheit?
M. Omnia, quæ *necessaria*, rectè *intelligere*, rectè *agere*, rectè *eloqui*.	L. Alles/ was nöhtig ist/ recht verstehen/ recht thun/ recht ausreden.
P. Quis me hoc docebit?	S. Wer wird mich das lehren?
M. Ego, cum DEO.	L. Ich/ mit GOtt.

Der Orbis sensualium pictus war ein in Europa vom 17. bis zum 19. Jahrhundert weit verbreitetes mehrsprachiges Jugend- und Schulbuch. Ziel war es, den Kindern „alle Dinge der Welt“ vor Augen zu führen und zu benennen. „Die einzelnen Artikel bewegen sich in einem Zyklus über den gesamten Kosmos, von Gott und der Welt, Himmel und Erde, über die Elemente, Pflanzen und Tiere hin zu den Menschen. Deren Handwerke und Berufe, Künste und Wissenschaften, Tugenden und Laster werden ebenso thematisiert wie Spiele, Politik, Kriege, Religionen und Strafen“ [Wikipedia]. Das Buch ist in 20 Sprachen übersetzt worden und erfuhr im Laufe der Zeit weltweit beinahe 200 verschiedene Ausgaben.

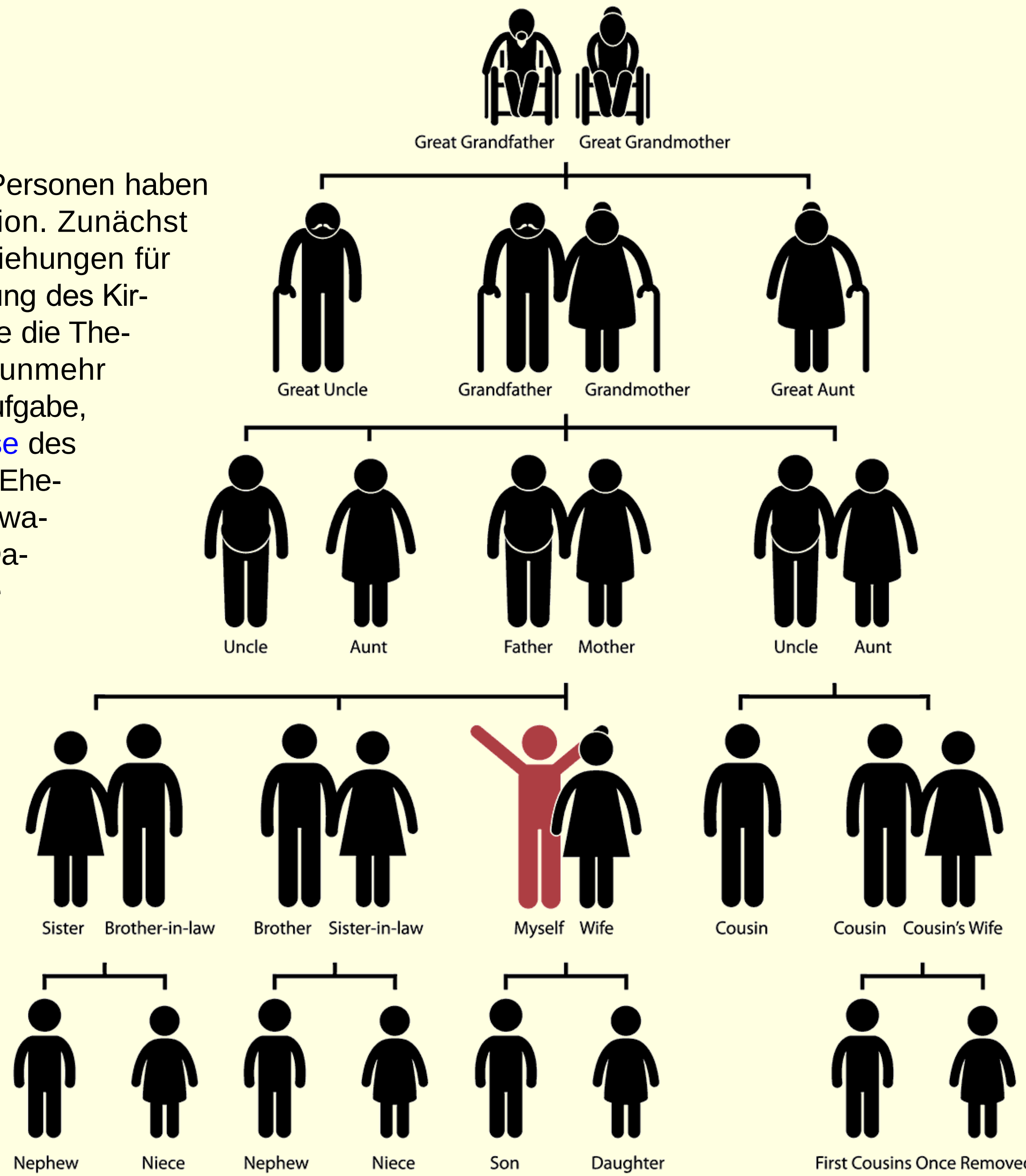
Verwandtschafts-bezeichnungen bei den Navajos



http://navajopeople.org/blog/ke-dine-navajo-kinship-system/

Ein modern ikonisierter Sippschaftsbaum

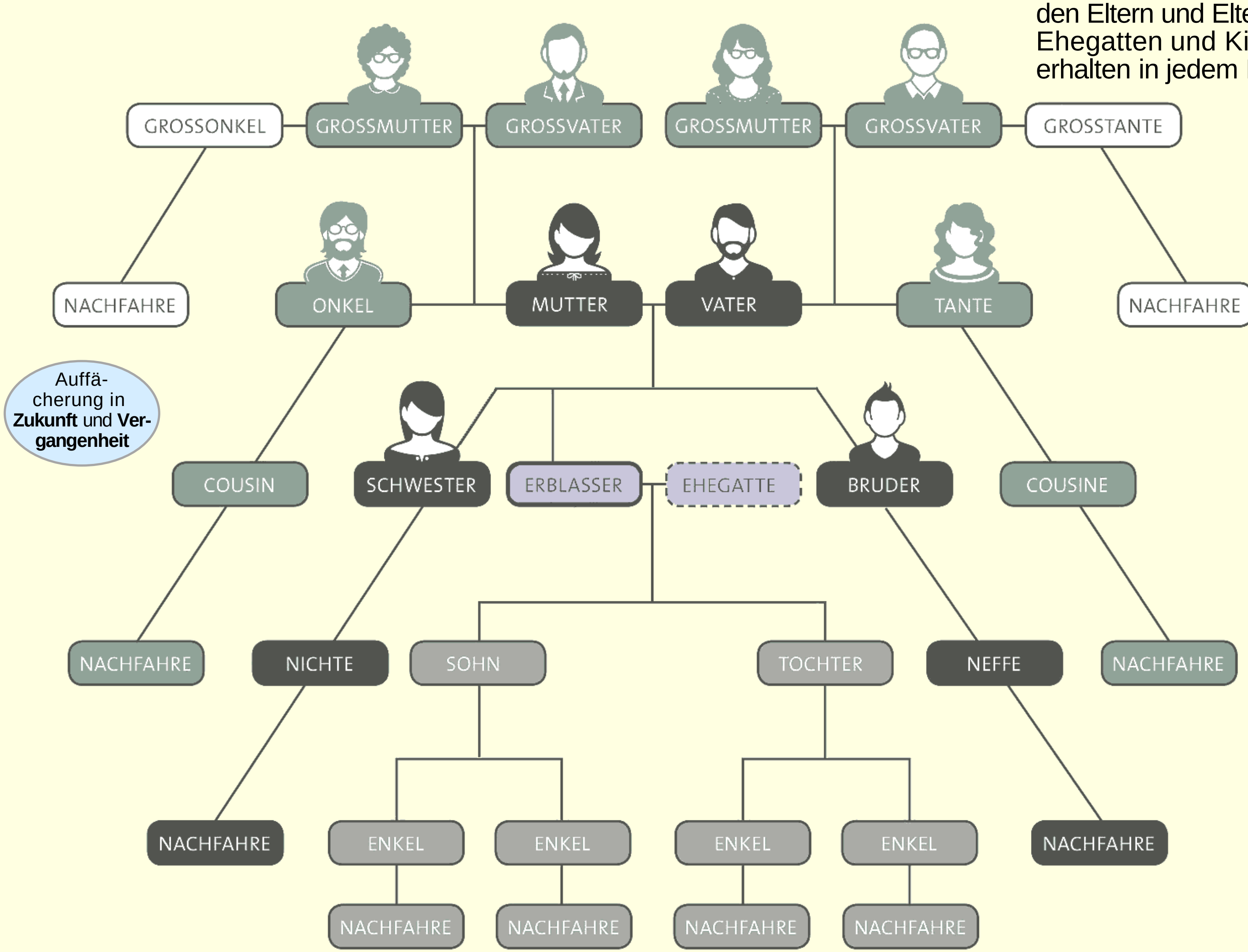
Verwandtschaftsbäume zu konkreten Personen haben in der Jurisprudenz eine lange Tradition. Zunächst ging es dabei um Verwandtschaftsbeziehungen für erbrechtliche Zwecke. „Mit der Etablierung des Kirchenrechts im Hochmittelalter wechselte die Thematik vom Erbrecht zum Eherecht. Nunmehr übernahmen Baumdarstellungen die Aufgabe, die verwandtschaftlichen Ehehindernisse des Kirchenrechts anschaulich zu machen. Eheschliessungen zwischen Verwandten waren bis zum sechsten Glied verboten. Daher zeigt der arbor consanguinitatis die Verwandtschaftsgrade für jeweils vier Generationen in aufsteigender und in absteigender Linie sowie die seitlichen Verwandten bis hin zu den Nachkommen desselben Urgrossvaters.“ [Klaus F. Röhl: Bausteine für das Projekt „Visuelle Rechtskommunikation“, Bochum, 2003]



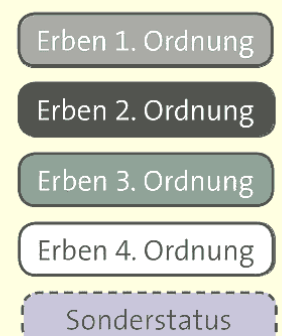
http://clipart-library.com/img1/1471986.jpg

► Erbfolge

Das Erbrecht ist in Deutschland und der Schweiz (und vielen anderen europäischen Ländern) ähnlich: Wenn kein Testament vorliegt, sind nähere Verwandte vor entfernten Verwandten erbberechtigt, Kinder vor den Eltern und Eltern vor den Geschwistern. Ehegatten und Kinder, sofern vorhanden, erhalten in jedem Fall einen Pflichtanteil.



Das Bild zeigt das Prinzip der sogen. Parentelenordnung konkret für Deutschland (eine Parentel wird hier mit „Ordnung“ bezeichnet): Verwandte in der n+1-ten Ordnung erben nur, wenn es keine Erben der n-ten Ordnung gibt. Prinzipiell erben innerhalb der n-ten Ordnung (n >1) die entsprechenden Vorfahren des Verstorbenen – deren (rekursive) Nachkommen nur dann, wenn die Vorfahren bereits verstorben sind.

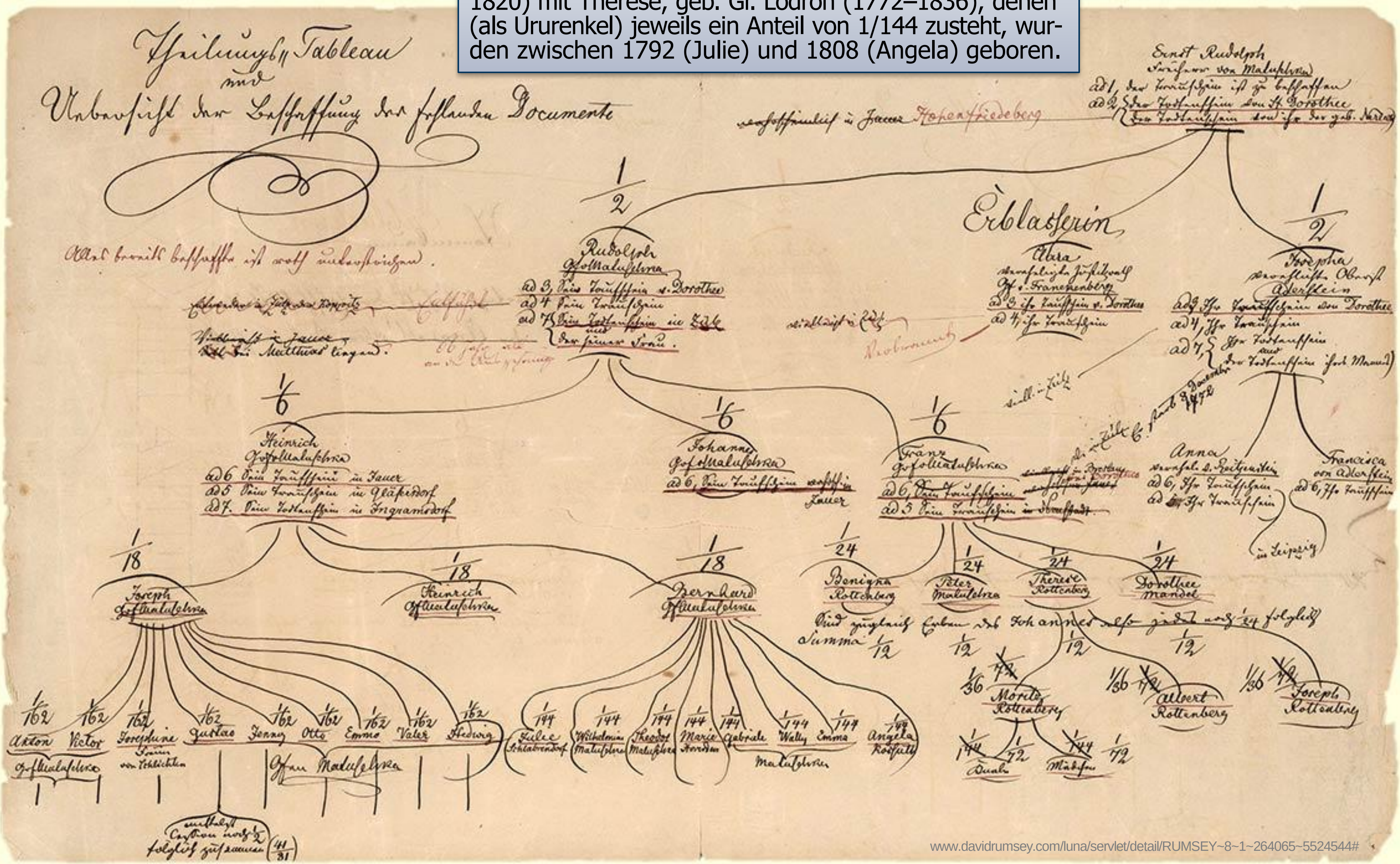


Die Anzahl der Ordnungen ist theoretisch unbegrenzt. (BGB § 1929)

► Erbschein

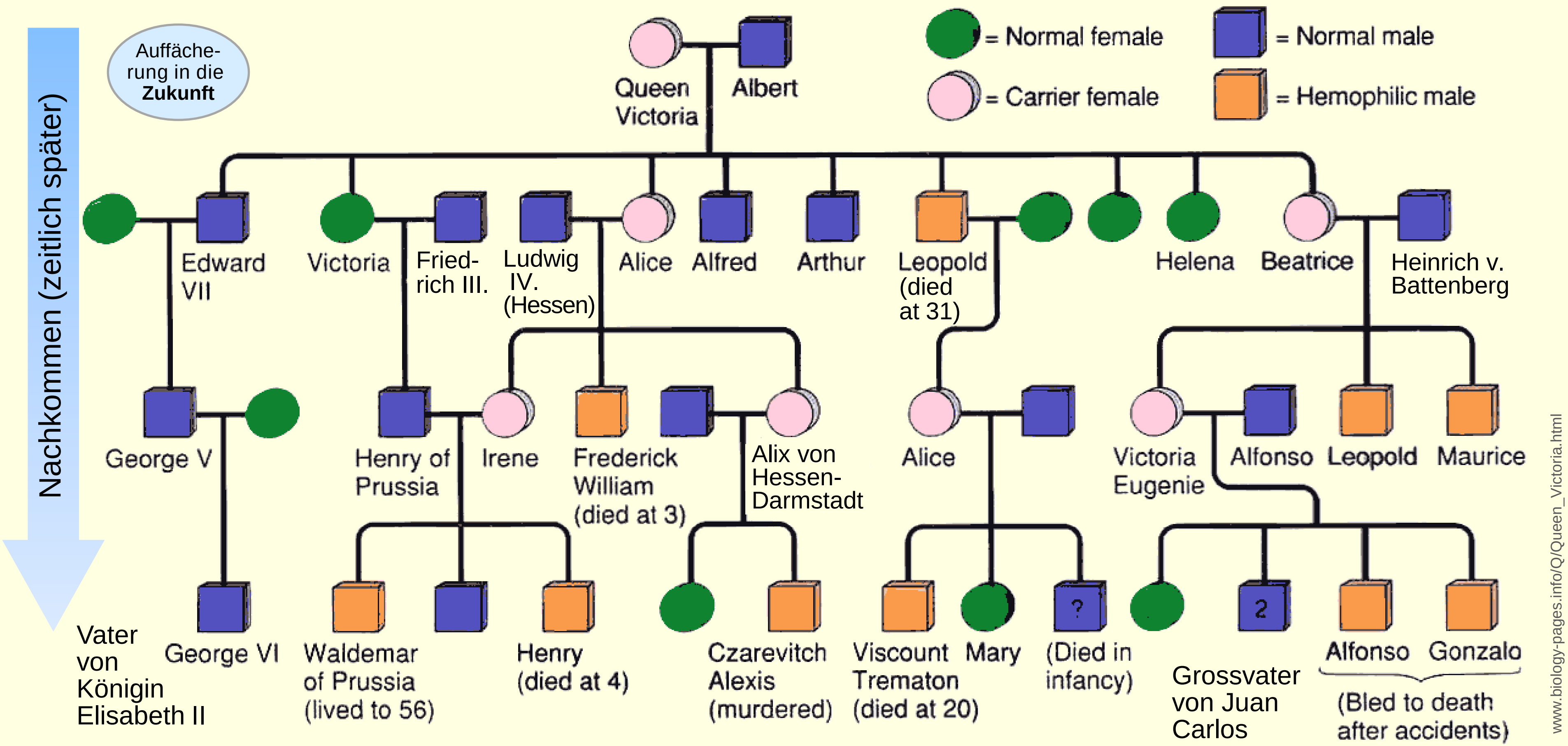
Erbanteile des Freiherrn Ernst Rudolph von Matuschka (1669–1725). Ein Enkel war der Botaniker Heinrich Gottfried v. Mattuschka (1734–1779). Zur zeitl. Einordnung: Die acht Kinder von Graf Bernhard von Matuschka (1768–1820) mit Therese, geb. Gr. Lodron (1772–1836), denen (als Ururenkel) jeweils ein Anteil von 1/144 zusteht, wurden zwischen 1792 (Julie) und 1808 (Angela) geboren.

Auffächerung in die **Zukunft**



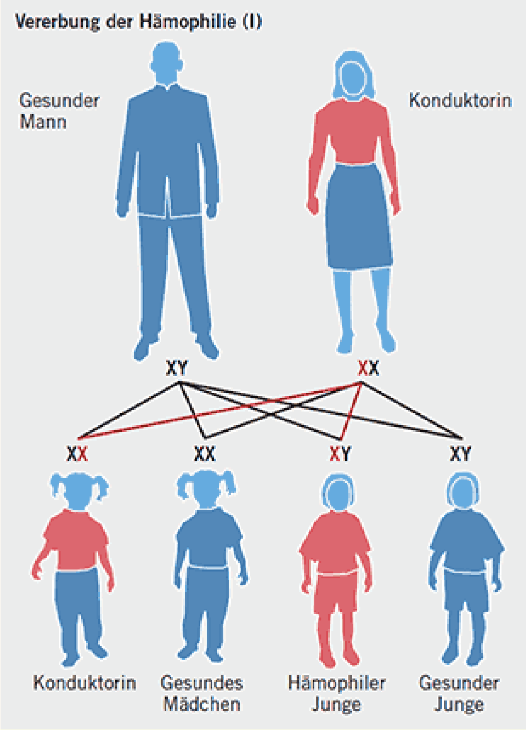
www.davidrumsey.com/luna/servlet/detail/RUMSEY~8~1~264065~5524544#

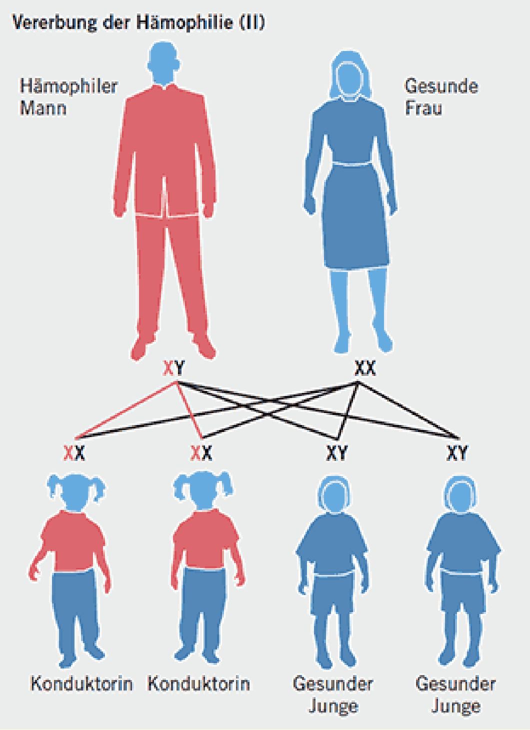
► Vererbung von Hämophilie



Vererbung der Bluterkrankheit bei den Nachkommen von Königin Victoria (1819–1901). DNA-Sequenzen, die den sterblichen Überresten der 1918 von Bolschewiki ermordeten russischen Zarenfamilie entnommen wurden, zeigen, dass eine A-G-Punktmutation auf Intron d beim Faktor IX-Gen vorlag; es handelte sich also um Hämophilie B. Das Faktor-IX-Gen kodiert 461 Aminosäuren. Faktor IX ist ein Proenzym mit Molekulargewicht 57000 und wird in der Leber synthetisiert.

Menschen, die an Hämophilie leiden, fehlt ein Blutgerinnungsfaktor; bei den Betroffenen gerinnt das Blut aus Wunden nicht oder nur sehr langsam. Auch spontan und ohne Verletzung können unstillbare Blutungen auftreten. Hämophilie B betrifft ca. einen von 30000 männlichen Neugeborenen (Hämophilie A, mit den gleichen Symptomen, aber einer anderen Ursache in den Genen, einen von ca. 10000); Anfang des 20. Jahrhunderts betrug die durchschnittliche Lebenserwartung eines Einjährigen nur 40 Jahre. Die erste dokumentierte Erwähnung der Hämophilie reicht weit zurück; im Talmud von Rabbi Judah ha-Nasi (2. Jh.) heisst es: „Wenn sie ihren ersten Sohn beschneidet und er stirbt und ein zweiter stirbt, dann muss ihr dritter Sohn nicht beschnitten werden.“ Das Beschneidungsverbot galt auch für die Neffen und Enkel.



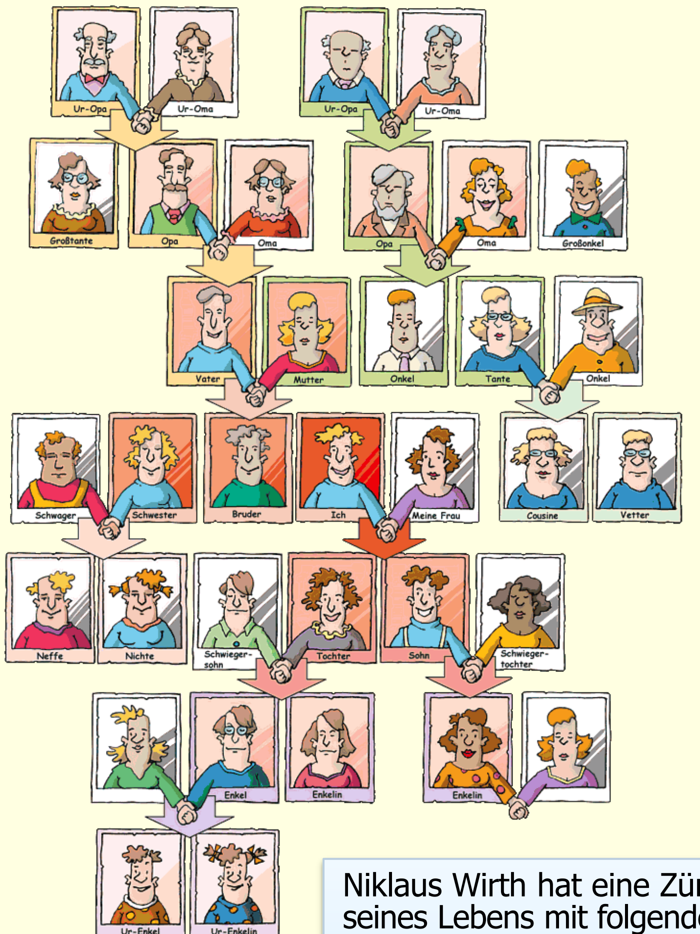


Die rezessiv vererbte Krankheit ist mit einem Defekt auf dem X-Chromosom verbunden; es erkranken aber in der Regel nur Männer. Für den Erbgang ist entscheidend, ob der Vater oder die Mutter das defekte Gen auf dem X-Chromosom trägt. Ist die Mutter die Trägerin, so bildet sich die Krankheit nur bei Söhnen aus, und auch nur dann, wenn diese das defekte X-Chromosom der Mutter erben. Wird die Krankheit dagegen vom Vater vererbt, sind die Söhne gesund, weil sie in jedem Fall das X-Chromosom der Mutter erhalten. Dagegen erben die Töchter das Hämophilie-Gen des Vaters, erkranken aber nicht, weil sie den Defekt durch das gesunde X-Chromosom der Mutter kompensieren können. Sie können aber als Konduktorinnen das defekte Gen an ihre Kinder weitergeben.

Quelle Bilder und Text: Forschung Frankfurt 1/2010, S. 54-60

► Komplexe Familienbäume

www.hanisauland.de/wissen/lexikon/grosses-lexikon/f/familie.html



Beziehungen werden diverser: Die Schwiegertochter mit Migrationshintergrund, Neffe und Nichte als Punk, die Enkelin verbunden mit einer Frau… Gleichzeitig werden durch Patchwork-, Regenbogen- und Adoptivfamilien sowie durch verschiedenartige Wahlverwandtschaften die Relationen, die eine Familie ausmachen und graphisch dargestellt sein wollen, vielfältiger und zahlreicher – eine normale Baumstruktur ist einfach zu schlicht, um dies gut modellieren zu können.

Rechts: Aus dem Titelbild des Sachbilderbuchs „Alles Familie!“ der Autorin Alexandra Maxeiner und Illustratorin Anke Kuhl. Links: Von der Website „Hanisauland“ für Kinder im Alter von 8 bis 14 der deutschen Bundeszentrale für politische Bildung.

https://berlinmitkind.de/wp-content/uploads/2018/12/Alles-Familie_Cover-c-Klett-Kinderbuch-Anke-Kuhl-849x1042.jpg

Niklaus Wirth hat eine Zürcher Zeitungsmeldung von 1922 aufgetan. Ein Mann beschrieb darin die Tragik seines Lebens mit folgenden Worten: „Ich verheiratete mich mit einer Witwe, die eine erwachsene Tochter hatte. Mein Vater, der uns oft besuchte, verliebte sich in meine Stieftochter und heiratete sie; dadurch wurde mein Vater mein Schwiegersohn und meine Stieftochter meine Mutter. Einige Zeit darauf schenkte mir meine Frau einen Sohn, welcher der Schwager meines Vaters und mein Onkel wurde. Die Frau meines Vaters, meine Stieftochter, bekam auch einen Sohn. Dadurch erhielt ich einen Bruder und gleichzeitig einen Enkel. Meine Frau ist meine Grossmutter, da sie ja die Mutter meiner Mutter ist. Ich bin also der Mann meiner Frau und gleichzeitig der Stiefenkel meiner Frau; mit anderen Worten, ich bin mein eigener Grossvater.“

► Das Ende des Familienstammbaums

Am 29.06.2019 veröffentlichte in der NZZ am Sonntag der Journalist und Historiker Urs Hafner ein Essay „Stammbaum heute: Von den Adeligen zu den Affen". Einige kurze Auszüge daraus:

„Die Familienforschung stösst in weitgefächerte Verwandtschaften und mobile Völkergeschichten vor. Sie verortet den Einzelnen in einem ins Unendliche wachsenden Gefüge, wobei das 16. Jahrhundert eine schwer überwindbare Schwelle bildet, weil aus der Zeit davor keine Kirchenbücher vorliegen, die Taufen und Heiraten dokumentieren. Auch rechnerisch stösst man an Grenzen: Wer heute lebt, müsste um das Jahr 1000, etwa 40 Generationen zurückgerechnet, Milliarden von Vorfahrinnen und Vorfahren gehabt haben, also weitaus mehr, als damals Menschen lebten. In der Realität hatten aber auch Verwandte Kinder miteinander, was die Zahl der echten Ahnen reduziert. Trotzdem wird diese schnell unüberschaubar.

Jetzt steht der Stammbaum also vor dem Aus. Er kann die sich wandelnden Familienformen, die er eine Weile erfolgreich ausgeblendet hat, nicht mehr bewältigen. Nur schon die Änderungen im Namensrecht sägen an seinen Wurzeln, wenn also der Mann den Namen der Frau annimmt oder die Söhne jenen der Mutter statt des Vaters. Dazu kommen Patchworkfamilien, gleichgeschlechtliche Eltern, Leihmutterschaften, Adoptionen, Transsexualität: Das alles ist für den Stammbaum viel zu viel. Weder das Blut noch der Name taugen mehr als Ordnungsprinzipien.

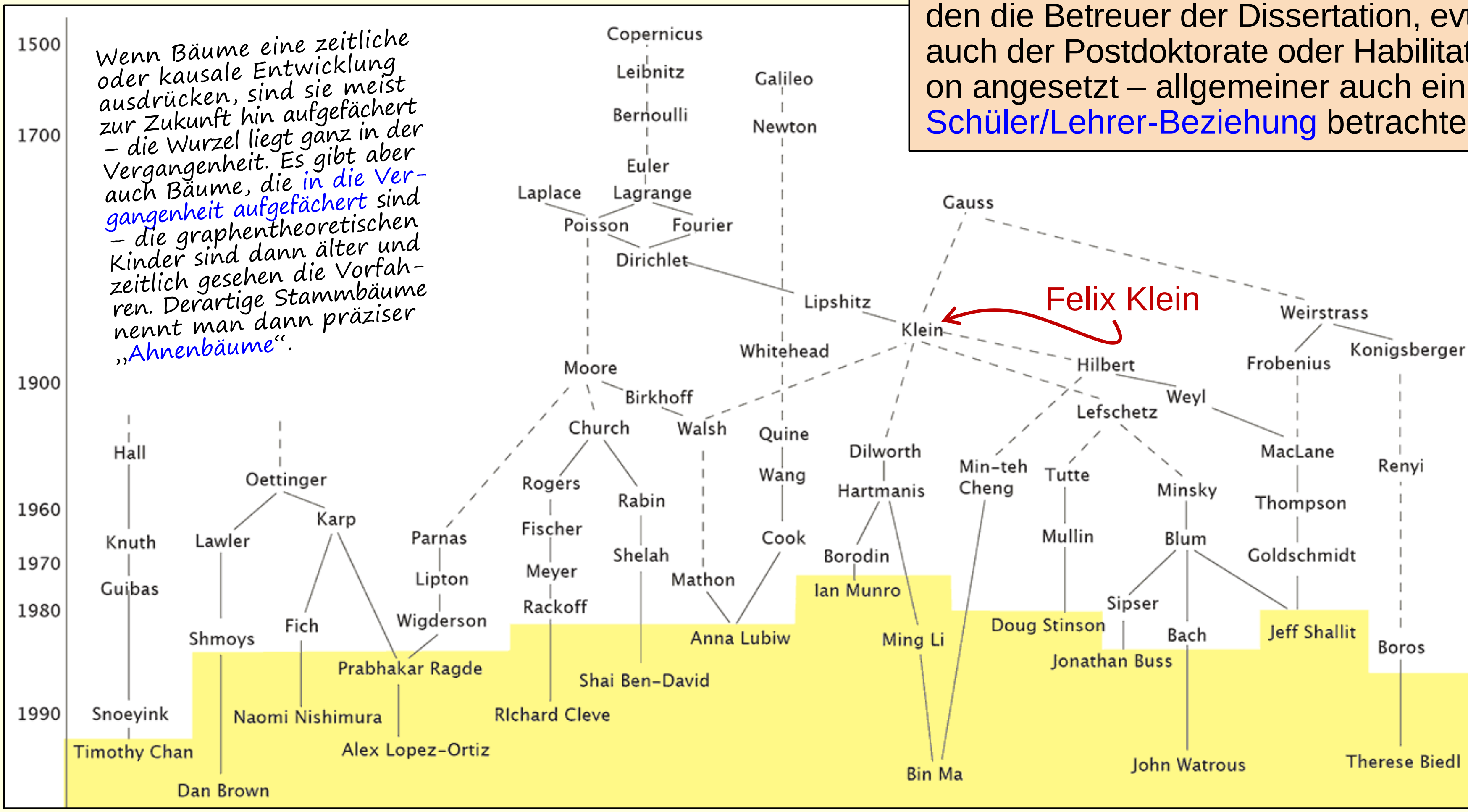
Aus dem Buch „Alles Familie!" (vgl. vorh. slide)

Auf die Dauer wird der Stammbaum die Menschen nicht überleben. Das macht sie ein bisschen freier. Konsequenterweise müssten die Genealogen von heute bei den Menschenaffen landen: Die Äffin als erste Ahnin statt des Adligen."

► Akademischer Stammbaum

Als „Eltern“ von Wissenschaftlern werden die Betreuer der Dissertation, evtl. auch der Postdoktorate oder Habilitation angesetzt – allgemeiner auch eine Schüler/Lehrer-Beziehung betrachtet.

Wenn Bäume eine zeitliche oder kausale Entwicklung ausdrücken, sind sie meist zur Zukunft hin aufgefächert – die Wurzel liegt ganz in der Vergangenheit. Es gibt aber auch Bäume, die in die Vergangenheit aufgefächert sind – die graphentheoretischen Kinder sind dann älter und zeitlich gesehen die Vorfahren. Derartige Stammbäume nennt man dann präziser „Ahnenbäume“.

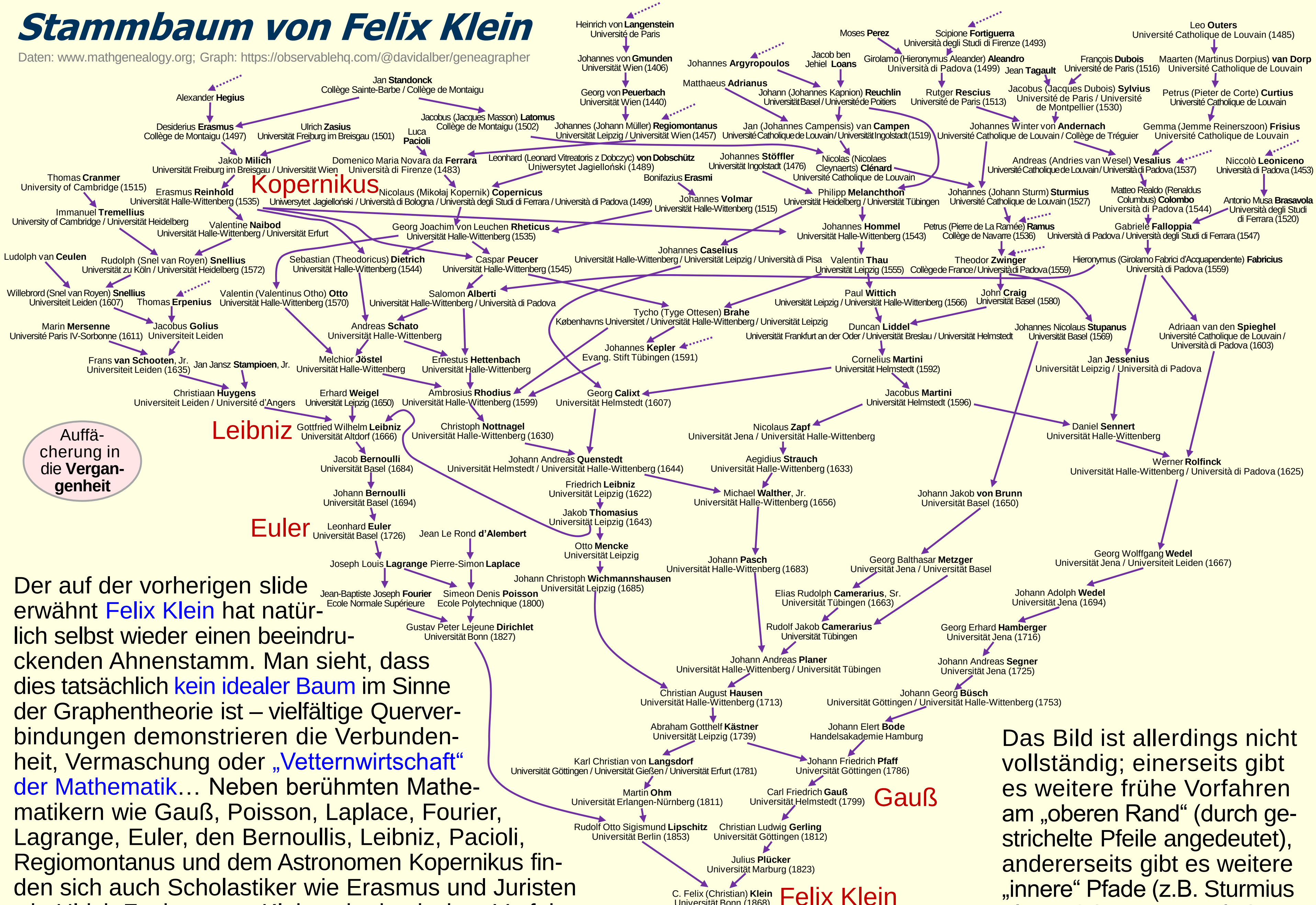


https://cs.uwaterloo.ca/~alubiw/Site/Anna_Lubiw_files/family-tree-2011.png

An der “David R. Cheriton School of Computer Science” der University of Waterloo entstand dieser Stammbaum einiger prominenter akademischer Mitglieder. Felix Klein (1849 – 1925), der Nestor der Göttinger Mathematik, zählt bei der Hälfte von ihnen zu den Ahnen – und von Kopernikus stammen sogar fast alle ab.

Stammbaum von Felix Klein

Daten: www.mathgenealogy.org; Graph: https://observablehq.com/@davidalber/geneagrapher



Der auf der vorherigen slide erwähnt Felix Klein hat natürlich selbst wieder einen beeindruckenden Ahnenstamm. Man sieht, dass dies tatsächlich kein idealer Baum im Sinne der Graphentheorie ist – vielfältige Querverbindungen demonstrieren die Verbundenheit, Vermaschung oder „Vetternwirtschaft“ der Mathematik… Neben berühmten Mathematikern wie Gauß, Poisson, Laplace, Fourier, Lagrange, Euler, den Bernoullis, Leibniz, Pacioli, Regiomontanus und dem Astronomen Kopernikus finden sich auch Scholastiker wie Erasmus und Juristen wie Ulrich Zasius unter Kleins akademischen Vorfahren.

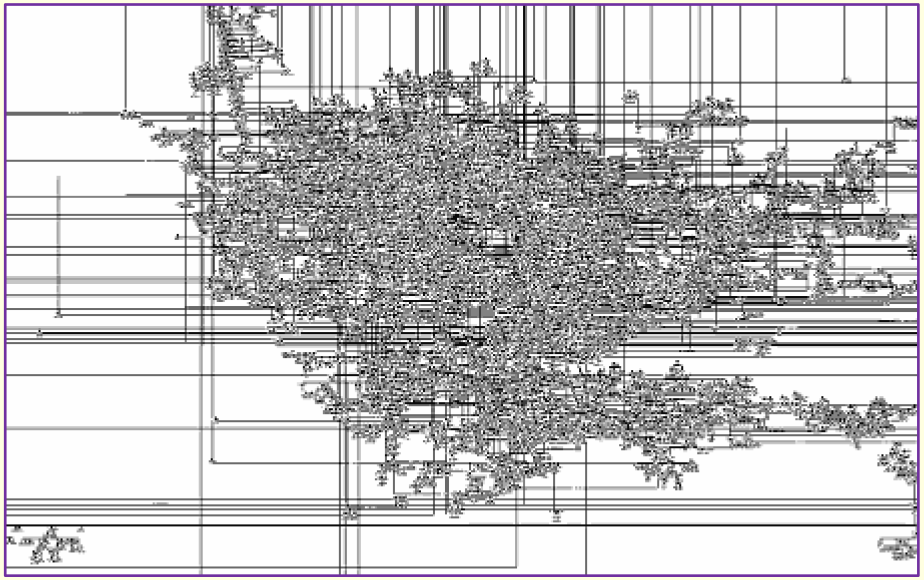
Das Bild ist allerdings nicht vollständig; einerseits gibt es weitere frühe Vorfahren am „oberen Rand“ (durch gestrichelte Pfeile angedeutet), andererseits gibt es weitere „innere“ Pfade (z.B. Sturmius als Vorfahre von Kepler).

► Stammbaum automatisch zeichnen?

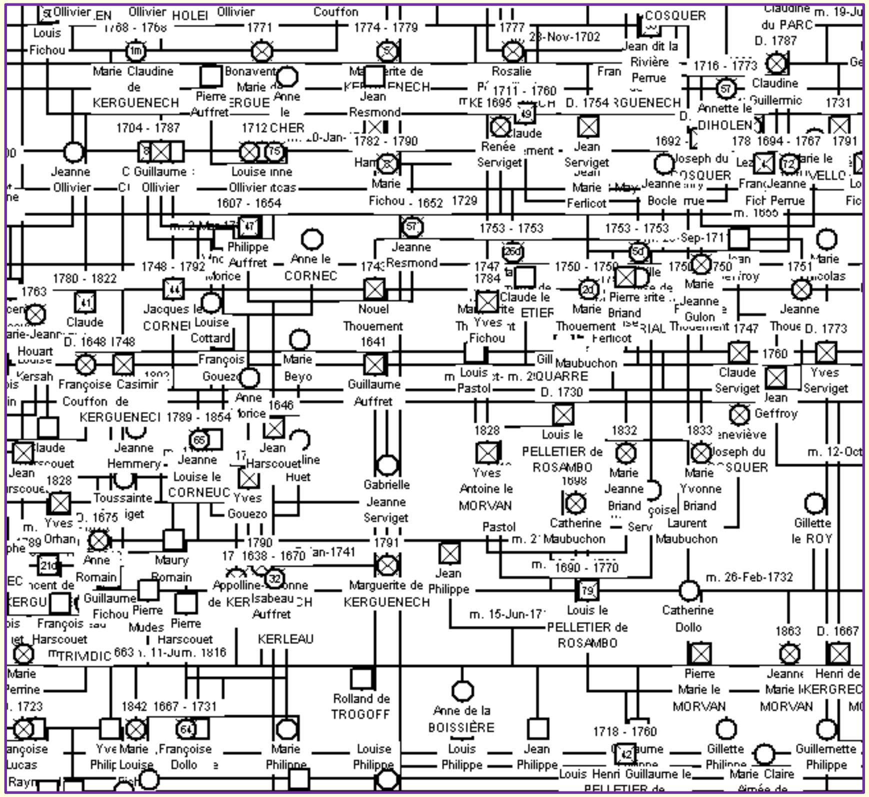
Kommerzielle Programme versprechen, Stammbäume automatisch zu zeichnen. Hier ein Forumsbeitrag dazu aus www.guide-genealogie.com/forum/threads/arbre-total.1012/

Bonjour,
J'ai importé ma généalogie dans Genopro. J'ai effectivement toutes les personnes mais voici ce que j'obtiens :

Une partie de l'arbre :



Un zoom :

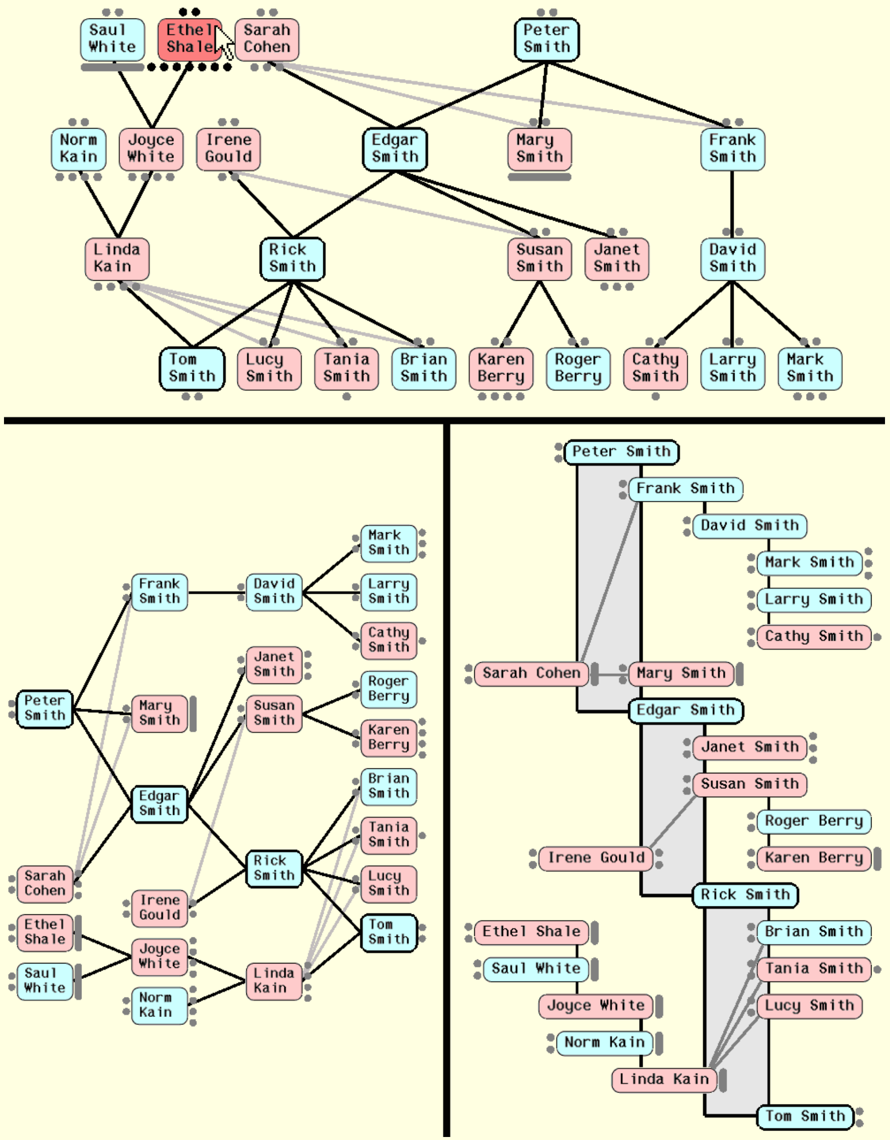


Cela va dans tous les sens, les traits se chevauchent et ce n'est pas très compréhensible. Il faut des centaines de pages pour l'imprimer. Cordialement Yann.

Bonsoir Yann,
Je ne peux pas m'empêcher de venir vous taquiner ! Que voilà un bel arbre très feuillu ! :D J'adore, ç'est de l'art !

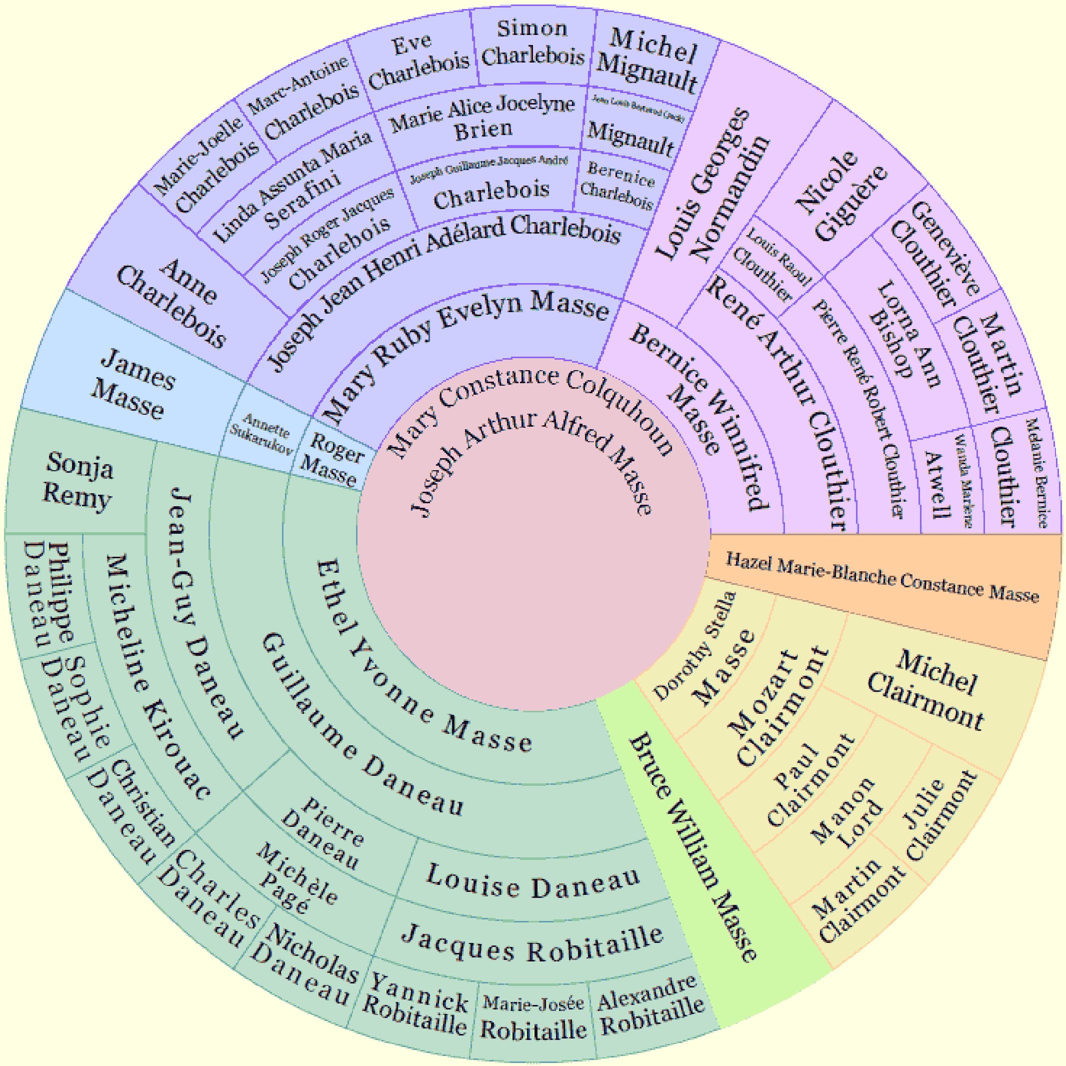
► Stammbaum interaktiv zeichnen?

Stammbäume sind notorisch schwer zu zeichnen, wenn einige „ästhetische“ Kriterien berücksichtigt werden sollen, die der Verständlichkeit und Nützlichkeit dienen – dazu gehört z.B. die Vermeidung langer Kanten oder Kantenkreuzungen, aber auch die Beibehaltung von struktureller Symmetrie oder die Anordnung aller Knoten einer Generation auf demselben Niveau. Kompromisse zwischen solchen Anforderungen sind oft nötig, und generell tendieren Stammbäume zu einer „exponentiellen Explosion“ mit der Zunahme an Generationen. Einige Systeme bieten eine Auswahl prinzipieller Darstellungsmöglichkeiten an und erlauben, bestimmte Teile interaktiv auszublenden oder zusammengefasst zu abstrahieren, um den Fokus auf bestimmte Aspekte richten zu können. Hier Beispiele dazu, bei denen ausserdem Knoten geschlechtsspezifische Farben erhalten und Kanten in unterschiedlicher Stärke ausgeführt sind.



M. J. McGuffin, Ravin Balakrishnan: Interactive visualization of genealogical graphs. IEEE Symposium on Information Visualization, 2005, 17-24.

► Stammbäume als konzentrische Ringe



Kreisdarstellungen sind wir schon weiter oben, bei den phylogenetischen Bäumen, begegnet.

Bei den Stammbäumen werden konzentrischen Ringen zur Darstellung von Generationen verwendet; Ehepartner von Kindern finden in einem benachbarten Ring weiter aussen Platz. Komplexere Verhältnisse (z.B. Querbezüge aufgrund von Ahnenverlust), die keinen reinen Baum ergeben, lassen sich allerdings nicht so einfach darstellen.

Man beachte, dass der Kreisumfang nur linear mit dem Radius wächst, die Zahl der Nachkommen hingegen eher exponentiell.

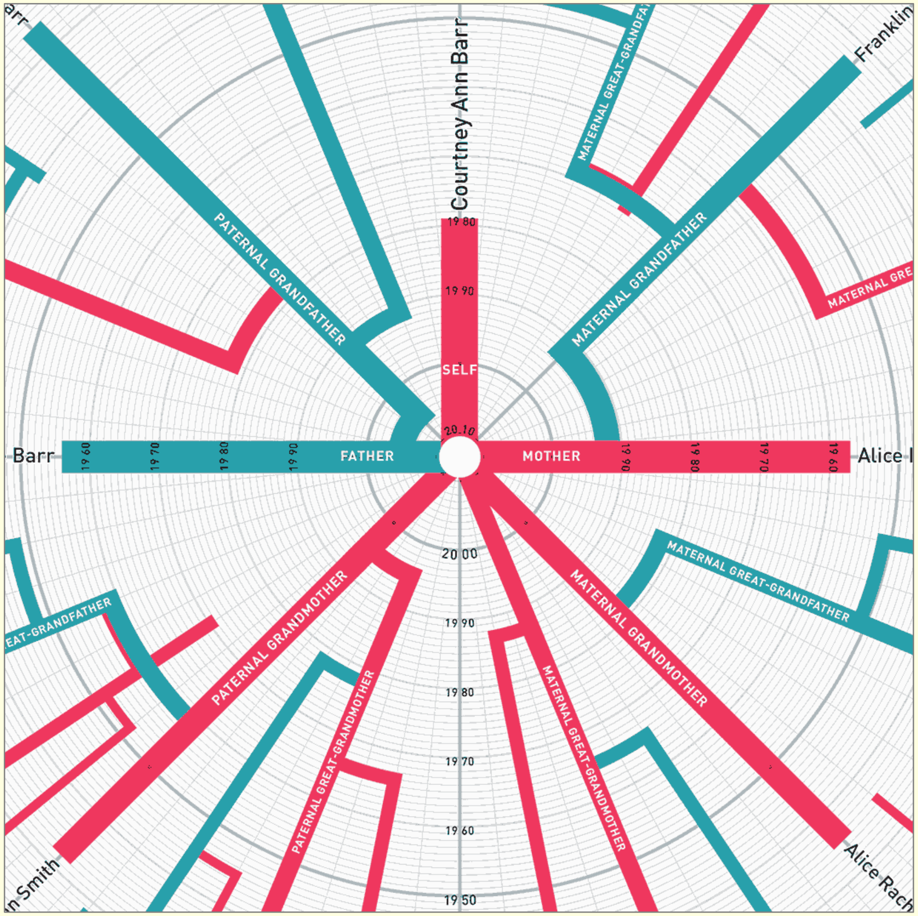
Schneidet man den Kreis entlang einer Sektorkante auf und fächert ihn halb zusammen,

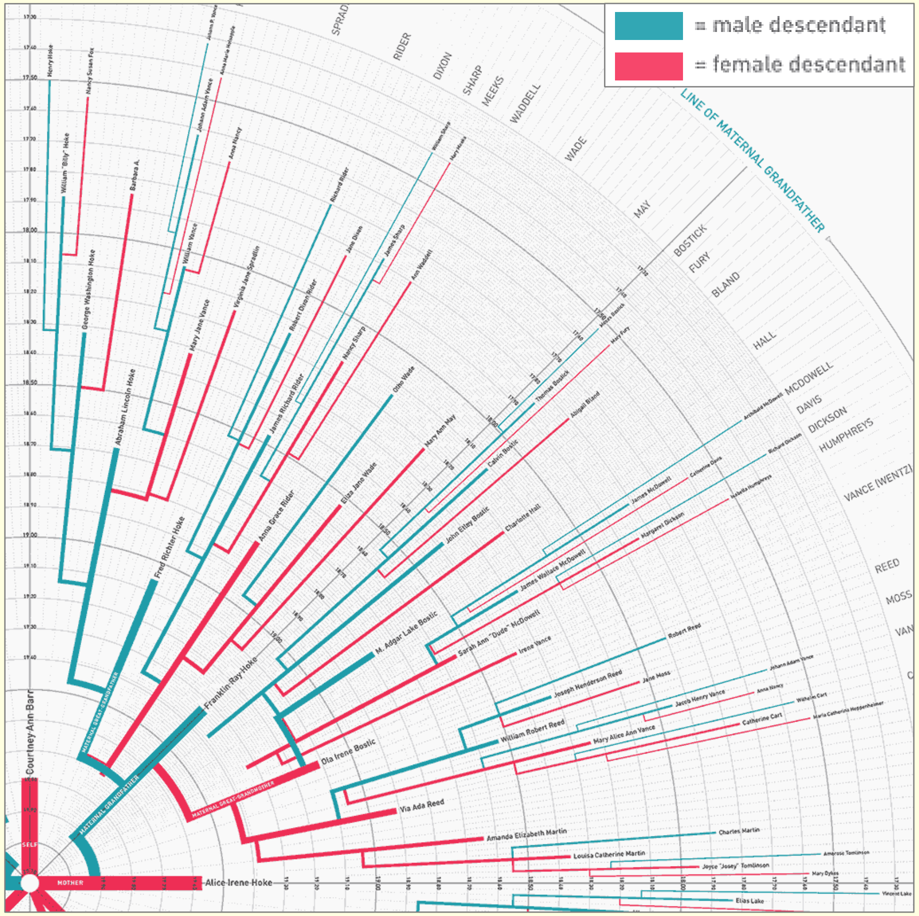
so entsteht eine ebenfalls gefällige Baumdarstellung; ein „180°-Fächer“.

Bild: https://genealogysupplies.com/img/programs/chartingcomp-fandesc.gif

► Radiale Stammbäume

Ausgehend von einem Individuum in der Mitte (als Wurzel des Baums mit einem Balken in die „nördliche Vergangenheit“) werden die Vorfahren der mütterlichen und väterlichen Grosseltern in den vier entsprechenden Quadranten angeordnet. Die Zeit bildet, wie bei einem Baumstamm, konzentrische, „isochrone“ Jahresringe. Der Knoten-Balken einer Person reicht vom Geburtsjahr bis zum Sterbejahr (bzw. zum „Gegenwartspunkt“ im Zentrum).



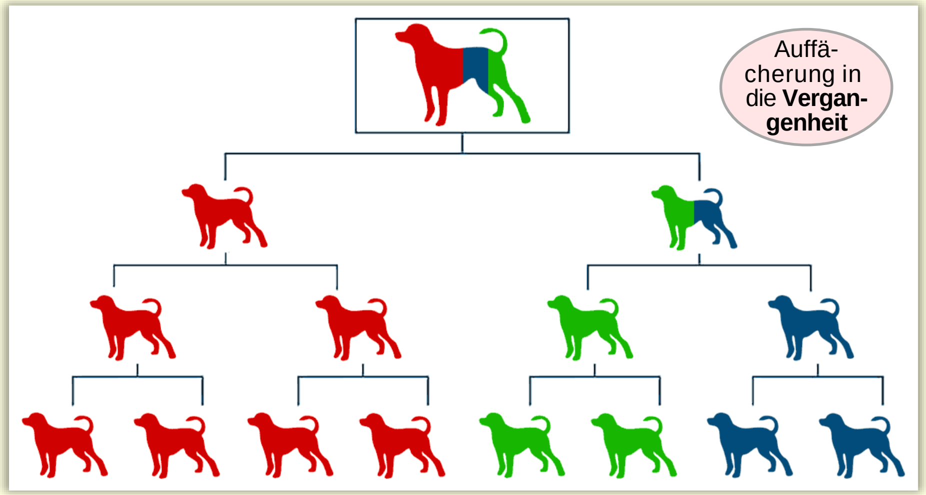


www.courtneybarr.com/work-blog/lifespans

► Hunderassen-Stammbaum

Am Anfang war der Wolf, daraus wurde der Hund, aus ihm machte der Mensch den Rassehund, aus dem Rassehund machte die Natur den Mischling. -- www.dogland.at

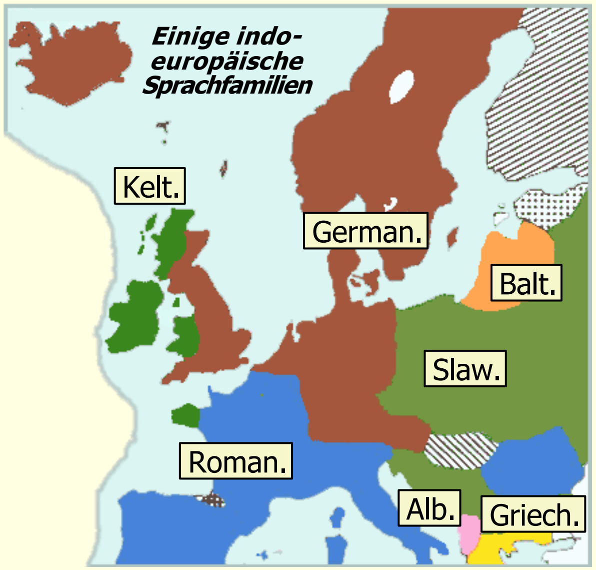
Ist ein Hund reinrassig oder eine „Promenadenmischung“ bzw. ein „Designerdog“? Die Fédération Cynologique Internationale (FCI) legt fest, was aus ihrer Sicht als eine Hunderasse gelten soll, und teilt diese Rassen (gegenwärtig sind 367 anerkannt) in 10 Gruppen mit jeweils mehreren Untergruppen („Sektionen“) ein. Ein Rassehund soll über mehrere Generationen von Vorfahren der gleichen Hunderasse gezüchtet worden sein; der Nachweis geschieht in der Regel durch dokumentierte Zuchtbücher bzw. Ahnentafeln.



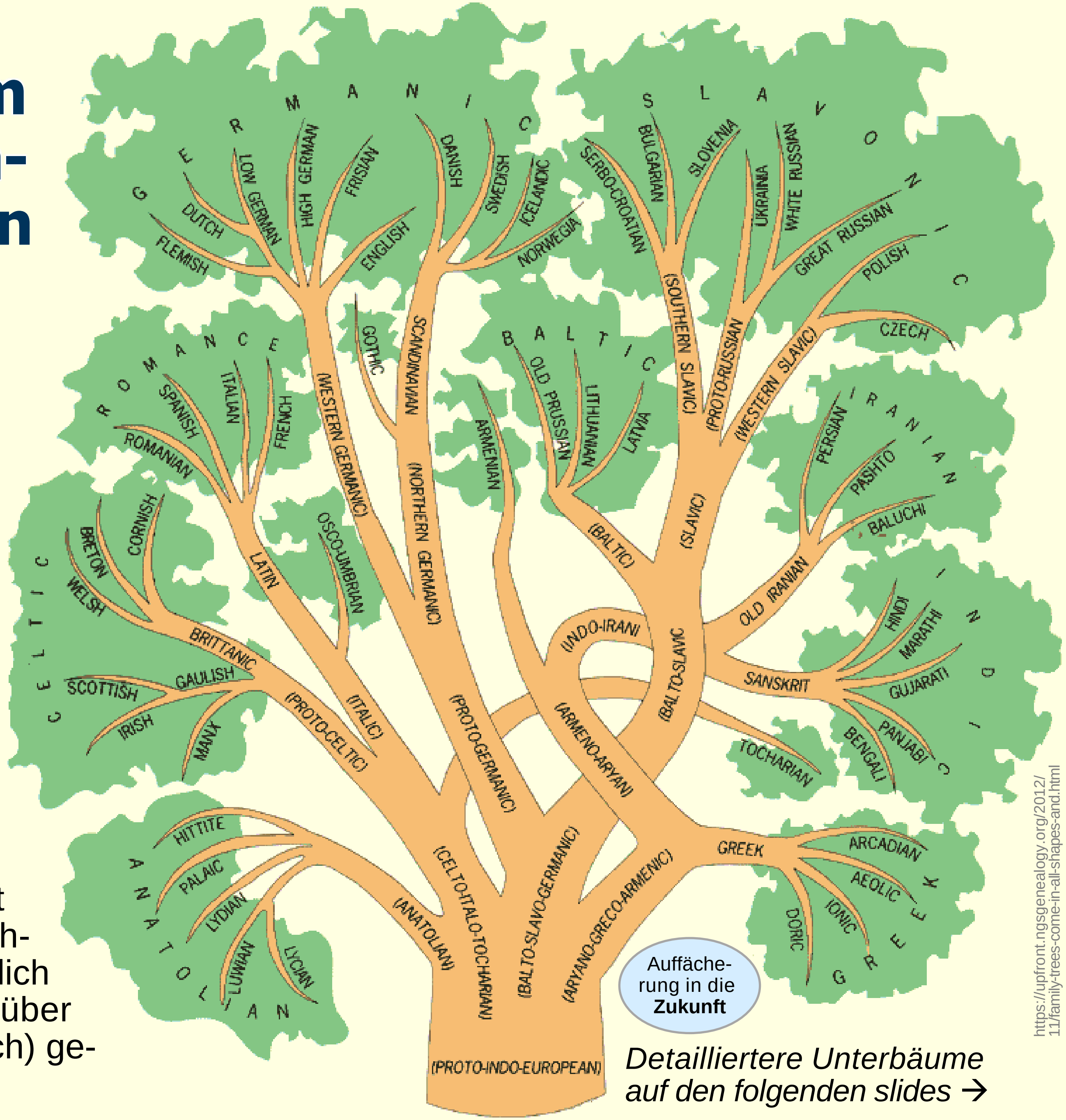
Der Zoologe Wolf Herre definierte den Rassenbegriff bei Tieren so: „Rassen sind vom Menschen in sexueller Isolation gehaltene, verbreitete Untereinheiten einer Art, welche sich in mehreren Merkmalen und Erbeinheiten voneinander unterscheiden. Es sind Kollektiveinheiten, deren Besonderheiten nur durch statistische Methoden wiedergegeben werden können. Dem subjektiven Ermessen bei der Umgrenzung und Merkmalsauswahl ist ein weites Feld gelassen.“ Was eine Hunderasse ist, ist letztlich also Definitions- bzw. Anschauungssache – entsprechend ist auch die Frage nach der Anzahl der Hunderassen nicht eindeutig beantwortbar, man kann begründet sowohl um die 100 als auch um die 800 nennen.

Die Abstammung und Rassezugehörigekeit eines Hundes kann heute auf genetischer Basis anhand molekularer Marker festgestellt werden. Dienstleister ermitteln beispielsweise aus hunderten unterschiedlicher Marker einer DNA-Probe (Backenabstrich) den prozentualen Anteil der beteiligten FCI-Gruppen und bestimmen daraus die wahrscheinlichsten Rassenstammbäume (über z.B. 4 Generationen), die zu dieser Verteilung passen, siehe oben.

► Stammbaum der indoeuropä-ischen Sprachen



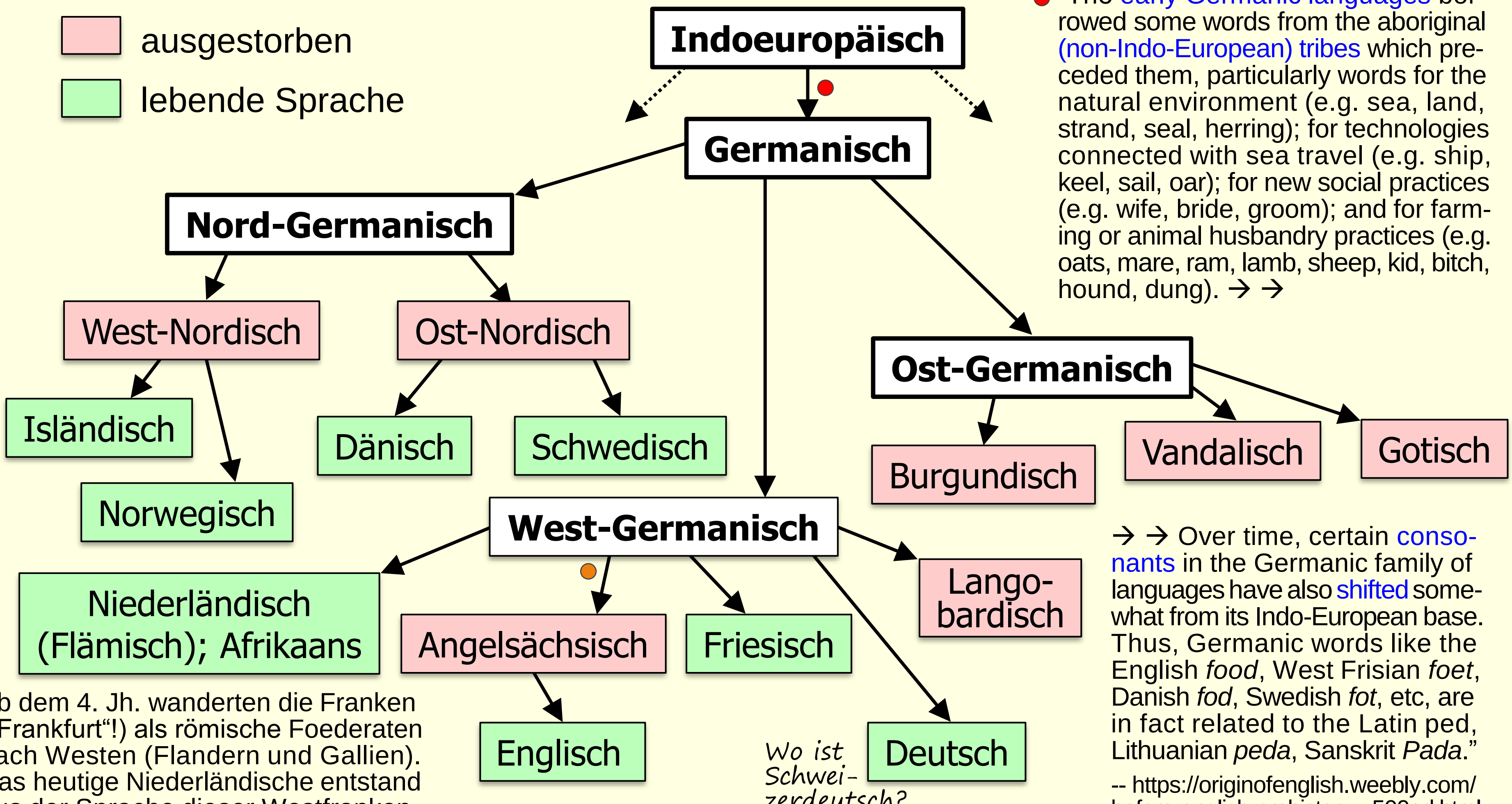
Kann der Stammbaum indo-europäischer Sprachen auf eine Ursprache zurückgeführt werden, die vor rund 8000 Jahren (in Ostanatolien bzw. südlich des Kaukasus-Gebirges, darüber streiten sich die Experten noch) gesprochen wurde?



Detailliertere Unterbäume auf den folgenden slides →

https://upfront.ngsgenealogy.org/2012/11/family-trees-come-in-all-shapes-and.html

Unterbaum der germanischen Sprachentwicklung



● “The early Germanic languages borrowed some words from the aboriginal (non-Indo-European) tribes which preceded them, particularly words for the natural environment (e.g. sea, land, strand, seal, herring); for technologies connected with sea travel (e.g. ship, keel, sail, oar); for new social practices (e.g. wife, bride, groom); and for farming or animal husbandry practices (e.g. oats, mare, ram, lamb, sheep, kid, bitch, hound, dung). → →

→ → Over time, certain consonants in the Germanic family of languages have also shifted somewhat from its Indo-European base. Thus, Germanic words like the English *food*, West Frisian *foet*, Danish *fod*, Swedish *fot*, etc, are in fact related to the Latin ped, Lithuanian *peda*, Sanskrit *Pada*.”

-- https://originofenglish.weebly.com/before-english-prehistory---500ad.html

Ab dem 4. Jh. wanderten die Franken („Frankfurt“!) als römische Foederaten nach Westen (Flandern und Gallien). Das heutige Niederländische entstand aus der Sprache dieser Westfranken.

● Ab dem 6. Jh begann die Desintegration des Westgermanischen. Durch die angelsächsische Eroberung Englands und die fränkische Expansion nach Gallien war das westgermanische Sprachgebiet so gross und politisch unzusammenhängend geworden, dass sich die regionalen Dialekte verselbständigten.

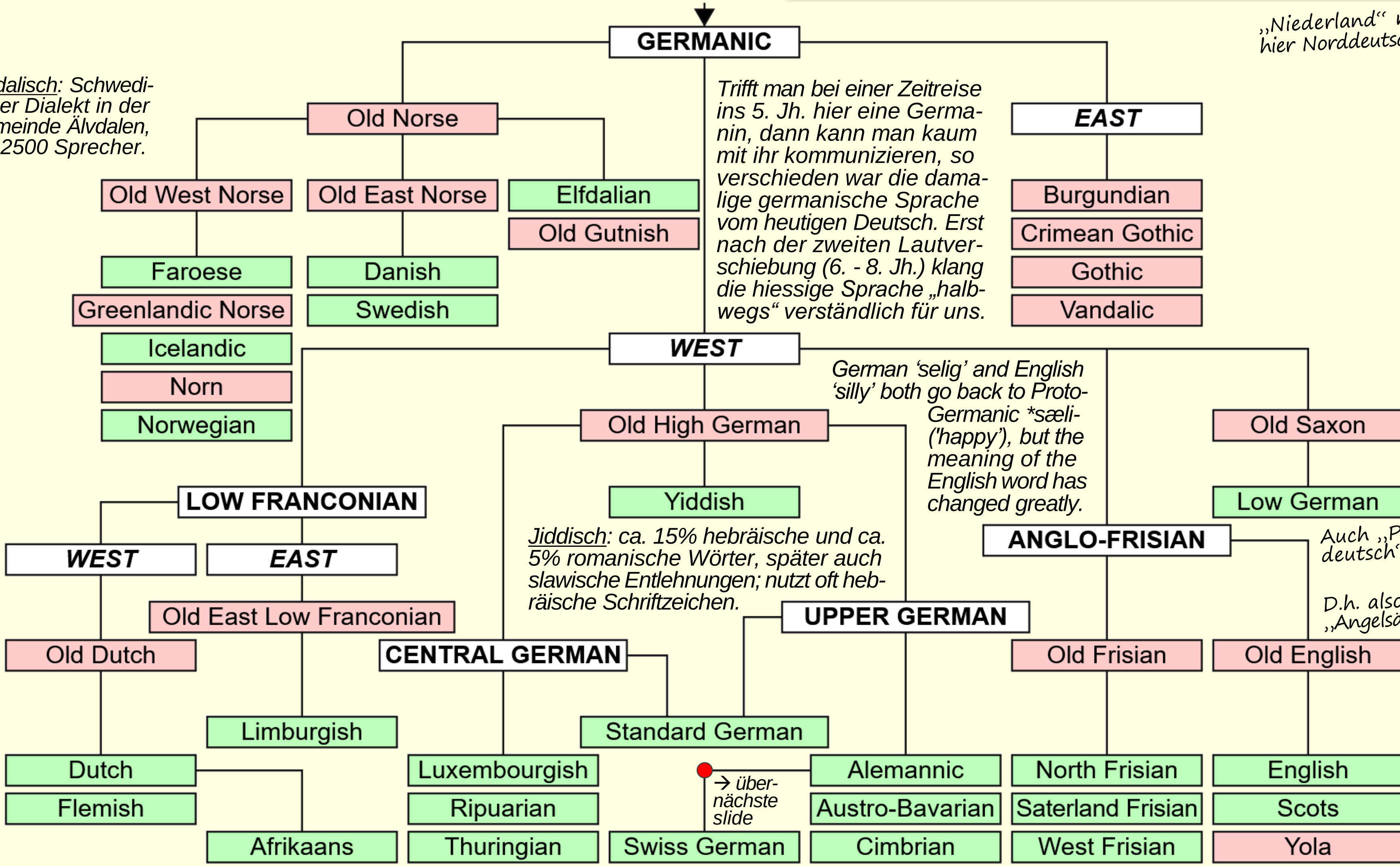
Eine etwas detailliertere Klassifikation

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/IndoEuropeanTree.svg

Ir wizzet wol, daz die niderlender und die oberlender gar ungelîch sint an der sprâche und an den siten. Die von Oberlant, dort her von Zürich, die redent vil anders danne die von Niderlande, von Sahsen, die sint ungelîch an der sprâche. -- Berthold von Regensburg, ca. 1270

„Niederland" meint hier Norddeutschland.

<u>Älvdalisch</u>: Schwedischer Dialekt in der Gemeinde Älvdalen, ca. 2500 Sprecher.



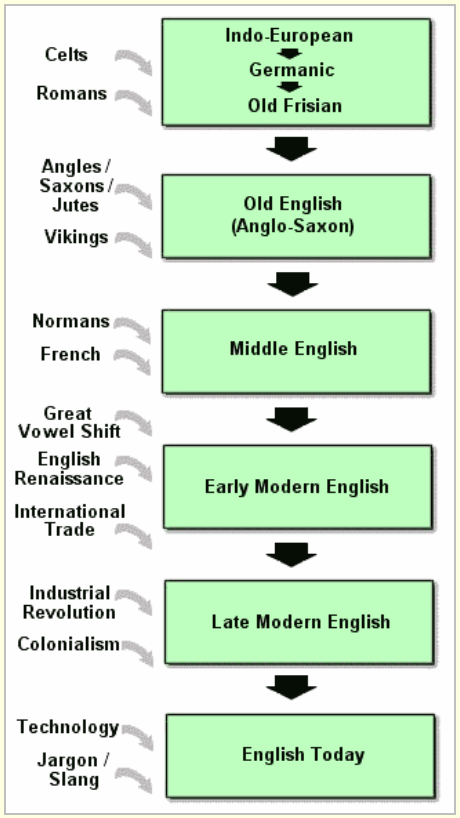
<u>Ripuarisch</u>: rheinischer Dialekt im Grossraum Köln, Bonn, Aachen. <u>Zimbrisch</u>: Bairischer Dialekt; weniger als 1000 Sprecher im Trentino (Italien). <u>Thüringisch</u>-Obersächsisch: Dialektgruppe in Ostdeutschland.

Die drei <u>friesischen Sprachen</u> werden heute nur noch von ca. 400 000 Menschen an der Nordsee im Grenzgebiet NL / D gesprochen.

Anmerkungen zur Entwicklung des Englischen und des Deutschen

Zur englischen und deutschen Sprachentwicklung einige sehr summarische und fragmentarische Zitate – wir komprimieren ein ganzes langes Studium auf eine einzige oberflächliche slide!

„Wenn man, mitten in Deutschland stehend, nach Westen geht, gehen die deutschen Dialekte in die niederländischen über. Es liegt nahe anzunehmen, dass sich nordwärts die deutsche Sprache ebenfalls allmählich ins Dänische wandelt. Dies geschieht aber nicht. Diese eigenartige Lücke in den norddeutschen Dialekten entstand zu einer Zeit, als die Angelsachsen zu den Britischen Inseln übersetzten. Dieser angelsächsische Dialekt, das fehlende norddeutsche Sprachglied, ist in seiner neuen Inselheimat schließlich zu Englisch geworden.“



www.thehistoryofenglish.com/index.html

„Die Transition vom Angelsächsischen zum moderneren (Mittel)englisch wurde 1066 durch die normannische Eroberung Englands (William the Conqueror) eingeleitet. Ursprünglich Wikinger, besiedelten die Normannen („Nordmänner“) etwa 200 Jahren zuvor Nordwestfrankreich (Normandie), sprachen aber schon nicht mehr ihre ursprüngliche germanische Sprache (Nordisch), sondern einen bäuerlichen französischen Dialekt mit einigen wenigen verbliebenen germanischen Elementen. Dies wurde in England zur Sprache des Hofes und der Verwaltung, das einfache Volk sprach weiter sein „altes“ Englisch. Man schätzt, dass die Normannen über 10000 Wörter einbrachten (davon sind etwa 75% bis heute erhalten) und letztendlich bis zu 85% der angelsächsischen Wörter verloren gingen. Zudem wurden im Laufe der Zeit die komplexen Wortendungen bei Deklinationen von Substantiven und Adjektiven sowie Konjugationen von Verben (damals vergleichbar mit dem Deutschen) aufgegeben und die englische Sprache insofern deutlich vereinfacht.“

„Die germanischen Stämme kamen ursprünglich aus dem Ural. Die Sueben siedelten zu Cäsars Zeiten rund um die Ostsee (mare suebicum = das Schwäbische Meer) und das Elbegebiet, auch Dänemark, Norwegen und Schweden, die Alamanni dagegen siedelten um 100 n. Chr. etwa in der Höhe des Mains (genauer: Fulda) und begannen von dort aus in den Süden vorzudringen. Sie überstiegen den Limes, wurden aber von den Römern verjagt. Sie überstiegen den Limes jedoch ein zweites Mal und verdrängten die Römer. Bereits anno 280 drangen sie bis an den Rhein vor.

Deutsch entstand - vereinfacht ausgedrückt - aus germanischen Wörtern und Silben, an die lateinische Endungen gehängt wurden, dazu wurden lateinische Wörter für alles, wofür es keine germanischen Wörter gab, übernommen. Die Zeit vor 750 kann man sprachlich noch nicht als irgendwie deutsch bezeichnen, es war Germanisch, jedoch entstand Deutsch quasi fragmentarisch.“

Quellen: www.rhetorik-netz.de/dt_engl --- https://originofenglish.weebly.com/middle-english-c-1100---c-1500.html --- www.rhetorik-netz.de/entstehung-der-deutschen-sprache --- https://de.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4chsische_Kanzleisprache

„Martin Luther bemüht sich um eine einheitliche Sprache, damit seine Drucke von möglichst vielen Menschen gelesen werden können. Der gewaltige Einfluss der Bibelübersetzung auf die deutsche Schriftsprache beruht u.a. darauf, dass Luther in der Mundart seiner mitteldeutschen Heimat aufgewachsen war, die sprachgeografisch zwischen den nord- und süddeutschen Dialekten eine Mittlerstelle einnimmt.“

Alemannisch etc.

Das interessiert uns auch *en passant:* Die Dialekte und Sprachen ca. 150 km rund um Zürich (19./20. Jh.); die Pfeile zeigen die Ausbreitung von Sprachregionen bzw. die Verschiebung von Dialektindizien. „Schweizerdeutsch“ ist eine Sammelbezeichnung für die in der Deutschschweiz genutzten alemannischen Dialekte. Allerdings ist in der „Suisse alémanique“ selbst die Bezeichnung „Alemannisch“ kaum gebräuchlich.

Westoberdeutsche Dialekte

- Schwäbische
- Oberrheinalemannische
- Bodenseealemannische
- Hochalemannische
- Höchstalemannische

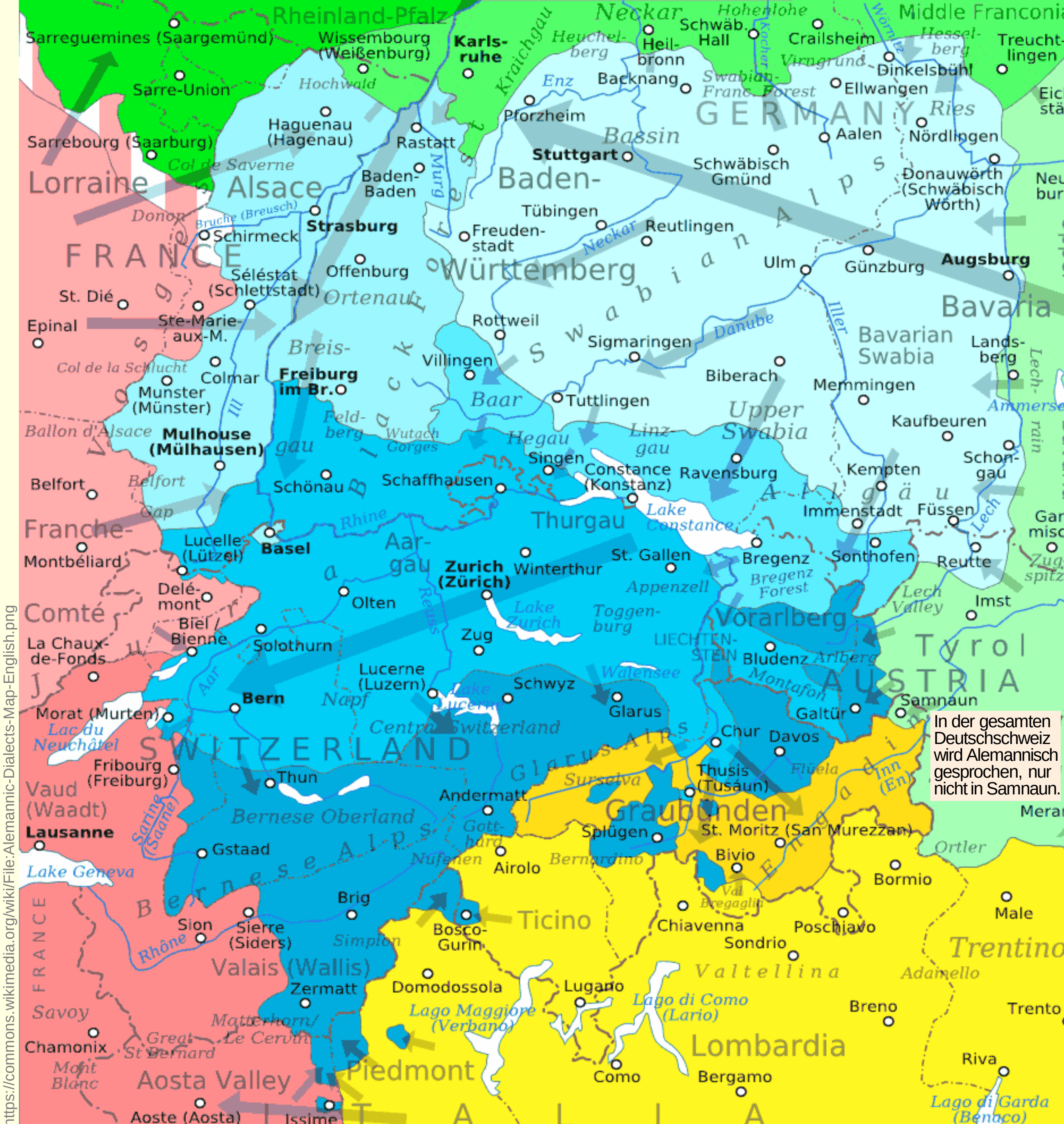
Andere germanische Dialekte

- Ostoberdeutsche (=Bairische)
- Nordoberdeutsche (hier: Südfränkische und Ostfränkische)
- Westmitteldeutsche (hier: Rheinfränkische)

Romanische Dialekte

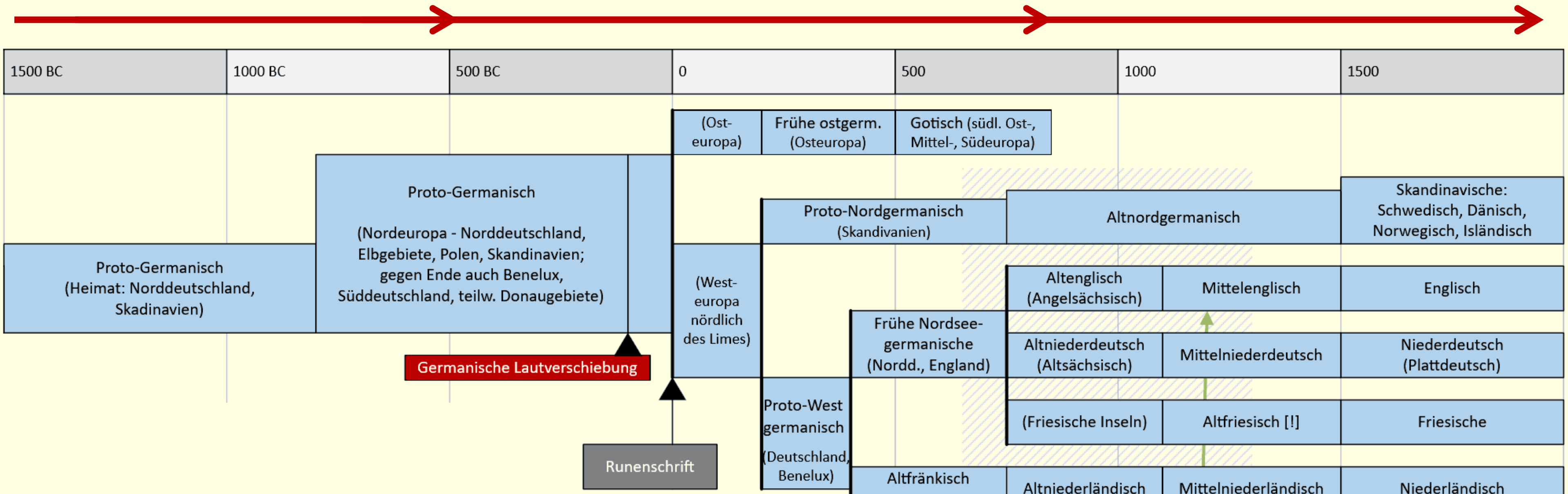
- Langues d'oil
- Franko-Provenzalische
- Gallo-Italische
- Rätoromanische (in Bivio auch italienische)

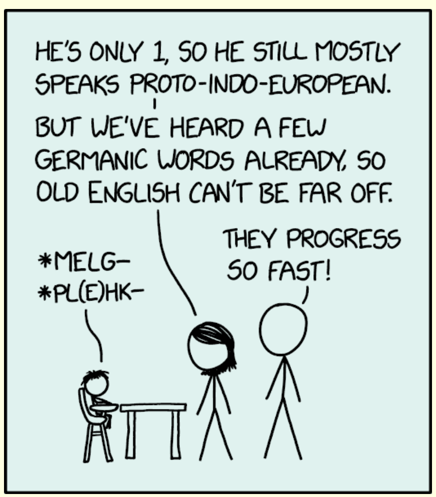
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alemannic-Dialects-Map-English.png



Germanische Sprachen auf der Zeitskala – die letzten 35 Jahrhunderte

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Evolutionsgeschichte_der_Indo-Europ%C3%A4ischen_Sprachen_mit_Schwerpunkt_Westeuropa.svg





Milk, please!

Beispiele germ. Lautverschiebung:

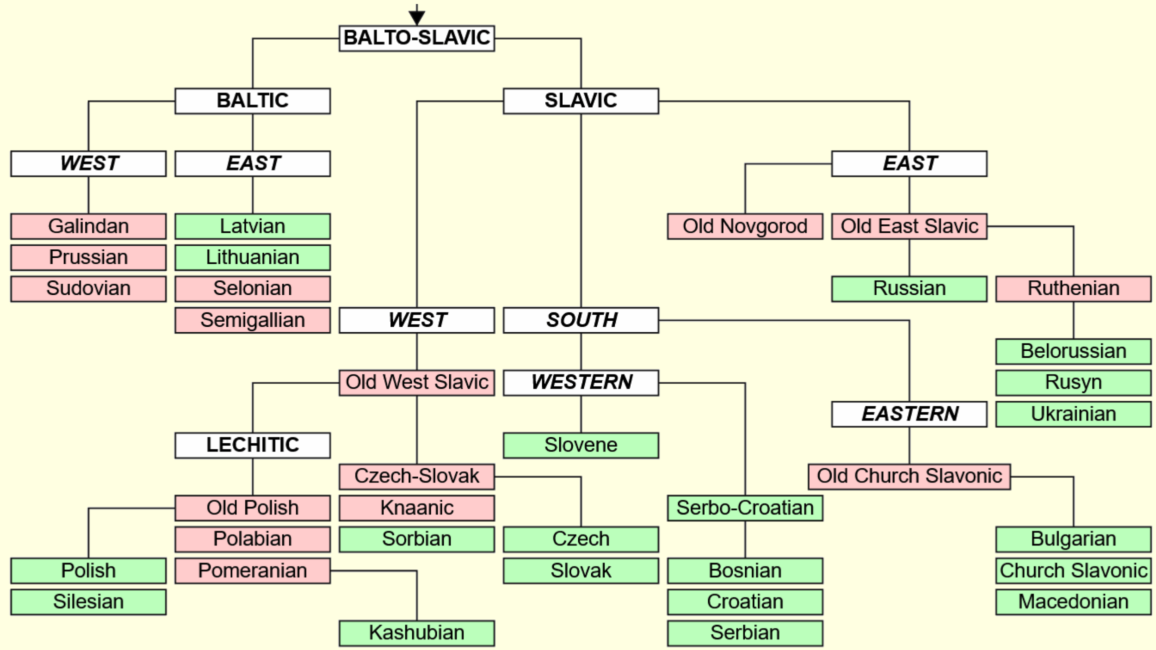
*p→f : lat. ***p***iscus*, dt. ***F***isch*
*t→þ : lat. ***t***ertius*, engl. ***th***ird*
*kʷ→hʷ : lat. ***qu***od*; engl. ***wh***at*
*d→t : griech. ***d***eka*, engl. ***t***en*
*g→k : lat. ***g***elu*, dt. ***k***alt*
*bʰ→b : lat. ***f***rater*, engl. ***b***rother*

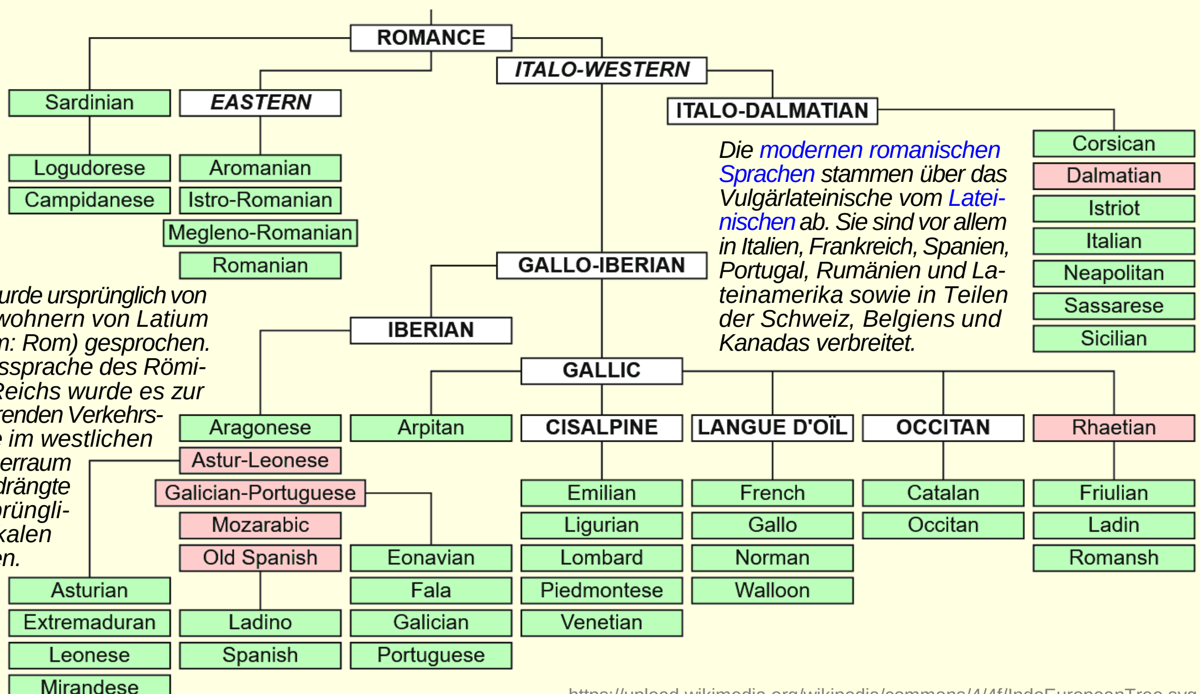
Beispiele hochd. Lautverschiebung:

nd. sla**p**en, engl. slee**p** → schla**f**en
*nd. da**t**, wa**t**, → da**s**, wa**s***
*engl. **t**ide → **Z**eit*
*nd. ma**k**en, engl. ma**k**e → ma**ch**en*
*nd. **D**ag, engl. **d**ay → **T**ag*
*engl. **th**rough, bro**th**er → **d**urch, Bru**d**er*

Unterbäume der balto-slawischen sowie der romanischen Sprachen

Die indoeuropäischen Sprachen reichen vom Indischen im Osten bis zum Germanischen im Westen. Daher die Bezeichnung „indogermanisch“, 1810 vom dänisch-französischen Geografen C. Malte-Brun eingeführt; der deutsche Linguist Franz Bopp nannte diese Sprachgruppe 1847 „indoeuropäisch“, was international üblich ist – auch wenn nicht alle dieser Sprachen in Indien oder Europa liegen.





Die modernen romanischen Sprachen stammen über das Vulgärlateinische vom Lateinischen ab. Sie sind vor allem in Italien, Frankreich, Spanien, Portugal, Rumänien und Lateinamerika sowie in Teilen der Schweiz, Belgiens und Kanadas verbreitet.

Latein wurde ursprünglich von den Bewohnern von Latium (Zentrum: Rom) gesprochen. Als Amtssprache des Römischen Reichs wurde es zur dominierenden Verkehrssprache im westlichen Mittelmeerraum und verdrängte die ursprünglichen lokalen Sprachen.

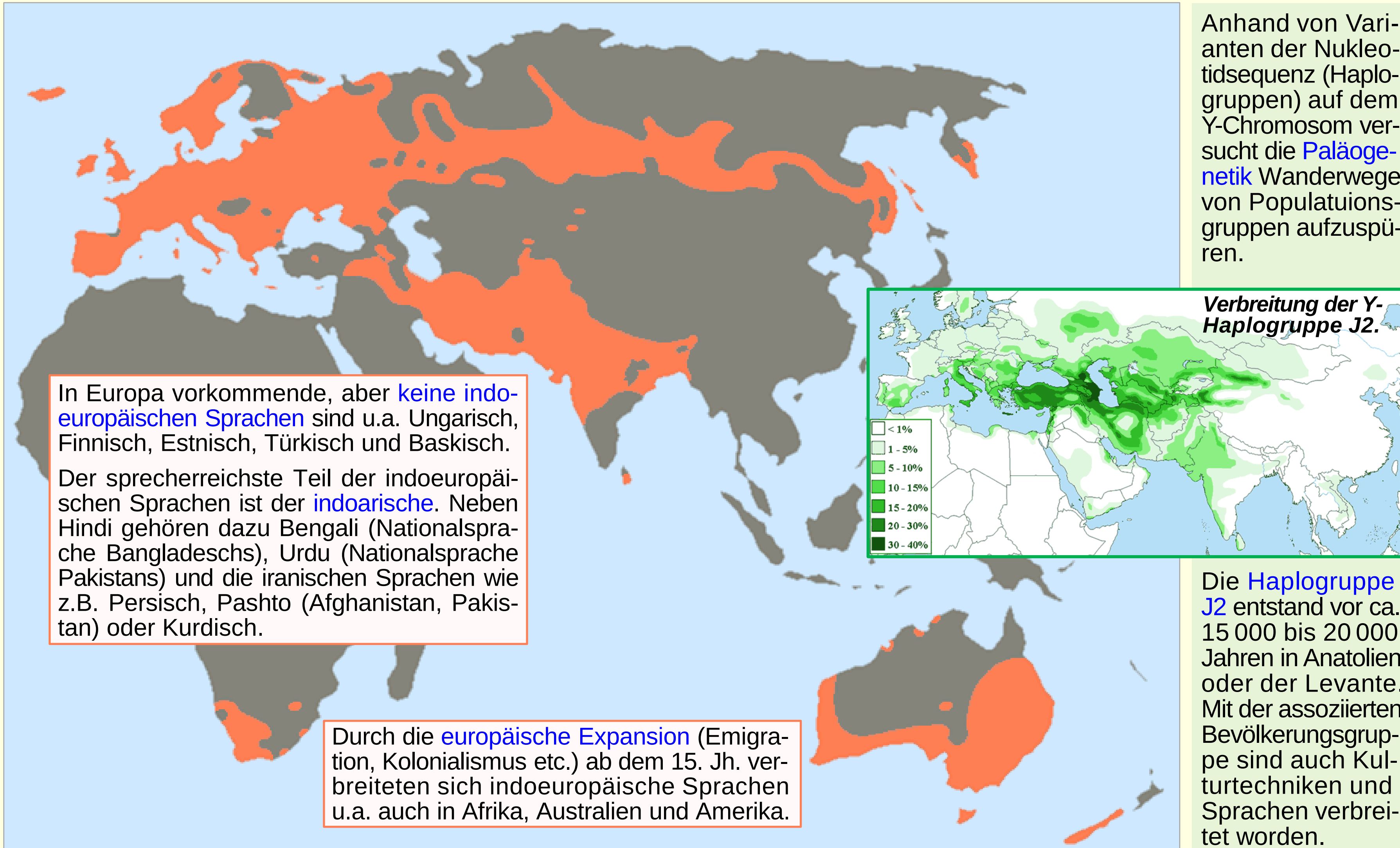
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/IndoEuropeanTree.svg

Es gibt einige hundert lebende indoeuropäische Sprachen; dabei ist es manchmal allerdings strittig, ob etwas eine eigene Sprache oder nur einen Dialekt einer anderen Sprache darstellt.

Die indoeuropäische Sprachfamilie umfasst über 3 Milliarden Sprecher. (Zum Vergleich: Die grosse Teile Asiens abdeckende sinotibetische Sprachfamilie umfasst ca. 1.3 Milliarden Sprecher).

Weltweit werden gegenwärtig ca. 2000 Sprachen gesprochen; man schätzt, dass die Hälfte davon bis zum Ende des 21. Jh. ausgestorben sein wird.

Verbreitungsgebiet indoeuropäischer Sprachen (ohne Amerika)



In Europa vorkommende, aber keine indo-europäischen Sprachen sind u.a. Ungarisch, Finnisch, Estnisch, Türkisch und Baskisch.

Der sprecherreichste Teil der indoeuropäischen Sprachen ist der indoarische. Neben Hindi gehören dazu Bengali (Nationalsprache Bangladeschs), Urdu (Nationalsprache Pakistans) und die iranischen Sprachen wie z.B. Persisch, Pashto (Afghanistan, Pakistan) oder Kurdisch.

Durch die europäische Expansion (Emigration, Kolonialismus etc.) ab dem 15. Jh. verbreiteten sich indoeuropäische Sprachen u.a. auch in Afrika, Australien und Amerika.

Anhand von Varianten der Nukleotidsequenz (Haplogruppen) auf dem Y-Chromosom versucht die Paläogenetik Wanderwege von Populatuionsgruppen aufzuspüren.

Die Haplogruppe J2 entstand vor ca. 15 000 bis 20 000 Jahren in Anatolien oder der Levante. Mit der assoziierten Bevölkerungsgruppe sind auch Kulturtechniken und Sprachen verbreitet worden.

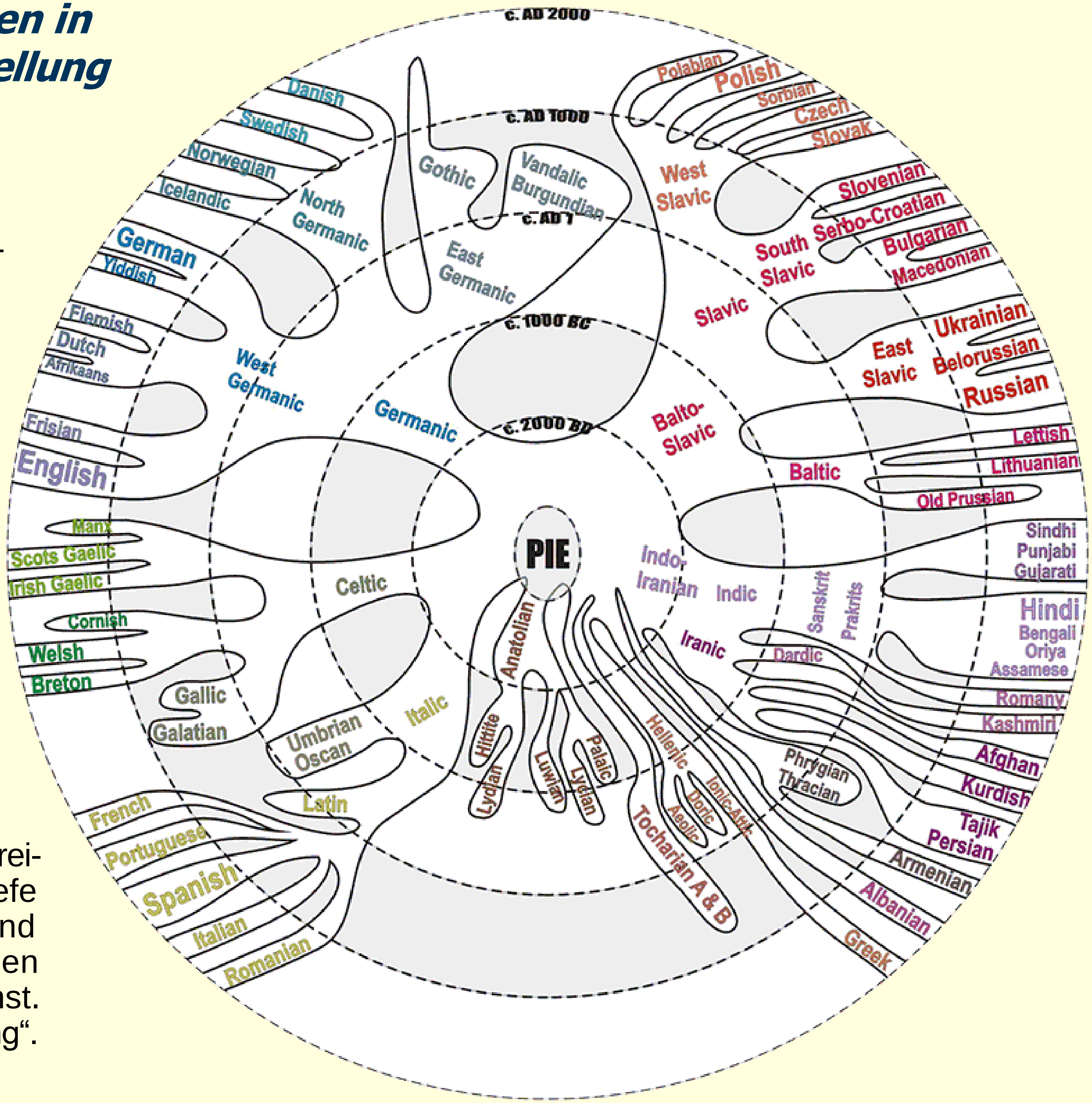
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sprachfamilien_der_Welt_(non_Altai).png, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:J2-Y-DNA-Haplogroup-Map-J2-M172-Map-J2-Haplogrubu-Haritasi-v3.png

Indoeuropäische Sprachen in kreisförmiger Baumdarstellung

Eine etwas ungewöhnliche, aber interessante Baumdarstellung; die „Zeitachse“ wird hier durch isochrone konzentrische Kreise repräsentiert. Anstelle dünner Äste hat man hier flächige Gebiete; Knoten tauchen nicht explizit auf. „PIE“ steht für „Proto-Indo-European“.

Generell nutzt die Kreisdarstellung eines Baums die zur Verfügung stehende Bildfläche besser aus: Baumniveaus nahe der Wurzel haben wenige Knoten, die gut auf die inneren Kreise bzw. Kreisringe passen; die äusseren Kreise bieten mehr Platz für die populationsreichen tieferen Niveaus.

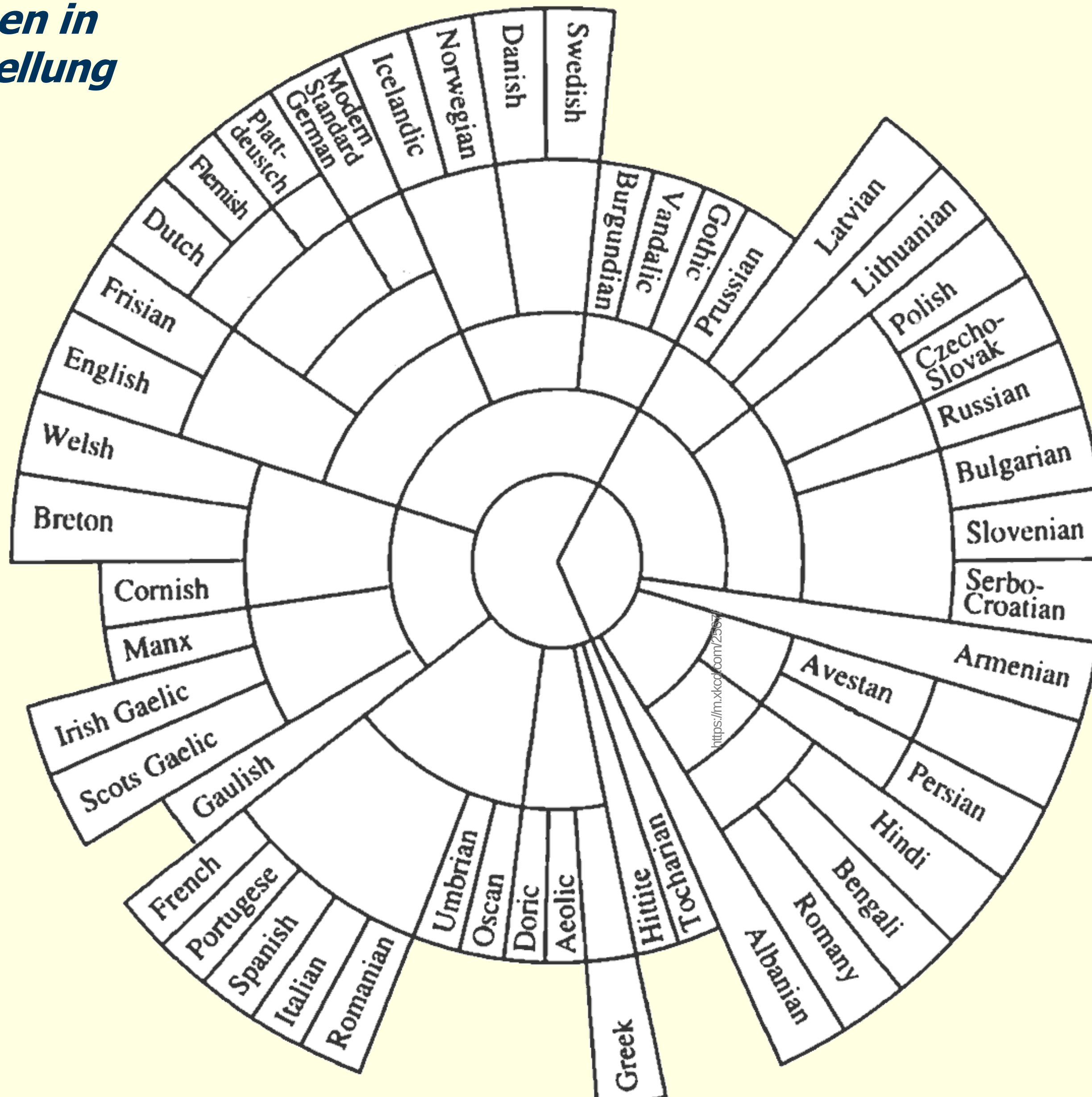
Allerdings nimmt der Umfang der Kreise auch nur linear mit der Baumtiefe (d.h. dem Kreisradius) zu, während die Anzahl der Knoten von Bäumen oft exponentiell mit der Tiefe wächst. Aussen wird es also meist doch „eng“.



https://img.mylot.com/2722147.jpeg

Indoeuropäische Sprachen in kreisförmiger Baumdarstellung

Kreisförmige Baumdarstellungen lassen sich, im Vergleich zur vorigen slide, auch technisch einfacher (und mit weniger künstlerisch-ästhetischem Anmut) zeichnen: Softwaretools, z.B. zum Zeichnen von Stammbäumen im Rahmen der Ahnenforschung, nutzen meist eine solche geradlinigere Darstellung.

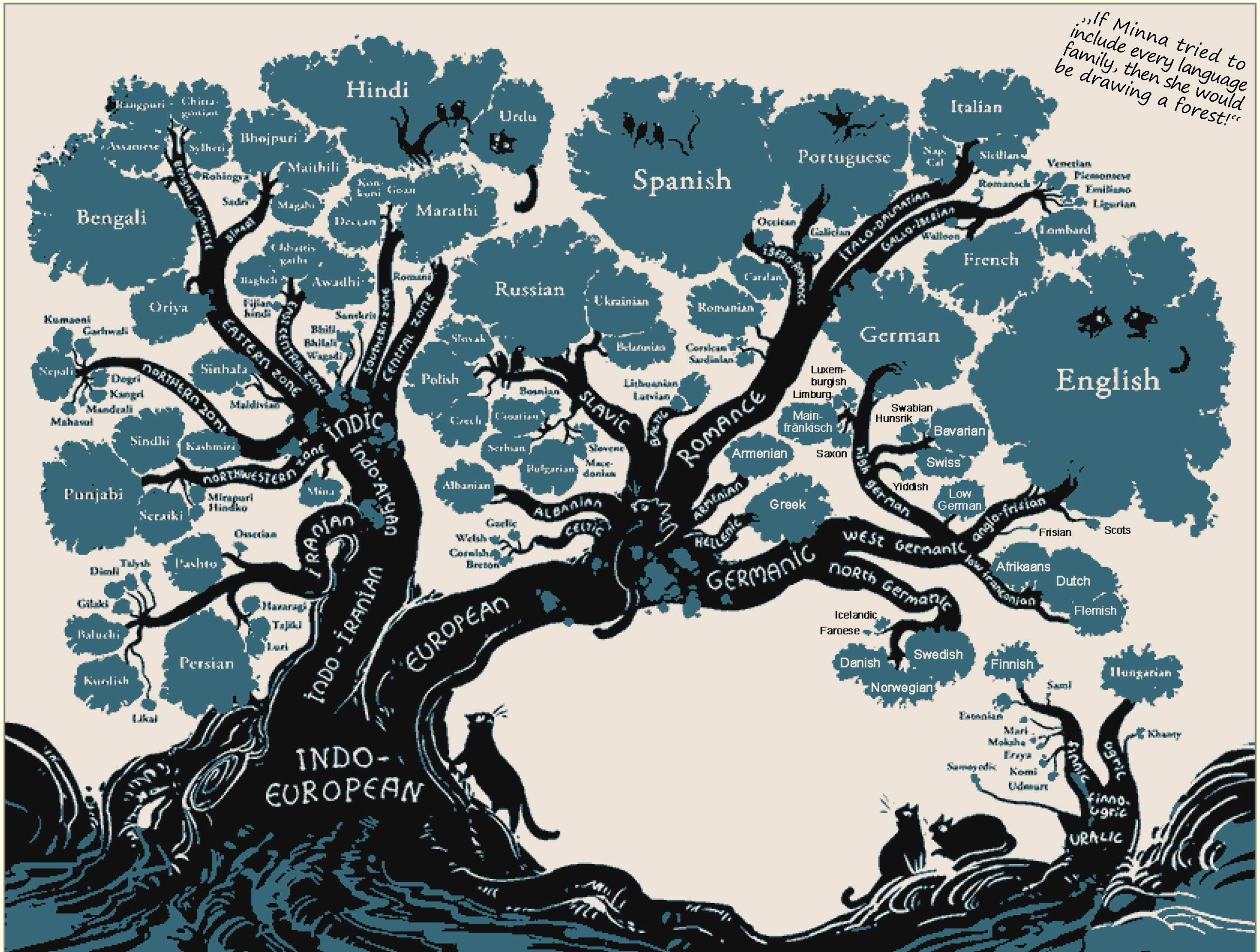


www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/anglist1/staff/holteir/introgen/Bilder&Buttons/CircleLang.gif

---

Wie kommt es, dass einige französische Wörter nicht mit Wörtern anderer romanischer Sprachen verwandt sind, sondern offenbar irgendwie mit dem Deutschen zu tun haben (wie z.B. blanc / blank; écran / Schrank; fauteuil / Faltstuhl; hameau / heim; randonner / rennen; flèche / fliegen)? Die nächste slide nennt mehr Beispiele und gibt einen Hinweis dazu →

Eine künstlerische Darstellung der Sprachen der „Alten Welt“ von Minna Sundberg, Autorin des Webcomics „Stand Still, Stay Silent“



Das Poster führt einen Disclaimer: „The languages represented are the ones spoken or mentioned in the context of the comic. This is not a complete international language map, nor is it intended to be.“

Und doch gibt es Kommentare wie „This chart is highly discriminatory. I am furious. A bastard language like … is included but not … Stop this discrimination immediately!“

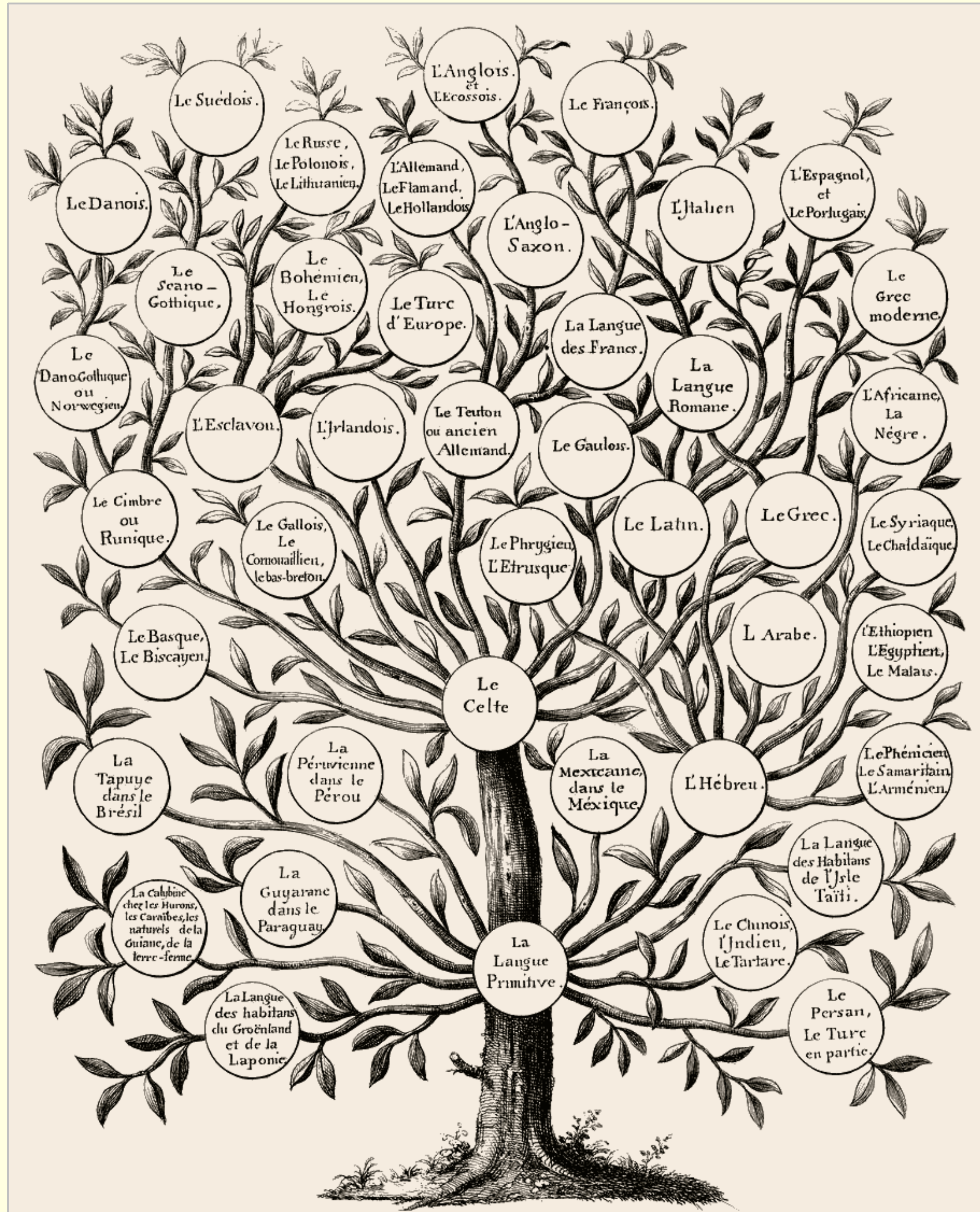
(Aber man darf sich natürlich wundern, wieso Schwäbisch, Bayerisch, Schweizerdeutsch sowie „Hunsrik“ eigene Blätter bekommen haben oder dass differenziert wird zwischen „Dutch“ und „Flemish“…)

Ein Sprachstammbaum aus dem Jahr 1807

„**Arbre Généalogique des langues mortes et vivantes** dressé d'après les principes de l'auteur du Monde primitif analysé et comparé avec le monde moderne" von Félix Gallet, ca. 1807.

Gallet war ein sprachlich interessierter Amateur, von Berufs wegen war er Angestellter der französischen Post. Er war u.a. einige Jahre in Genf (dem damaligen französischen „département Léman") tätig, anschliessend in Verceil („département de la Sési", heute Vercelli in Italien, Piémont). In dieser Zeit entstand von ihm eine französische Grammatik (Gallet gab nebenberuflich Französischunterricht) sowie der Sprachbaum als grossformatiger Einzeldruck dessen Gravur von Christian Gottlieb Geissler in Genf ausgeführt wurde. (Geissler war zuvor in Zürich, wo er im Haushalt des Naturforschers Johannes Gessner lebte und mit ihm die bekannten ästhetisch ansprechenden Bildtafeln von Pflanzen, die Tabulae Phytographicae, schuf).

Bei Gallets Sprachbaum handelt sich um den ersten Versuch, die Verwandtschaft der bekannten Sprachen und ihre vermutete Abstammung voneinander darzustellen. Aus heutiger Sicht mutet es zumindest naiv – wenn nicht gar stark vorurteilsbehaftet – an, das Englische und Französische ganz oben, das Persische und Grönländische dagegen ganz unten, nahe am Primitiven, anzuordnen. Seinerzeit war eine (zumindest kulturelle) Hierarchie zwischen dem hochentwickelten Europäischen und dem „Wilden" im Rest der Welt allerdings gängige Überzeugung. Bemerkenswert ist noch, dass das Französische nicht nur Latein, sondern auch das westgermanische Altfränkisch („la langue des Francs") als Ursprung haben soll. Dessen Einfluss ist allerdings eher gering (z.B.: bleu, blonde, danser, riche, soupe, épargner, bande, rôtir, frais, écume, jardin, feutre, crèche).



https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k8546015

Babylonische Sprachverwirrung

Lange Zeit untergrub der allzu wörtlich genommene Glaube an die Bibeldarstellung wissenschaftliche Analysen zur evolutionären Beziehung zwischen Sprachen.

Nach dem Alten Testament wurden alle Sprachen – mit Ausnahme der ursprünglichen Einheitssprache des Paradieses – im Zuge (und sogar zum Zweck) der Zerstörung des Turms zu Babel erschaffen: „Und der Herr sprach: […] Wohlauf, lasst uns herniederfahren und dort ihre Sprache verwirren, dass keiner des andern Sprache verstehe!“ (Genesis 11,7). Die hinfort unüberwindbaren Verständigungsprobleme zwangen zur Aufgabe des anmassenden Turmbauprojektes, so die Überlieferung.

Der Turmbau zu Babel ist in der bildenden Kunst mehrfach prominent dargestellt worden, hier rechts ein Holzschnitt des Augsburger Kupferstechers und Holzschneiders Marx Anthon Hannas (? – 1676). Die Inschrift neben seinem Monogramm (rechts unten) lautet:

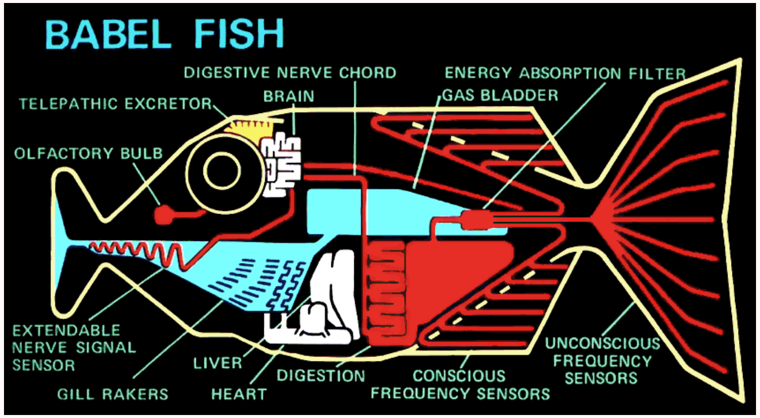
Mutatis cessat turris babylonica linguis,
Sortitur vanus fata sinistra labor.

GOTT den Thuren zu bauen verhindert,
Zu Babel, durch viel Sprachen verändert.

‚Thuren‘ statt ‚Turm‘: ‚Th‘ statt ‚T‘ bis 1901; ein auslautendes ‚n‘ statt ‚m‘ war im Mittelhochdeutschen üblich, bei schwer auszusprechenden Konsonantenfolgen (hier ‚rn‘) wurde gelegentlich ein Vokal (hier ‚e‘) eingeschoben („Anaptyxe“, vgl. „fünef“ für „fünf“).

www.zeno.org/nid/20004071581

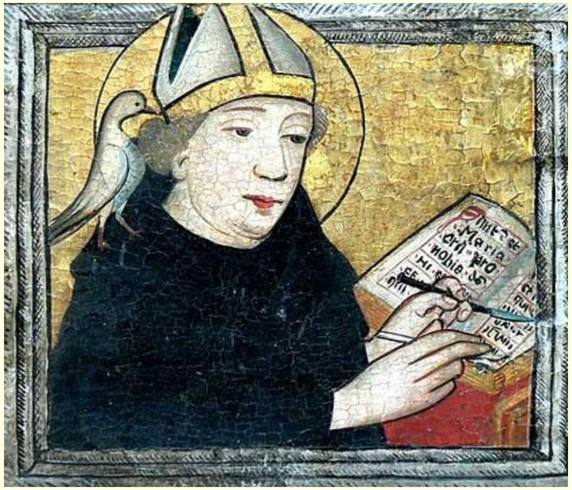
Babylonische Sprachverwirrung (2)



The Babel fish is small, yellow, leech-like, and probably the oddest thing in the universe. It feeds on brain wave energy, absorbing all unconscious frequencies and then excreting telepathically a matrix formed from the conscious frequencies and nerve signals picked up from the speech centres of the brain, the practical upshot of which is that if you stick one in your ear, you can instantly understand anything said to you in any form of language: the speech you hear decodes the brain wave matrix.

Der Babelfisch ist ein fiktives Lebewesen aus dem Roman „Per Anhalter durch die Galaxis" („The Hitchhiker's Guide to the Galaxy", 1979) von Douglas Adams (1952 – 2001), welcher als Mischung aus Komödie, Satire und Science-Fiction schon früh Kultcharakter erlangte. Der Begriff „Babelfisch", den Douglas Adams in Anlehnung an die Geschichte des Turmbaus zu Babel kreierte, ist inzwischen zu einem Symbol für automatische Übersetzungssysteme geworden.

Augustinus von Hippo (354 – 430) machte sich in seiner Schrift „De Civitate Die" („Vom Gottesstaat" bzw. „Die Gottesbürgerschaft") zwar erste Gedanken über die Abstammung aller Sprachen (72 laut Bibel), allerdings als direkte Abkömmlinge vom Hebräischen als Ursprache. Auch Gelehrte späterer Jahrhunderte liessen nicht davon ab, das Hebräische „kreativ" in den Stammbaum vieler moderner Sprachen einzubauen. Ab dem späten 16. Jh. entdeckte man auffällige Wortähnlichkeiten zwischen einigen asiatischen und europäischen Sprachen. Linguistisch begründete Sprachstammbäume tauchten erst im 19. Jh. auf. →



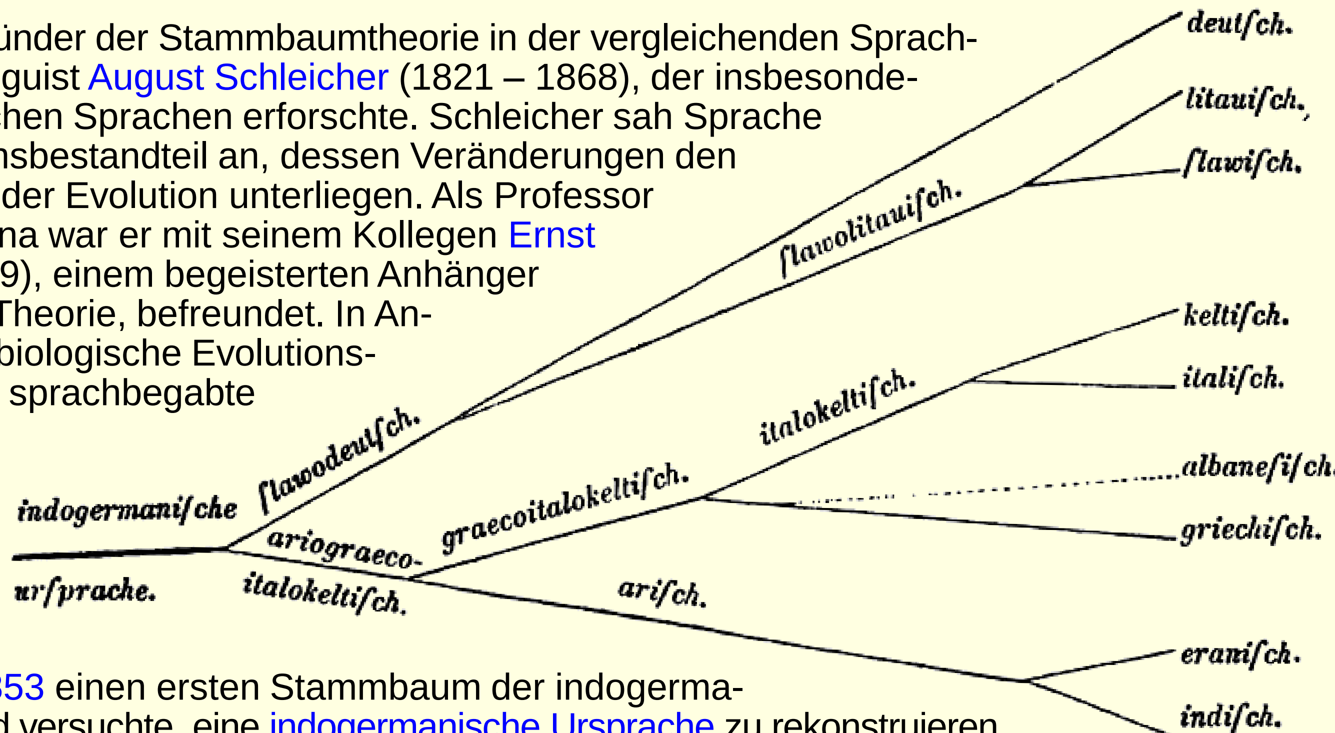
https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Langenzenn_Stadtkirche_-_Marienaltar_7a.jpg

Augustinus als einer der vier lateinischen Kirchenväter, abgebildet (ca. 1440 – 1450) auf der Predella des Marienaltars, welcher in der Taufkapelle im südlichen Seitenschiff der evangelischen Trinitatiskirche von Langenzenn (Bayern) aufgestellt ist. Bis zur Reformation war dies die Augustiner-Chorherrenstiftskirche des dann aufgelösten Klosters. Die Taube als Symbol des Heiligen Geistes ist ein in bildlichen Darstellungen häufig verwendetes Attribut von Augustinus.

Der erste Stammbaum der indoeuropäischen Sprachen

"The formation of different languages and of distinct species, and the proofs that both have been developed through a gradual process, are curiously parallel. … We find in distinct languages striking homologies due to community of descent, and analogies due to a similar process of formation." -- Charles Darwin, 1871

Als eigentlicher Begründer der Stammbaumtheorie in der vergleichenden Sprachforschung gilt der Linguist August Schleicher (1821 – 1868), der insbesondere die indogermanischen Sprachen erforschte. Schleicher sah Sprache als natürlichen Lebensbestandteil an, dessen Veränderungen den Gesetzmässigkeiten der Evolution unterliegen. Als Professor an der Universität Jena war er mit seinem Kollegen Ernst Haeckel (1834 – 1919), einem begeisterten Anhänger der Darwinistischen Theorie, befreundet. In Anlehnung an Darwins biologische Evolutionstheorie skizzierte der sprachbegabte Schleicher bereits 1853 einen ersten Stammbaum der indogermanischen Sprachen und versuchte, eine indogermanische Ursprache zu rekonstruieren.



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Schleicher_Tree.jpg

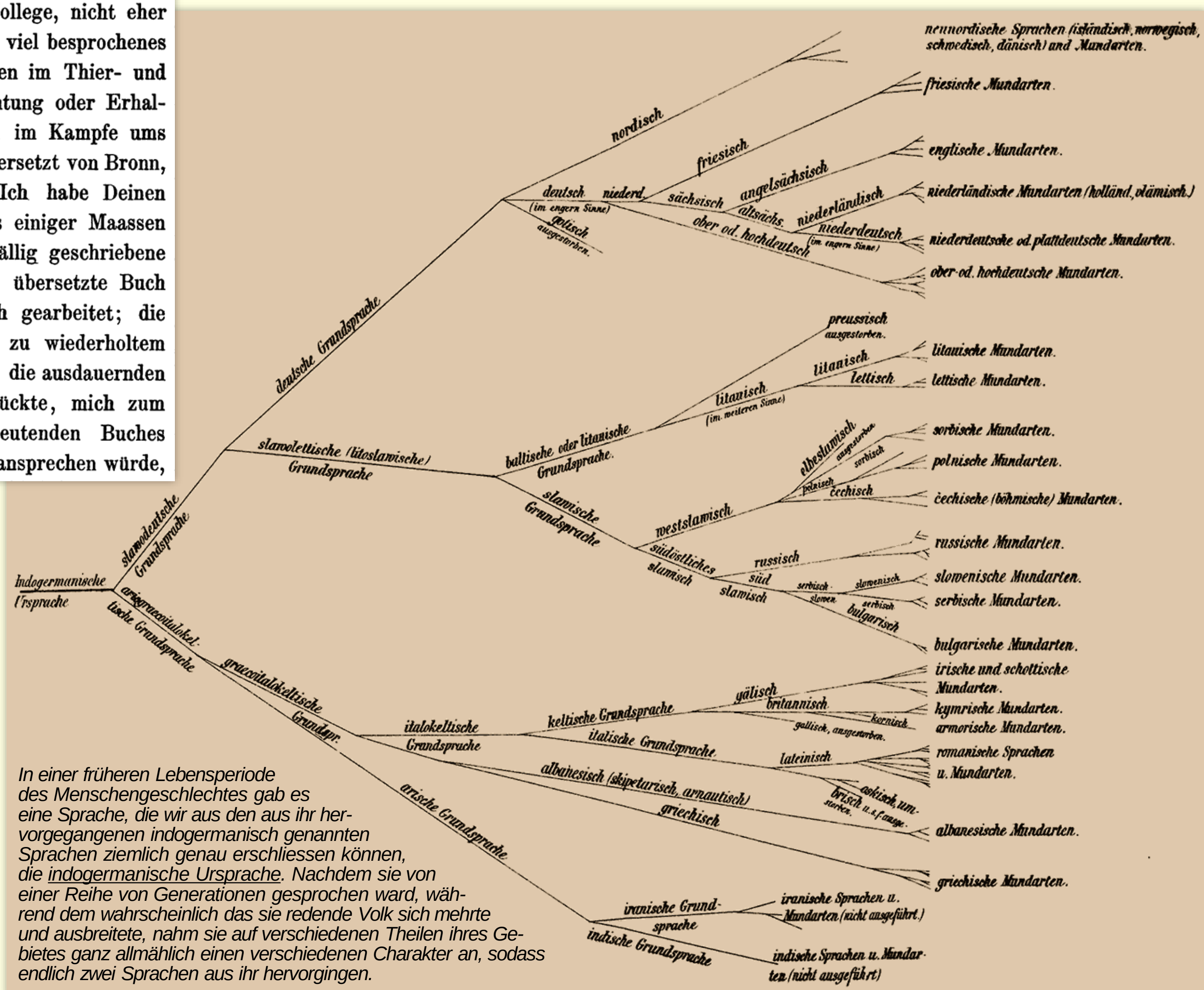
Die ersten Sätze von Schleichers Hauptwerk von 1861 („Compendium der vergleichenden Grammatik der indogermanischen Sprachen – kurzer Abriss der indogermanischen Ursprache, des Altindischen, Altiranischen, Altgriechischen, Altitalischen, Altkeltischen, Alt-slawischen, Litauischen und Altdeutschen") lauten: „Die grammatik bildet einen teil der sprachwißenschaft oder glottik. Dise selbst ist teil der naturgeschichte des menschen. Ire methode ist im wesentlichen die der naturwißenschaften überhaupt […] Eine der hauptaufgaben der glottik ist die ermittelung und beschreibung der sprachlichen sippen oder sprachstämme, d. h. der von einer und der selben ursprache ab stammenden sprachen und die anordnung diser sippen nach einem natürlichen systeme."

Schleicher schrieb, wie auch viele seiner Kollegen, alle Wörter klein, ausgenommen Eigennamen und generell am Satzanfang. (Der Sprachwissenschaftler Johann-Mattis List berichtet, dass sein Bruder in der Schule schliesslich fast alles richtig schrieb, das Substantiv ‚Luft' allerding klein als ‚luft': Die Lehrerin hatte erzählt, nur das, was man anfassen könne, dürfe man grossschreiben.)

Sprachdarwinismus

„Die Sprachen sind Naturorganismen, die, ohne vom Willen des Menschen bestimmbar zu sein, entstunden, nach bestimmten Gesetzen wuchsen und sich entwickelten und wiederum altern und absterben; auch ihnen ist jene Reihe von Erscheinungen eigen, die man unter dem Namen ‚Leben' zu verstehen pflegt." -- August Schleicher

Du hast mir, lieber Freund und College, nicht eher Ruhe gelassen, als bis ich Darwins viel besprochenes Werk über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung oder Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe ums Dasein, nach der zweiten Auflage übersetzt von Bronn, Stuttgart 1860, gelesen hatte. Ich habe Deinen Willen gethan und mich durch das einiger Maassen unbeholfen angeordnete und schwerfällig geschriebene und theilweise in kurioses Deutsch übersetzte Buch von Anfang bis zu Ende hindurch gearbeitet; die meisten Theile des Werks reizten zu wiederholtem Lesen. Vor allem danke ich Dir für die ausdauernden Bemühungen, denen es endlich glückte, mich zum Studium dieses ohne Zweifel bedeutenden Buches zu bewegen. Dass mich die Schrift ansprechen würde,



In einer früheren Lebensperiode des Menschengeschlechtes gab es eine Sprache, die wir aus den aus ihr hervorgegangenen indogermanisch genannten Sprachen ziemlich genau erschliessen können, die <u>indogermanische Ursprache</u>. Nachdem sie von einer Reihe von Generationen gesprochen ward, während dem wahrscheinlich das sie redende Volk sich mehrte und ausbreitete, nahm sie auf verschiedenen Theilen ihres Gebietes ganz allmählich einen verschiedenen Charakter an, sodass endlich zwei Sprachen aus ihr hervorgingen.

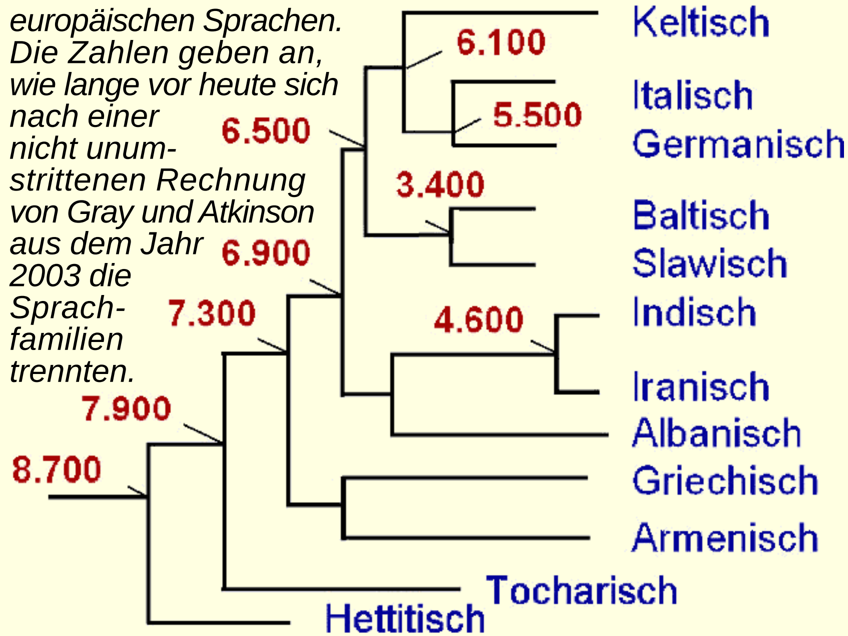
1863 veröffentlicht Schleicher einen genauer ausgearbeiteten Sprachstammbaum als Doppelseite im Anhang eines Buches, das in Form eines „offenen Briefes" an seinen Freund und Kollegen Ernst Haeckel formuliert ist („Die Darwinsche Theorie und die Sprachwissenschaft – Offenes Sendschreiben an Herrn Dr. Ernst Häckel, o. Professor der Zoologie und Director des zoologischen Museums an der Universität Jena").

Stammbaum und Alter indoeuropäischer Sprachklassen

Science, 26 Nov 2003: "Linguists have long assumed that most of the languages of Europe and the Indian subcontinent derive from a single ancient tongue. But researchers have fiercely debated just when and where this mother tongue originated. Now a study asserts that the common root of the 144 so-called Indo-European languages was spoken more than 8000 years ago by Neolithic farmers in Anatolia, in central Turkey.

Evolutionary biologist Russell Gray and his graduate student Quentin Atkinson of the University of Auckland in New Zealand combined state-of-the-art computational methods from evolutionary biology with an older technique for dating languages, called glottochronology. Glottochronology uses the percentage of 'cognate' – words with shared roots – to determine how long ago various languages diverged. No matter how they varied parameters such as the rate of word change, the answer came out pretty much the same: Indo-European languages initially diverged between 7800 and 9800 years ago, with the best guess being around 8700 years, they report in the 27 November issue of Nature. Moreover, the analysis showed ancient Hittite, an extinct Anatolian language, to be closest to the root of the language tree, providing a slam dunk for the so-called Anatolian hypothesis."

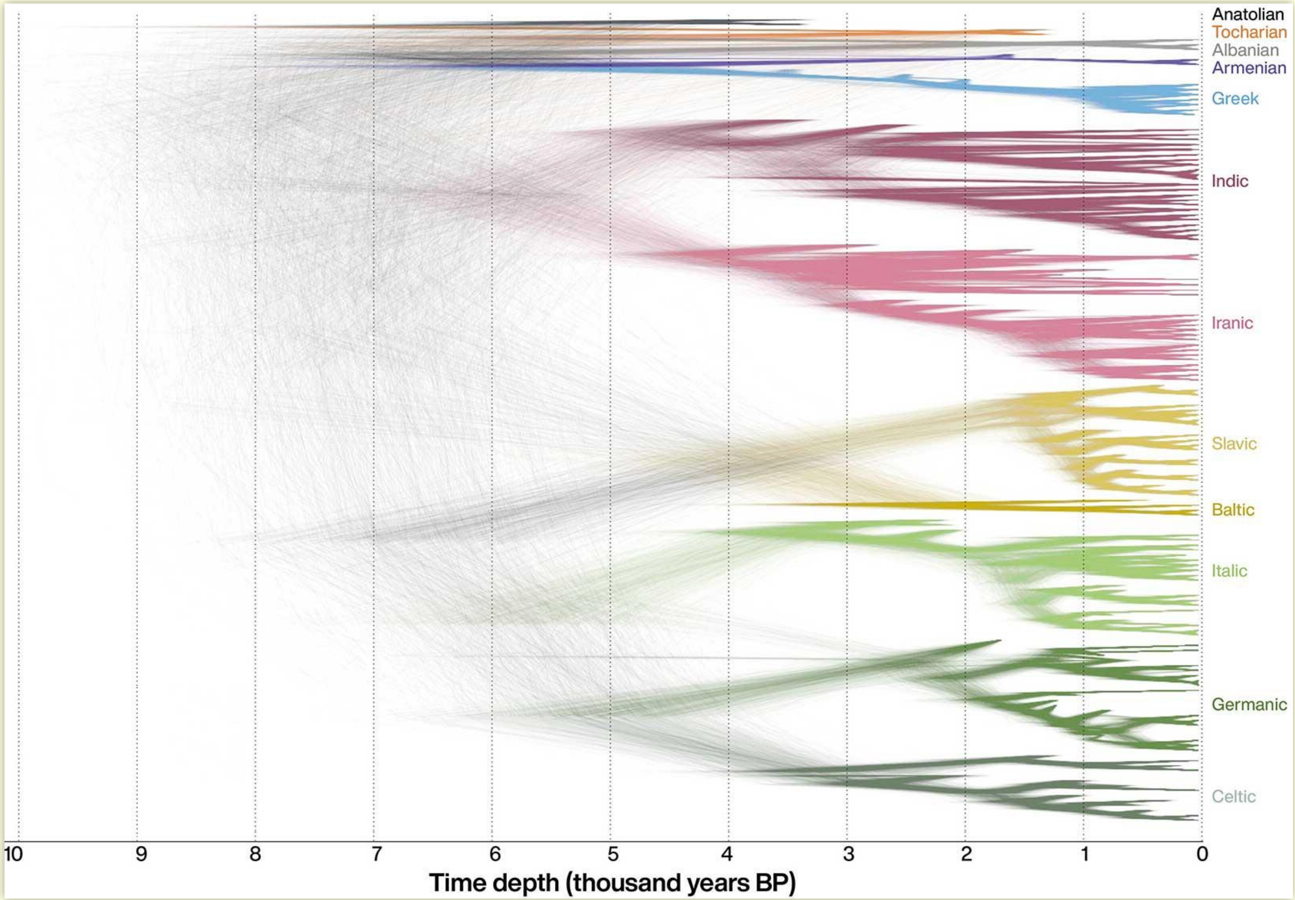
Stammbaum der indo-europäischen Sprachen. Die Zahlen geben an, wie lange vor heute sich nach einer nicht unumstrittenen Rechnung von Gray und Atkinson aus dem Jahr 2003 die Sprachfamilien trennten.



Eine Dampfwalze der Indogermanen über Europa und weite Teile Südwest- und Zentralasiens hinweg! Vorherige Sprachreste sind heute ausgelöscht. Diffusion aus dem Osten über ganz Europa hinweg! Tatsächlich über ganz Europa? Nur in einem kleinen Winkel Europas „widersteht eine unbeugsame Gemeinschaft". Nein, nicht wie Sie vielleicht denken, denn die Gallier um Asterix waren Kelten, Indogermanen, sprachlich den Römern also verwandt. Auch nicht dort in der Bretagne wie bei Asterix, sondern ein bisschen weiter südlich um den Golf von Biskaya. Dort widersteht ein streitbares Völkchen bis heute der Romanisierung, damit der Indogermanisierung. Es sind die Basken, sie sprechen eine Sprache, die keiner indogermanischen verwandt ist. – Gero Vogl

Ein probabilistischer Stammbaum indoeuropäischer Sprachen mit nebulösem Ursprung

La recherche d'une langue-mère indo-européenne n'est que l'une des formes du mythe de la Tour de Babel. -- Jean-Paul Demoule

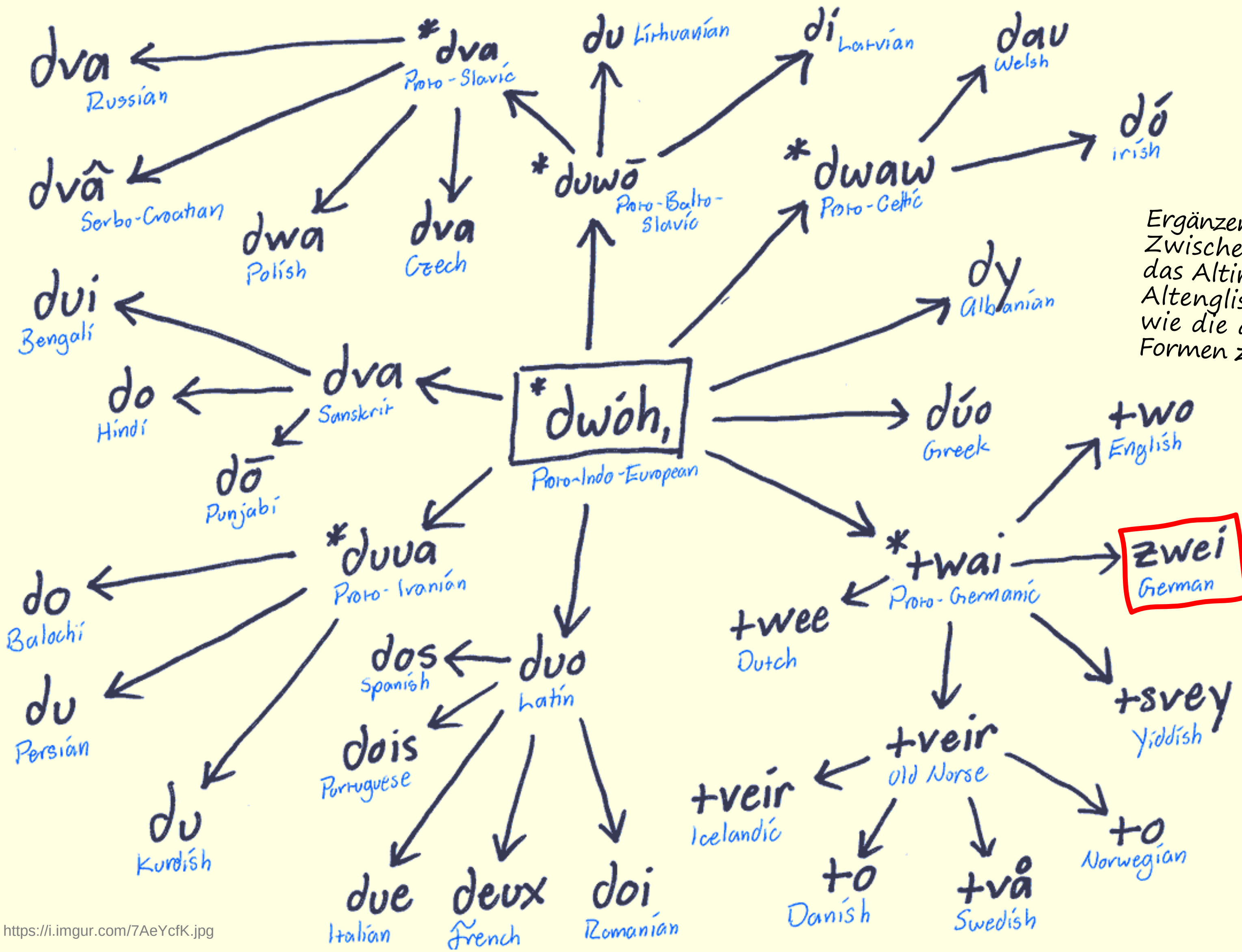


Vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie wurde im Jul 2023 eine neue Analyse zum Ursprung der indogermanischen Sprachen veröffentlicht. Der Ursprung liegt demgemäss südlich des Kaukasus, die Aufspaltung in verschiedene Sprachen begann vor ca. 8000 Jahren, induziert durch Wanderungsbewegungen der Sprecher.

Die Analysemethode liefert eine Vielzahl von Stammbäumen mit einer gewissen Verteilung. Um diese zu visualisieren und besser verstehen zu können, wird das tool „DensiTree" verwendet: „It works by drawing all trees in the set transparently thus highlighting areas where the trees in the set agree. In this way, both uncertainty in clade heights and uncertainty in topology can be visualised."

Das Resultat ist ein Baum, der einigermassen „fuzzy" ist; insbesondere die Wurzel verschwindet ganz im Nebel – dies ist allerdings Absicht und spiegelt die Unsicherheit bzw. die Wahrscheinlichkeitsverteilung wider. In diesem Fall liegt der Ursprung mit 95% Wahrscheinlichkeit zwischen 6740 und 9610 Jahre zurück, der wahrscheinlichste Wert ist 8120 Jahre. Veröffentlichung und Bildquelle: Paul Heggarty et al.: *Language trees with sampled ancestors support a hybrid model for the origin of Indo-European languages.* Science 381, 2023, www.science.org/doi/10.1126/science.abg0818

► Etymologischer Entwicklungsbaum von „zwei“



https://i.imgur.com/7AeYcfK.jpg

Ergänzen könnte man Zwischenformen wie das Altirische **da**, das Altenglische **twā** sowie die altdeutschen Formen **zwa** und **zwo**.

„*Zwo Franke* ist berechtigt überall da, wo Franke als weibliches Wort behandelt wird, nämlich in gewissen Gegenden des Aargaus, des Basel- und Bernbiets, des Glarnerlands, in Schwyz, Obwalden, Uri und Solothurn.“ -- Mitteilungen des Deutschschweizerischen Sprachvereins, 1935

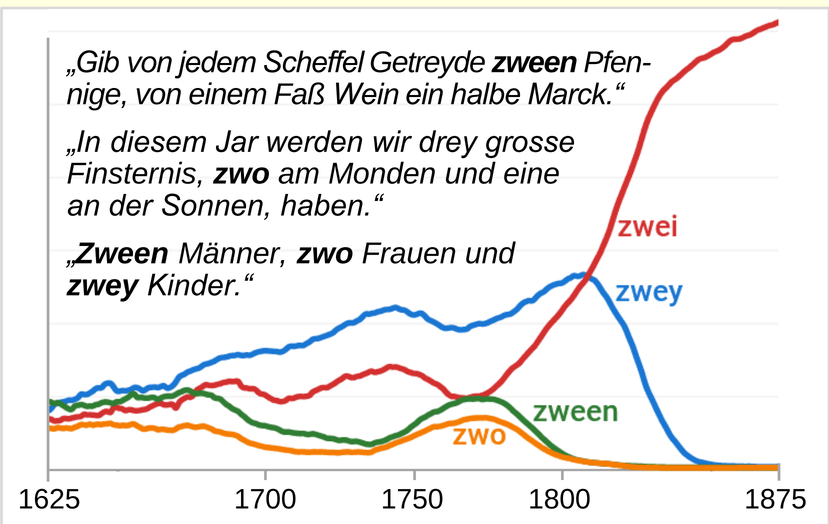
Etymologie von „zwei“ (Paraphrase des Duden)

> *Mit **zween** Herrn ist schlecht zu kramen;*
> *Noch schlechter, fürcht ich, mit **zwo** Damen…*
> -- Wilhelm Busch (Maler Klecksel, 1884)

Nur noch mundartlich gebräuchlich („zwee Manne, zwoo/zwöö Fraue, zwäi/zwöi/zwaa/zwää Chind“) sind die alte maskuline Form *zween* und die alte feminine Form *zwo*. Das Zahlwort *zwei* ist gemeingermanisch, vergleiche etwa gotisch twai, twōs, twa, englisch two, schwedisch två. Es beruht auf indogermanisch *du̯ō(u), *du̯ai. In anderen indogermanischen Sprachen sind zum Beispiel verwandt altindisch dvau, griechisch dýo, lateinisch duo. Kaum ein anderes Wort blieb in der Gesamtheit aller indogermanischen Sprachen über die jahrtausendelange Sprachentwicklung so resistent gegenüber lexikalischen Ersetzungen.

Wahrscheinlich gehört zu zwei auch das Präfix *zer*.... (z.B. in zerteilen, zerkleinern, zersägen) als eine Verquickung von althochdeutsch zi-, ze- und althochdeutsch ir- (Mittelhochdeutsch dann er-). Dabei bedeutet zi- bzw. ze- »entzwei, auseinander« und ist verwandt mit griechisch diá »durch, entzwei, auseinander« (dia..., Dia...) und lateinisch dis- »auseinander-« (dis..., Dis...). Der zweite Bestandteil ir- bzw. er- bedeutet eigentlich »heraus, hervor«, dann aber auch »zum Ende hin« und bezeichnet daher das Einsetzen eines Geschehens oder die Erreichung eines Zweckes, wie z.B. bei er-blühen, er-steigen, er-blassen.

Wortbildungen zu zwei sind *Zuber* (eigentlich »Zweiträger, Gefäß mit zwei Henkeln«; das althochdeutsche Verb beran bedeutet »tragen«, vgl. gebären bzw. engl. bear und den Einhenkler »Eimer«, ursprünglich »einber«, als Gegenwort), *zwanzig* (mittelhochdeutsch zweinzec, eigentlich »zwei Zehner«), *Zweifel* (eigentlich »zweifache Möglichkeit«), *Zweig* (eigentlich »der Aus-zwei-Bestehende«, also ein gegabelter Ast), *Zwillich* (eigentlich »zweifach«, vgl. auch »Drillich«), *Zwilling* (eigentlich »Zweiling«, vgl. engl. twin von mittelenglisch tvinling; das ‚n‘ ist in mittelhochdeutscher Zeit an ‚l‘ angeglichen worden), *Zwirn* (eigentlich »zweifacher Faden«), *zwischen* (eigentl. »innerhalb von Zweifachem«), *Zwist* (eigentl. »Entzweiung«), *Zwitter* (eigentl. »zweierlei«). Vgl. auch *Zwickmühle, entzwei* sowie Bildungen mit *Zwie*.... (z.B. Zwieback, Zwiegespräch, Zwietracht; allerdings nicht Zwiebel – diese stammt vom lat. cepula!).



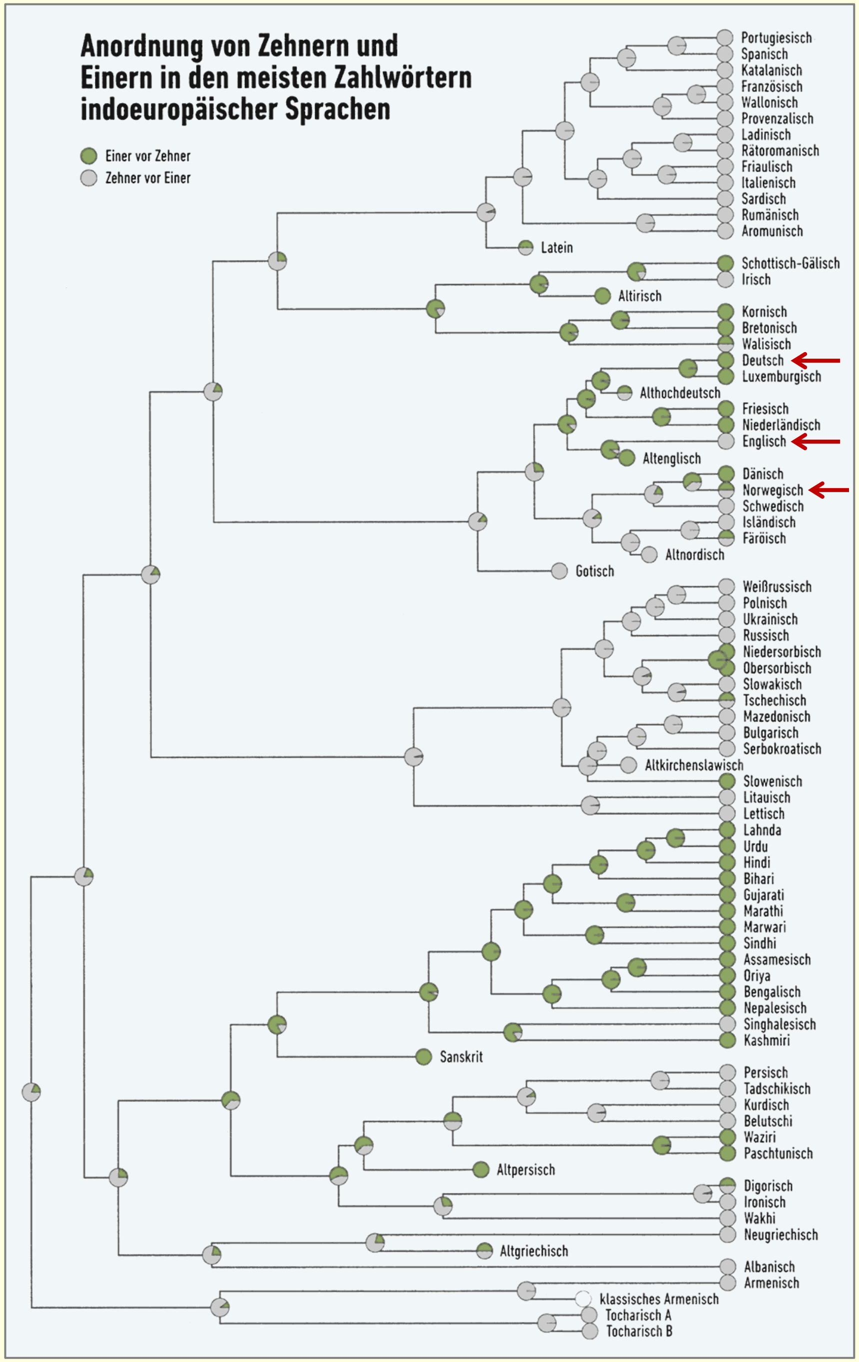
Die Zahlwörter „zwei“ und „drei“ gehören zu den häufigsten Wörtern im Deutschen, sie sind etwa so häufig wie „Leben“, „Mensch“, „Zeit“ oder „Geld“. Vor 1800 schrieb man beides allerdings eher mit „y“ statt mit „i“. Ungebräuchlich sind heute die genusspezifischen Formen „zween“ / „zwo“.

> *…Nach diesem mit Zittern gemachten Vermerke*
> *Fahren wir fort im löblichen Werke.* -- W.B.

► Einundzwanzig ↔ Zwanzigeins

Im Unterschied zu vielen sonstigen Sprachen benennt man im Deutschen die Zahl 21 nicht von links nach rechts als „zwanzig-eins“, sondern in umgekehrter Reihenfolge als „ein-und-zwanzig“. Im Englischen ist es mit *twenty-one* anders – das gilt für alle Zahlen zwischen 21 und 99 (mit Ausnahme der vollen Zehner); erst die Hunderterstellen werden in beiden Sprachen wieder zuerst genannt. Das ist erstaunlich, sind doch Deutsch und Englisch recht nah verwandt. Wie war es in der gemeinsamen „Ursprache“, wie sah dies z.B. noch bei den Angeln, Franken und Alemannen aus, und wann (und wieso) gab es in einem der Sprachäste dann die Umstellung?

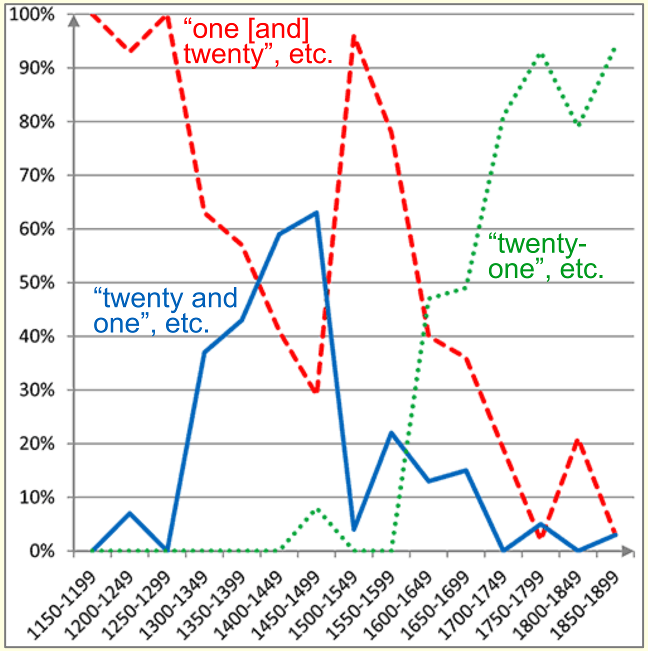
Andreea Calude und Annemarie Verkerk nahmen eine typologische Analyse der Zahlwörter von 81 indogermanischen Sprachen vor – sie versuchten, daraus auch Rückschlüsse über vorgeschichtliche Stammsprachen zu gewinnen. Im nebenstehenden Baum zeigen Tortendiagramme zu wieviel Prozent in den jeweiligen Sprachen die Einerstellen vor den Zehnerstellen gesprochen werden. Bei den modernen Sprachen ist z.B. das Norwegische auffällig. Tatsächlich zählte man in Norwegen lange 21, 22, 23 mit *enogtyve, toogtyve, treogtyve*; das norwegische Parlament beschloss dann aber 1950, dass im



Andreea S. Calude, Annemarie Verkerk, https://doi.org/10.1093/jole/lzw003 (Fig.5), reproduziert von FAZ 3.12.2023, S. 54

Schulunterricht und im Rundfunk eine „unverdrehte“ Zahlensprechweise *tjueen, tjueto, tjuetre* zu verwenden sei. Auslöser dafür war, dass Ende der 1940er-Jahre die Telefonnummern in Oslo sechsstellig wurden, und es bei der Nennung einer Nummer 725648 mit „zweiundsiebzig-sechsundfünfzig-achtundvierzig“ mehr Missverständisse gab als bei einer konsequenten Ziffernfolge von links nach rechts. Die Umgewöhnung fand allerdings nicht so schnell wie erhofft statt. Heute verwenden jüngere Menschen oft die revidierte Methode (nye tellemåten), ältere Menschen bevorzugen aber meist, zumindest privat und im Dialekt, noch die klassische Sprechweise. Und aufgrund der unterschiedlichen Schriftsprachen „Bokmål“, „Riksmål“ und „Nynorsk“ sind sogar auch diverse (Misch)formen in Gebrauch. Die 27 wird z.B. mit *tjuesju* oder *tjuesyv,* aber auch mit *syvogtyve, sjuogtjue, syvogtyve* oder (seltener) *tyvesyv* bezeichnet… (*tyve* [dän.] bedeutet „zwanzig“, *tyv* / *tyver* aber „Dieb“ / „Diebe“).

Interessanterweise war vor dem 13. Jh. für die Zahlen zwischen 21 und 99 die Sprechreihenfolge in englischen Zahlworten wie im Deutschen, die Umkehrung in der Reihenfolge zog sich über mehrere hundert Jahre hin, vgl. nebenstehende Graphik. (Die „Revolution“ begann übrigens noch vor der allgemeinen Einführung des indo-arabischen Zahlensystems!) Bei 13 bis 19 zählt man im Englischen allerdings auch heute noch von „hinten nach vorne“: *thirteen, fourteen, fifteen*… *nineteen*; im Italienischen ganz ähnlich mit, *tredici, quattordici, quindici*, *sedici*, aber dann wechselt es zu *diciassette, diciotto* etc. Im Französischen auch von *seize* auf *dix-sept*, im Spanischen findet der Wechsel bereits früher statt: *quince, dieciséis*. Die Römer sagten *unus et viginti* oder *viginti unus* für 21; die 18 nannten sie übrigens *duodeviginti*, also „zwei weg von zwanzig“, obwohl sie die Zahl ziffernmässig als eine andere Rechenaufgabe (10 + 5 + 1 + 1 + 1) schrieben: XVIII.

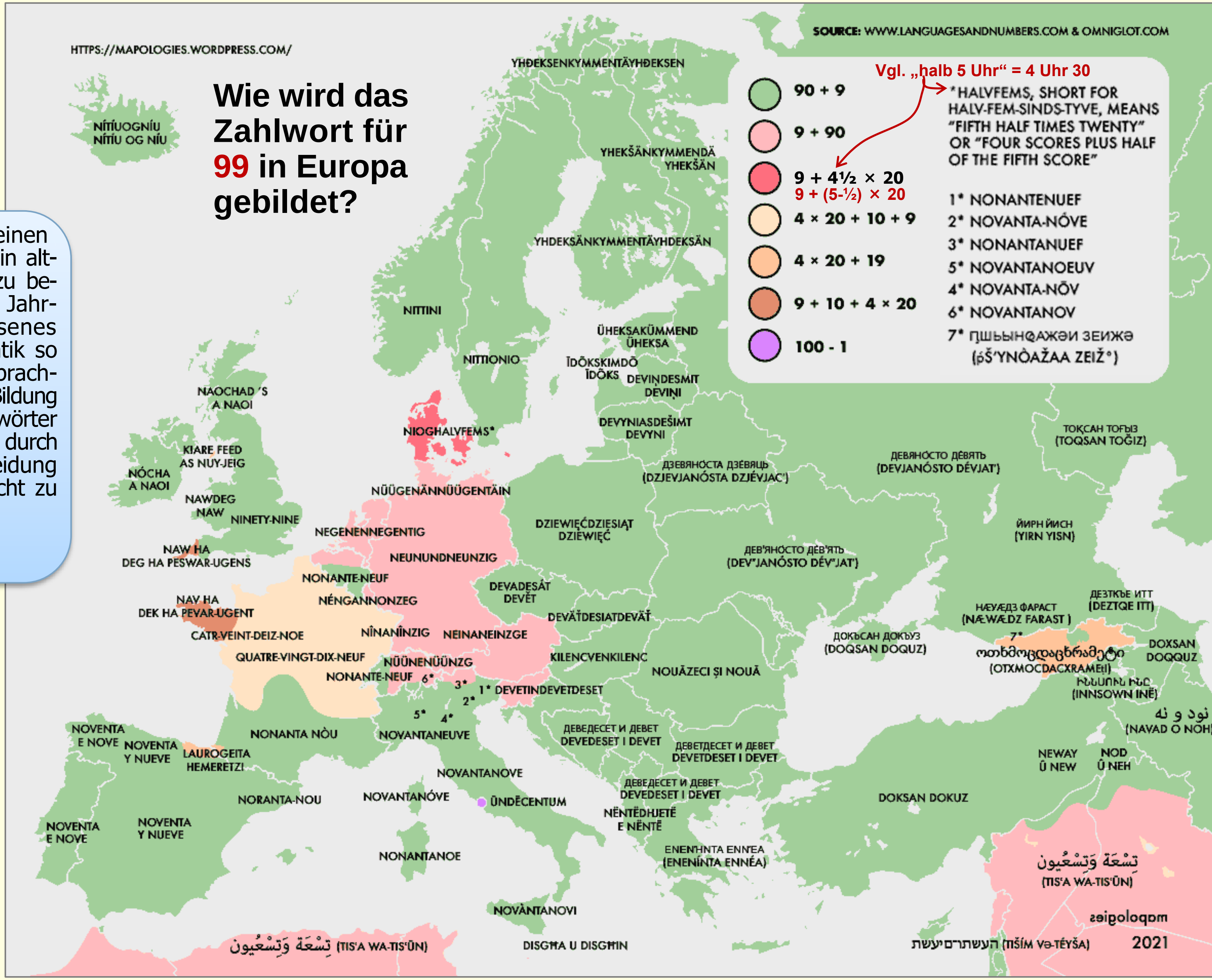


Thomas Berg, Marion Neubauer: From unit-and-ten to ten-before-unit order in the history of English numerals, doi:10.1017/S0954394513000203

“A woman of **seven and twenty**,” said Marianne, after pausing a moment, “can never hope to feel or inspire affection again.” – Jane Austen, Sense and Sensibility (1811)

Muttersprachler des Französischen haben „Rechenaufgaben“ wie *quatre-vingt-dix-neuf* natürlich verinnerlicht, aber in Belgien und der Schweiz macht man es zumindest Fremdsprachlern mit *nonante-neuf* etwas einfacher… Die folgende Abbildung zeigt, wie das Zahlwort für 99 in verschiedenen Sprachen gebildet wird. →

Wie wird das Zahlwort für 99 in Europa gebildet?



www.reddit.com/r/MapPorn/comments/113rf4w/how_to_write_99_in_different_european_languages/

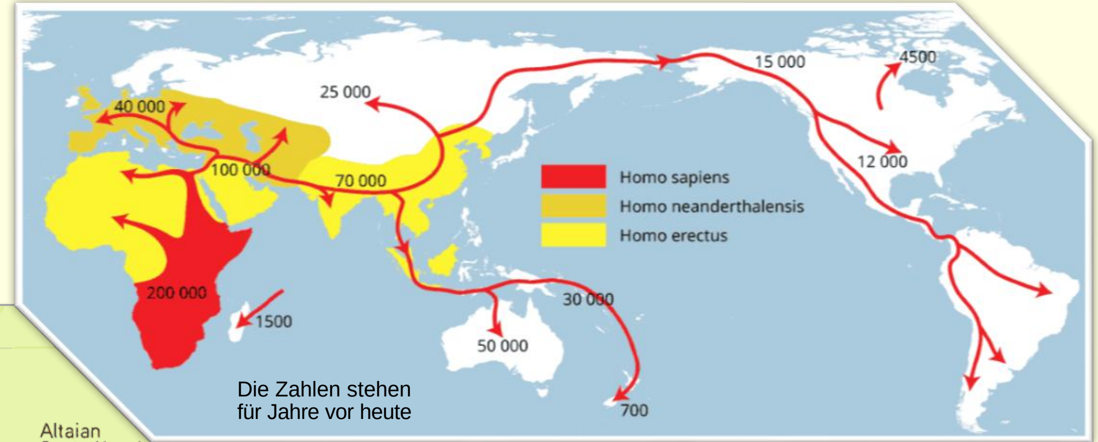
„Als Philologen meinen wir, dass ein schon in althochdeutscher Zeit zu beobachtendes, über Jahrhunderte gewachsenes und in der Grammatik so tief verwurzeltes Sprachphänomen wie die Bildung der deutschen Zahlwörter zwischen 13 und 99 durch eine Willensentscheidung bzw. Verordnung nicht zu verändern ist.“

-- Gesellschaft für deutsche Sprache

„Neunundneunzig Luftballons“ heisst in der Zulu-Sprache „amabhaluni angamashumi ayisishiyagalolunye nesishiyagalolunye“ (10 x 9 + 9).

Im klassischen Walisischen lautete es: „pedwar ar bymtheig ar bedwar ugain“ ((4 + 15) + 4 x 20). Im Lateinischen war auch „nonaginta novem“ (90 + 9) üblich; dagegen war XCIX als ((-10 + 100) + (-1 + 10)) wohl unaussprechlich…

► Migrationsbaum „Out of Africa“



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spreading_homo_sapiens_la.svg

https://turbotodd.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/11/geno-project-human-migration-map_print.jpg

Basierend auf Mol. Biol. & Evol. 1(29), Jan 2012, pp. 25 – 30, https://doi.org/10.1093/molbev/msr213

Vor rund 70000 Jahren begann der Homo sapiens, ausgehend von Afrika, sich weltweit auszubreiten (im Schnitt 400 Meter pro Jahr) und immer stärker zu vermehren. Ein biologischer Evolutionsschritt hatte für eine Überlegenheit gegenüber anderen Homo-Arten gesorgt, die (endgültig vor wenigen tausend Jahren) durch den Homo sapiens verdrängt wurden.

Es gibt verschiedene Theorien zu den genauen Migrationspfaden bei der Ausbreitung des Homo sapiens.

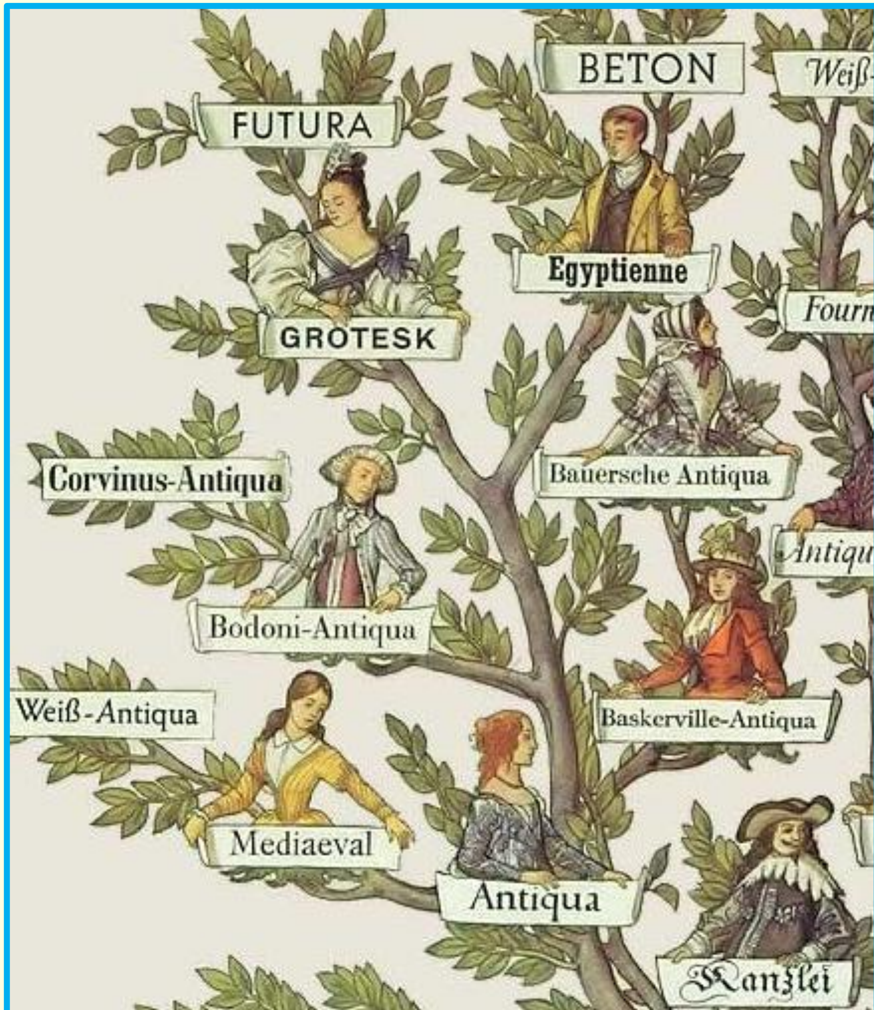
“A six-year study mapping genetic patterns found that people who ended up in Europe, Asia and Oceania got there by crossing the sea to Arabia around 70,000 years ago.

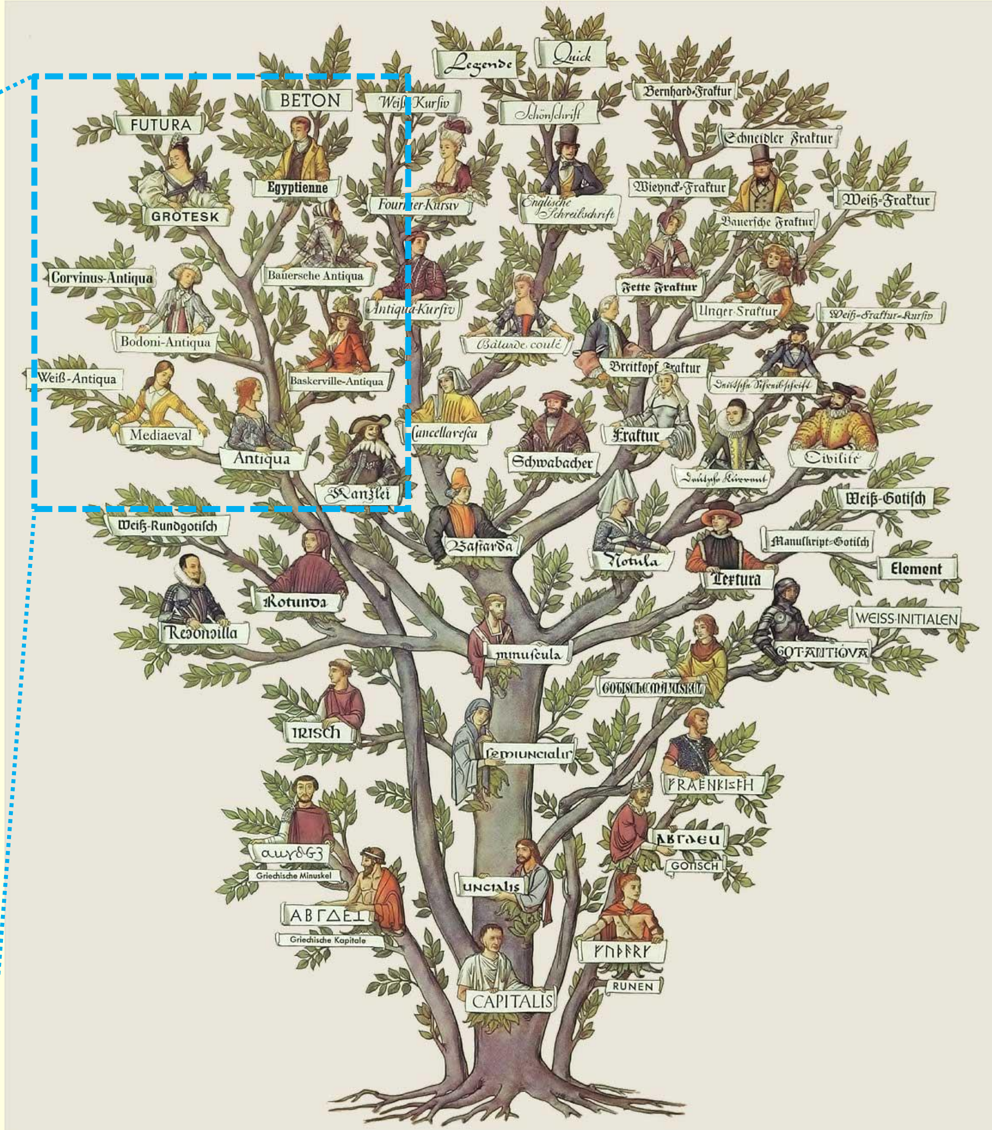
Evidence shows sea levels were probably low enough for the first people to cross from the horn of Africa into Arabia via the Red Sea’s Bab-el-Mandeb straits. From there it seems that southern Asian countries like India were key stopping points from where humans spread across the rest of the world. Settlers followed a coastal route down into east Asia and Oceania while others burst upwards into Iran, Russia, Europe and China.”

www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2057546/Early-humans-Africa-route-Arabia-Egypt.html (Nov. 2011)

► Stammbaum der Schrifttypen

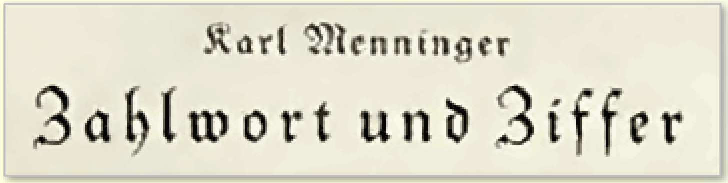
Mehrfarbiger Holzschnitt von Fritz Kredel zum 100-jährigen Bestehen der Bauerschen Schriftgießerei im Jahr 1937.

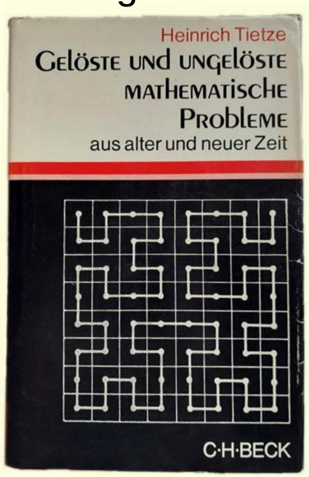


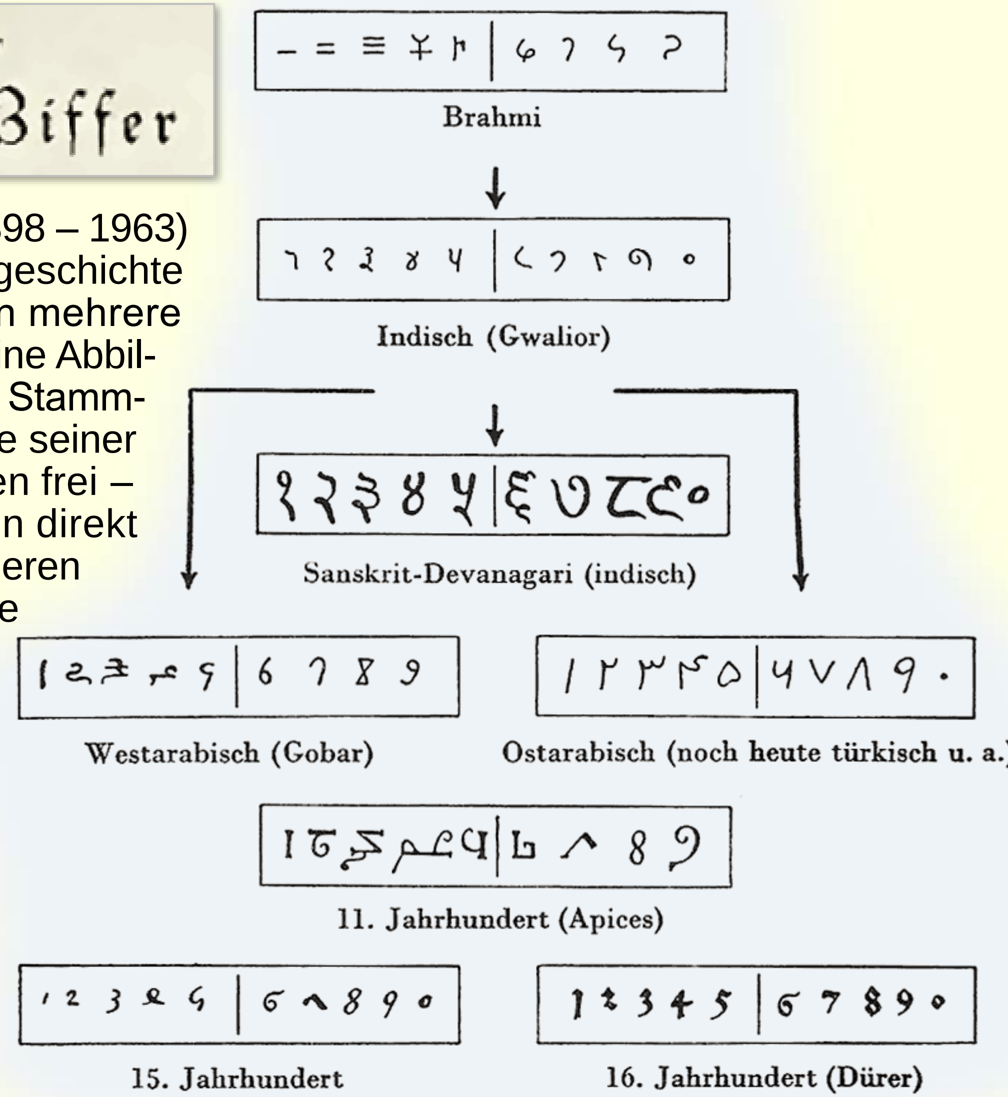


► Stammtafel „unserer“ Zahlzeichen

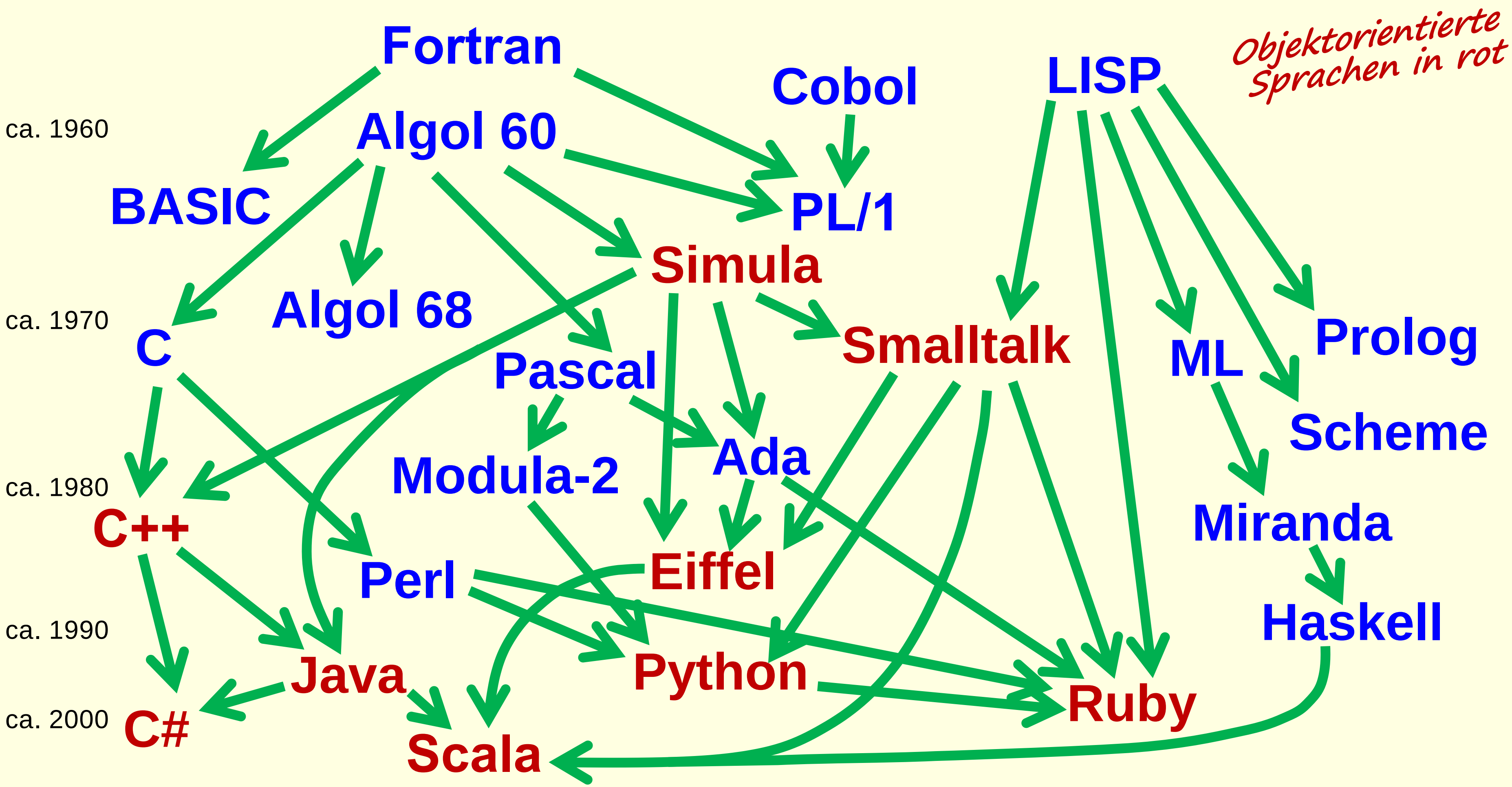
Im Jahr 1934 veröffentlichte der Mathematikhistoriker und Autor mathematischer Sachbücher Karl Menninger (1898 – 1963) sein Buch „Zahlwort und Ziffer – Eine Kulturgeschichte der Zahl“, das schnell bekannt wurde und in mehrere Sprachen übersetzt wurde. Es enthielt u.a. eine Abbildung „Stammtafel unserer Zahlzeichen“. Der Stammbaum ist nicht ganz perfekt ausgeführt: Einige seiner Blätter haben sich wohl gelöst und schweben frei – stammen die europäischen Zahlzeichen nun direkt vom Westarabischen ab oder von einem anderen Ahnen? Aber vermutlich war diese Unschärfe aufgrund der im Detail komplexen und nicht klar rekonstruierbaren Abstammung der einzelnen Zeichen auch Absicht. Das Bild wurde jedenfalls von anderen Autoren abgepaust oder nachgezeichnet: rechts eine Abbildung aus „Gelöste und ungelöste mathematische Probleme aus alter und neuer Zeit“ (1949) von Heinrich Tietze (1880 – 1964).







► Ein Programmiersprachen-Stammbaum



Dies ist allerdings nur eine sehr grobe Darstellung der Verwandtschafts- und Abstammungsgeschichte. Algol 60 wird oft als das „Latein der Programmiersprachen“ bezeichnet, weil viele Eigenschaften von Algol in die heutigen Programmiersprachen vererbt worden sind. Entsprechend stellt Simula das „objektorientierte Latein“ dar. (Wieso Latein? →)

► Stemma codicum manuscriptorum

Gen. pl. von

Codex *(lat.): Handschrift (zwischen Holzdeckeln), Gesetzbuch. Bedeutet eigentlich „abgeschlagener Baum, gespaltenes Holz“ (zu lateinisch „cudere“ = „schlagen“), dann übertragen „Schreibtafel (aus gespaltenem Holz; meist mit Wachs beschichtet, das mit einem Griffel eingekratzt wurde); Buch; Verzeichnis etc.“. Auch das franz. bzw. engl. Wort „**code**“ und damit auch code civil, code de la route, to code, to decode, pin code, source code, Unicode etc., aber z.B. auch Verhaltenskodex, gehen darauf zurück; vgl. auch „Coden ist heute mehr als nur eine Nische für Computerfreaks“.*

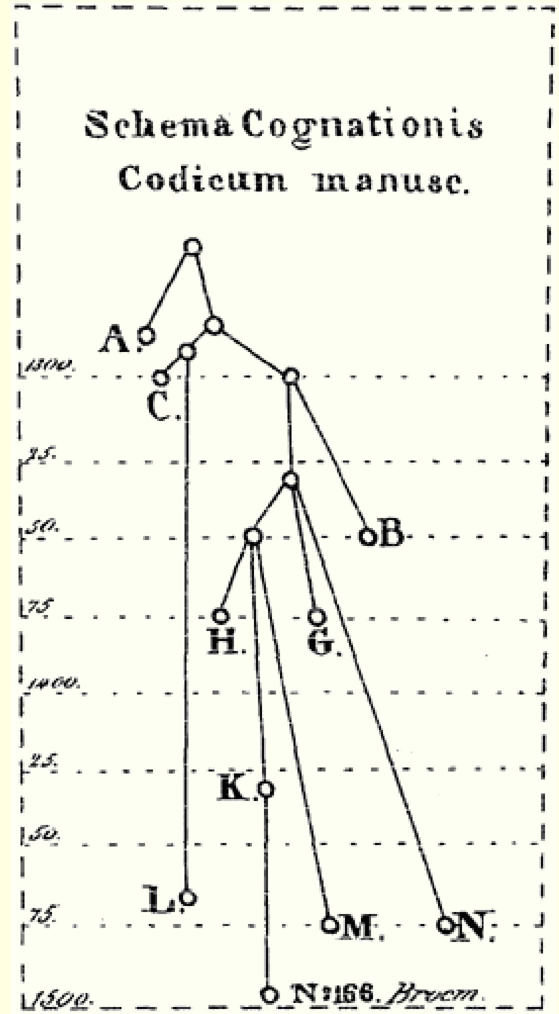
Ein stemma codicum ist ein Stammbaum, der die Verwandtschaft von Manuskripten darstellt. Dabei symbolisiert ein Knoten ein Manuskript und eine Kante einen Kopierprozess. Bei jedem handschriftlichen Kopierprozess passieren Fehler, die dazu führen, dass alle Manuskripte unterschiedliche Textfassungen aufweisen.

https://images.bnf.fr/detail/711758

Jacques de Guyse: Chroniques de Hainaut, 15. Jh. (BNF)

Armin Hoenen schreibt dazu: „Nachdem Editoren zu Beginn des Printzeitalters für handschriftlich tradierte Texte entscheiden mussten, welche Version eines Textes sie drucken und damit einer breiten Masse zugänglich machen, entstand langsam ein Bewußtsein für die Notwendigkeit einer genauen Analyse der Manuskriptgenealogie, um möglichst präzise den Autorentext wiederzugeben. Im Printzeitalter bedeutete dies die Reise an verschiedene teils weit auseinanderliegende Aufbewahrungsorte der Manuskripte, den händischen Vergleich der Wortlaute der Manuskripte und später den Vergleich durch Photographien (Faksimiles). Gleichzeitig wurde die theoretische Auseinandersetzung mit der richtigen Art und Weise, Übereinstimmungen und Divergenzen in Manuskripten zu interpretieren, immer genauer geführt.“

Erstmalig publiziert wurde ein stemma codicum von Carl Johan Schlyter (1795 – 1888, Professor in Uppsala und später in Lund) im Jahr 1827 in einer Sammlung historischer schwedischer Gesetze. Das Stemma bezieht sich auf den Västgötalagen, einen Gesetzestext, der um 1220 verfasst wurde und eines der ältesten erhaltenen Dokumente in schwedischer Sprache darstellt.

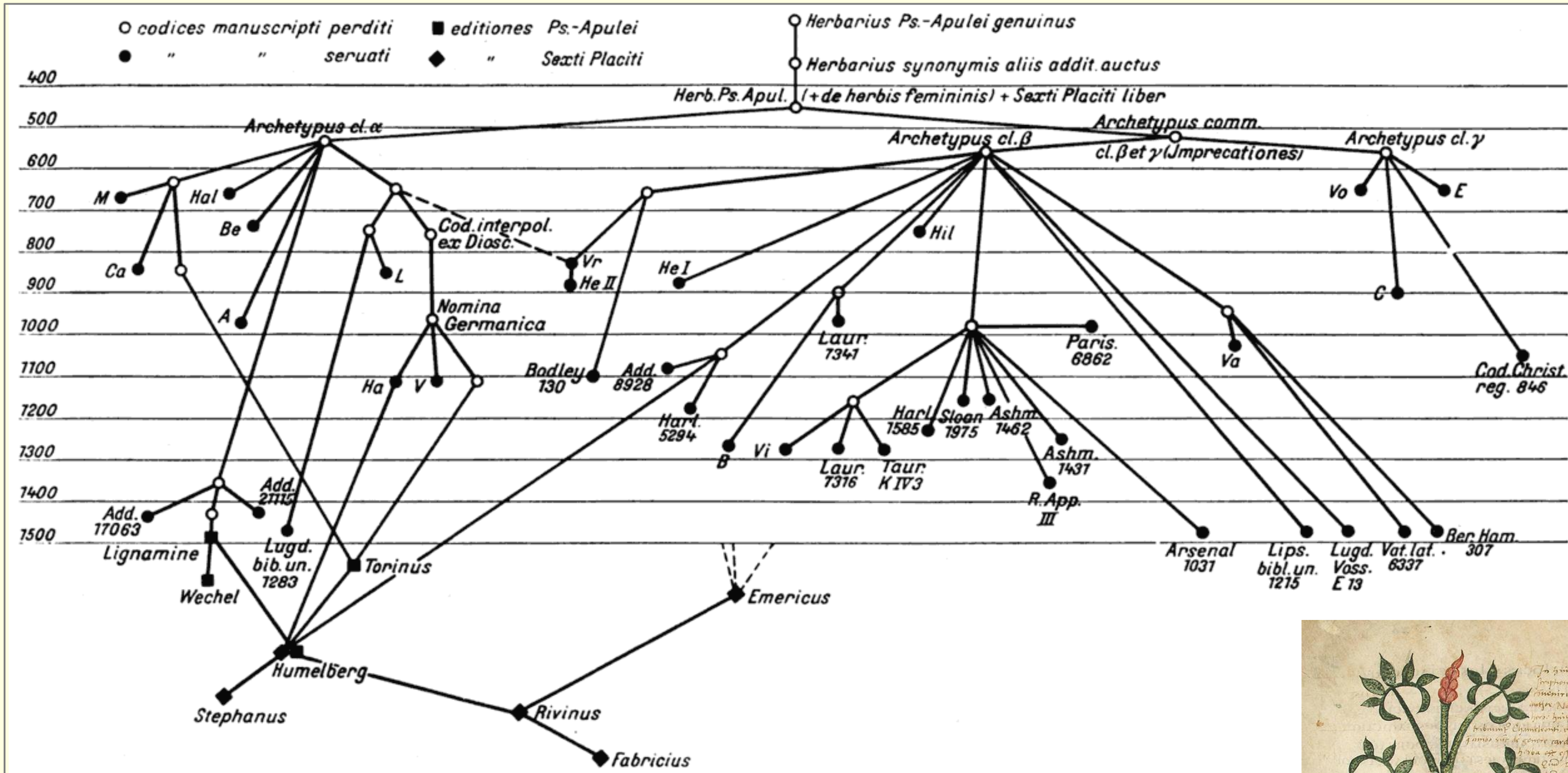


www.sglp.uzh.ch/static/MLS/stemmatology/attachments/229150041/229152982.jpg

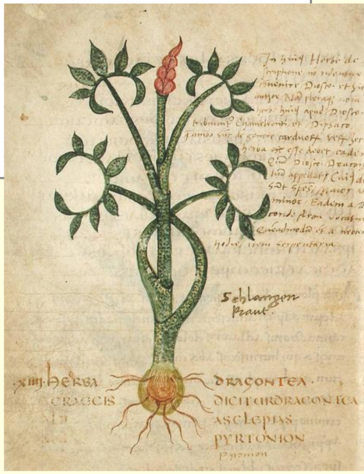
Stemma des Västgötalagen (Codex Iuris Vestrogotici) mit Zeitskala.

► Stemma codicum (2)

Das Wort „stemma“ hat nichts mit dem deutschen Wort „Stamm“ zu tun (letzteres hängt mit „stehen“ zusammen, genauso wie z.B. Ständer oder Stuhl), sondern ist ein griechisches Wort („στέμμα“), das eigentlich „Kranz“ / „Girlande“ bedeutet, abgeleitet vom Verb „στέφω“ (stepho, „umschlingen“), aber schon im klassischen Latein die Bedeutung von „Stammbaum“ hatte.



https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Howald#/media/Datei:Howald-sigerist.png

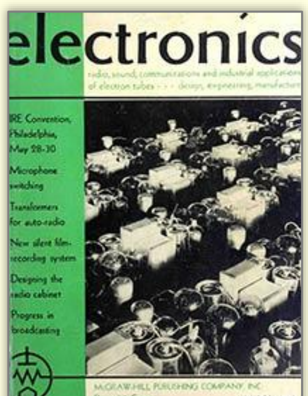


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leiden_Dragontea.jpg

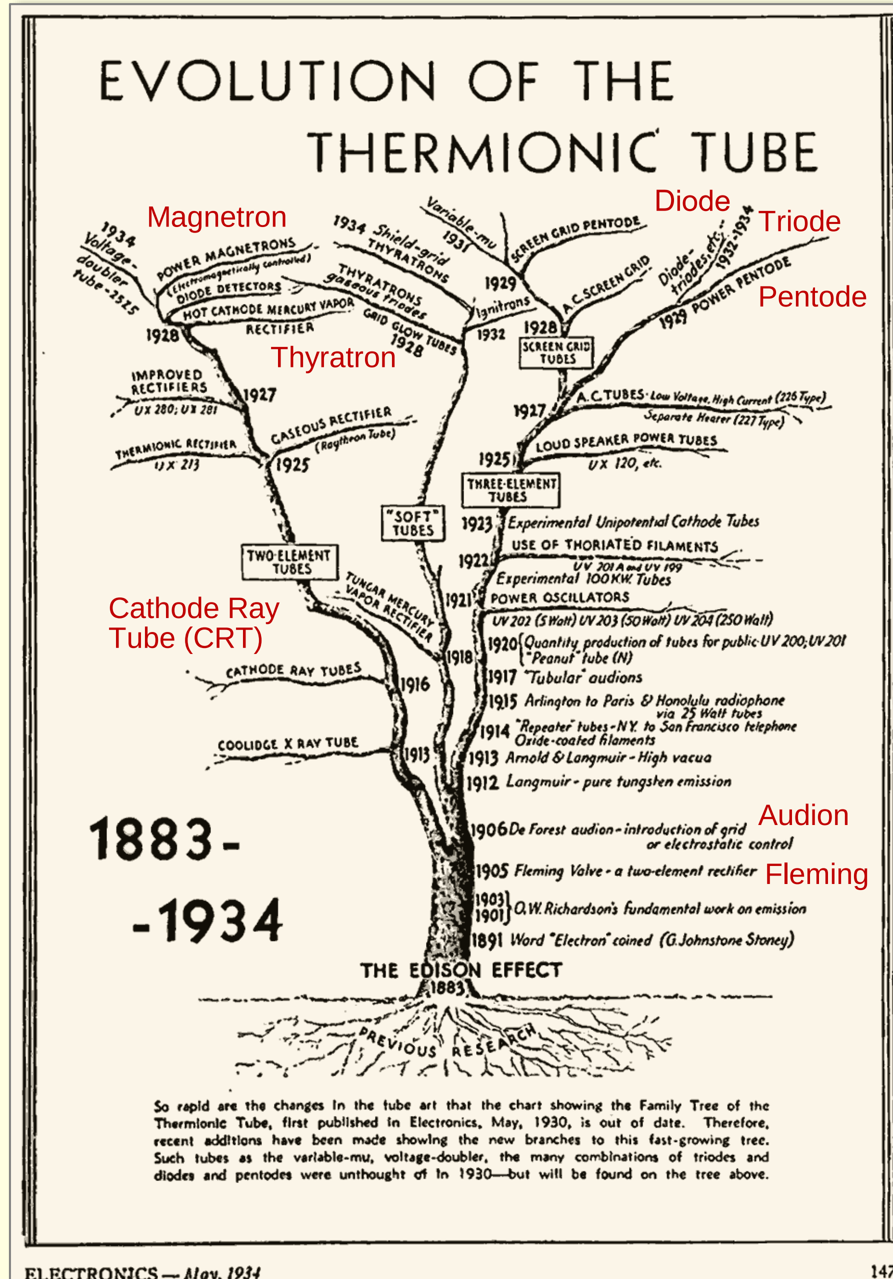
1927 durch den Philologen Ernst Howald (1887 – 1967, Rektor der Universität Zürich von 1938 bis 1940) und den Medizinhistoriker Henry Sigerist (1891 – 1957, Professor in Leipzig und Baltimore) erstelltes Stemma der Apuleius-Codices – ein illustriertes Kräuterbuch, das Heilpflanzen und ihre medizinische Anwendung beschreibt. Den editierten Druckausgaben in späterer Zeit wurden oft mehrere unterschiedliche mittelalterliche Manuskripte zugrunde gelegt, daher laufen verschiedene Manuskriptlinien schliesslich wieder zusammen – graphentheoretisch ist dies kein Baum, sondern ein gerichteter azyklischer Graph.

► Evolutionsbaum der Elektronenröhre

Mit den Elektronenröhren (Erfindung 1904 durch John Ambrose Fleming, Vermarktung dann ca. ab dem Jahr 1915) begann das elektronische Zeitalter. Röhren dienen der Erzeugung, Verstärkung oder Modulation elektrischer Signale. Sie bestehen aus einem luftleeren Glaskolben mit Metall-Elektroden, darunter die Anode und die Kathode. Aus der beheizten Kathode (daher „thermionic“) treten Elektronen aus und werden durch ein elektrisches Feld zur Anode bewegt, dabei kann der Strom von der Kathode zur Anode durch eine weitere Elektrode, aufgrund ihrer Form „Gitter“ genannt, gesteuert werden. Damit können „analoge“ elektronische Geräte wie Verstärker, Radioempfänger und Sender realisiert werden – ab Ende der 1940er-Jahre auch digitale Computer (damals „Elektronen-“ bzw. „Röhrenrechner“ genannt), indem die Röhren nicht mehr als lineare Verstärkungselemente, sondern als On/Off-Schalter genutzt wurden. Kathodenstrahlröhren als Röntgenröhren bzw. Bildröhren für Radargeräte, Fernsehgeräte und Computerbildschirme (CRT = Cathode Ray Tube) stellen eine Seitenlinie dieser Entwicklung dar. Wir gehen → später genauer auf Elektronenröhren ein.



Ohne begleitenden Artikel druckte die Fachzeitschrift „Electronics“ 1934 nebenstehenden Entwicklungsbaum.



► Evolution von Large Language Models (LLMs)

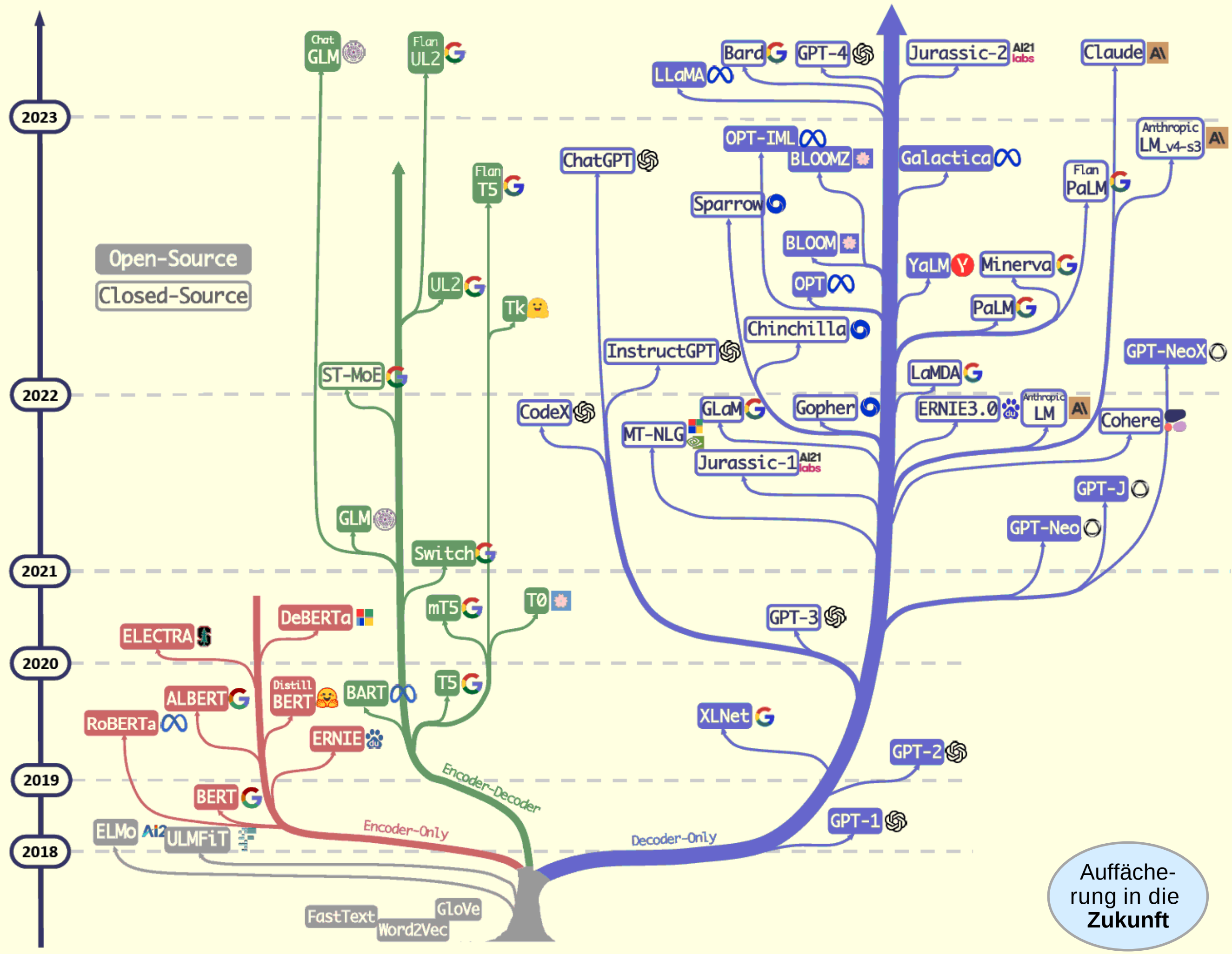
ChatGPT etc.

Large Language Models (LLMs) differ in their training strategies, model architectures, and use cases.

After 2021, with the introduction of game-changing LLMs (GPT-3), decoder-only models experienced a significant boom. Meanwhile, after the initial explosive growth brought about by BERT, encoder-only models gradually began to fade away.

LLMs exhibit a tendency towards closed-sourcing. In the early stages of LLM development (before 2020), the majority of models were open-sourced. However, with the introduction of GPT-3, companies have increasingly opted to close-source their models.

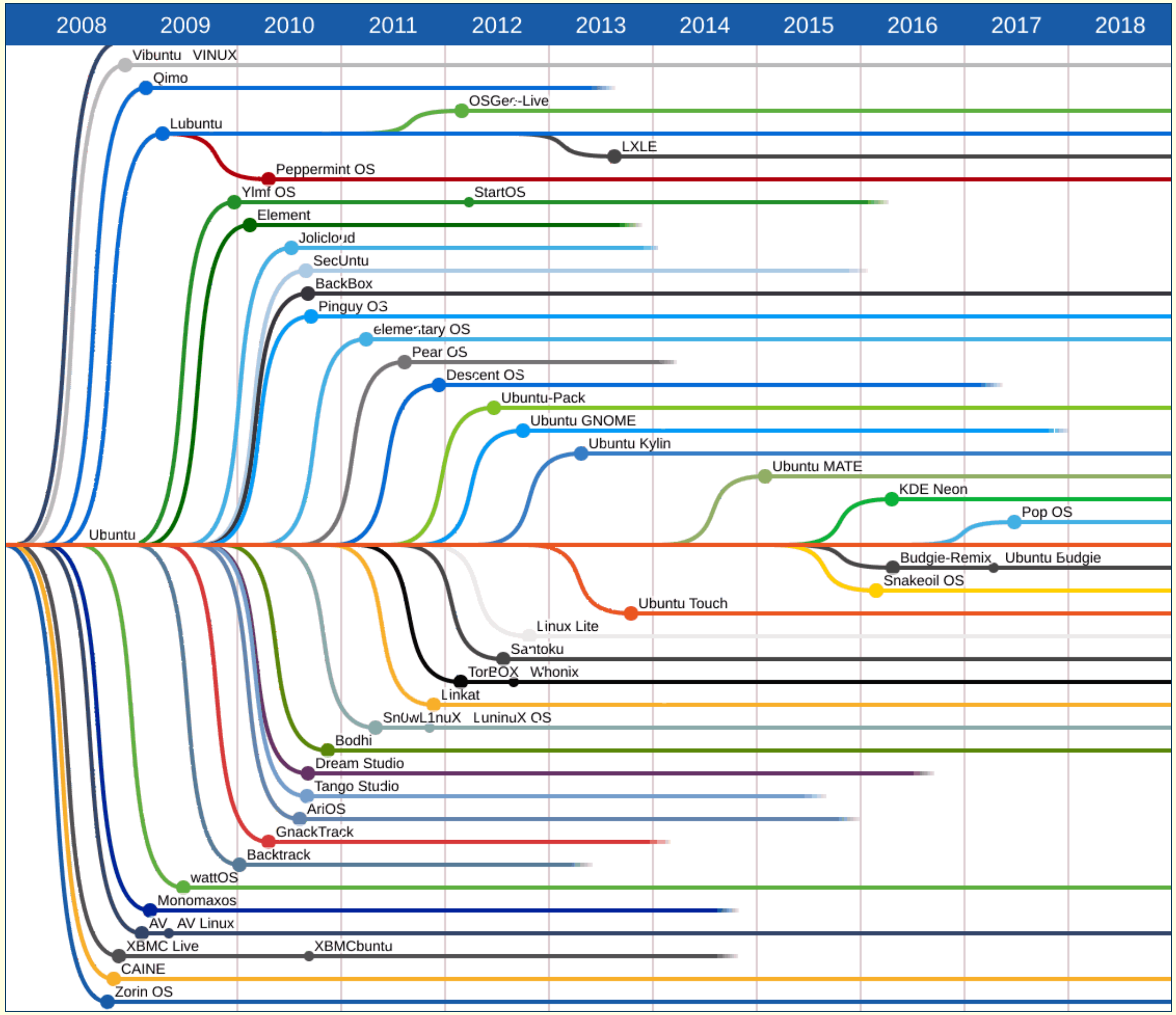
LLMs have grown increasingly larger in recent years, with models such as GPT-1, GPT-2, and GPT-3 featuring 117 million, 1.5 billion, and 175 billion parameters, respectively.



Quelle: Jingfeng Yang et al.: Harnessing the Power of LLMs in Practice: A Survey on ChatGPT and Beyond, 2023

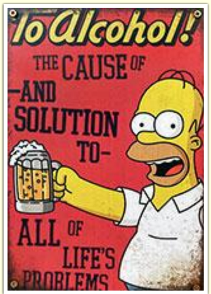
► Evolution von Ubuntu-LINUX-Distributionen

Am Anfang stand das UNIX-Betriebssystem, entwickelt bei den Bell-Labs Anfang der 1970er-Jahre, i.W. von Ken Thompson und Dennis Ritchie. Die Weiterentwicklung geschah anschliessend vor allem in Berkeley, diese UNIX-Version wurde als „Berkeley Software Distribution“ (BSD) quelloffen und praktisch kostenlos abgegeben; es war an Universitäten sehr beliebt. 1987 entwickelte Andrew S. Tanenbaum an der Freien Universität Amsterdam für Lehrzwecke das System Minix, das UNIX nachbildete. Es inspirierte Linus Torvalds 1991 zur Entwicklung des Linux-Betriebssystemkerns, der im Laufe der Zeit zu einem vollständigen Betriebssystem mutierte, getrieben durch eine grosse internationale Community. Aufeinander abgestimmte Softwarepakete um den Linux-Kern werden „Distributionen“ genannt; sie erleichtern die Installation und Nutzung von Linux. Die populäre Ubuntu-Distribution erschien 2004, von Ubuntu entstanden im Laufe der Zeit diverse Derivate. Das Bild zeigt nur einen kleinen Ausschnitt des Linux-Distributionsbaumes, siehe https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linux_Distribution_Timeline.svg



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Linux_Distribution_Timeline.svg (GFDL; Andreas Lundqvist, Muhammad Herdiansyah, Fabio Loli)

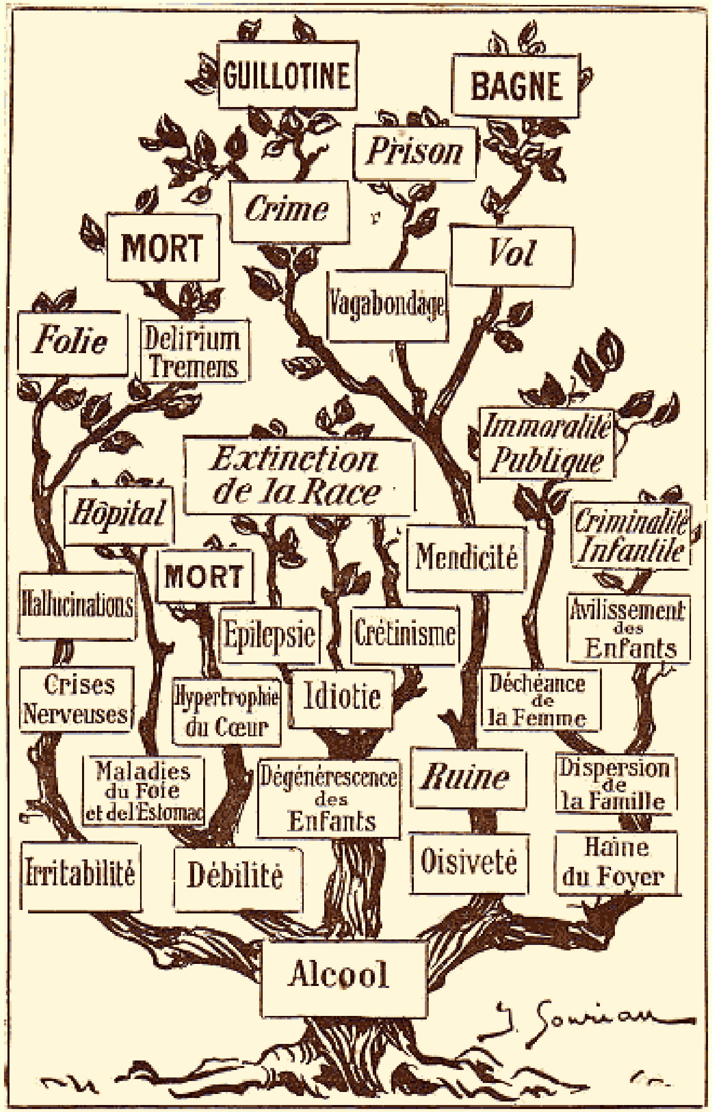
► Was aus dem Alkohol wird



Mit dem Alkohol nimmt es immer ein schlimmes Ende. Wenn nicht der ganze Familienstamm ausstirbt, dann wird man zumindest irre, landet im Zuchthaus oder sogar unter der Guillotine. So illustrierte in Frankreich Anfang des 20. Jh. die „Ligue nationale contre l'alcoolisme" die Folgen des exzessiven Genusses alkoholischer Getränke. Ein etwas deprimierender Möglichkeitsbaum: Alle Wege enden in einer fatalen Zukunft!

Die Laster und Untugenden bei der Wurzel anzupacken, ist eine klassische Strategie. Der Kirchenvater Johannes Cassianus schrieb schon um 420 eine Abhandlung über die acht Hauptlaster, darin heisst es z.B.: „Aus der Üppigkeit der Völlerei entsteht notwendig Unzucht, aus der Unzucht Habsucht, aus der Habsucht Zorn, aus diesem die Traurigkeit und aus ihr die Verdrossenheit; deshalb muss man gegen diese in ähnlicher Weise und gleichem Verhalten kämpfen und den Widerstreit gegen die nachfolgenden immer von den vorausgehenden beginnen. Denn viel leichter verdorrt die schadenbringende Breite und Höhe eines Baumes, wenn zuvor die Wurzel, auf die er sich stützt, entweder freigelegt oder abgeschnitten wird."

https://img.over-blog-kiwi.com/0/99/84/93/20190416/ob_24feea_img-2002.JPG

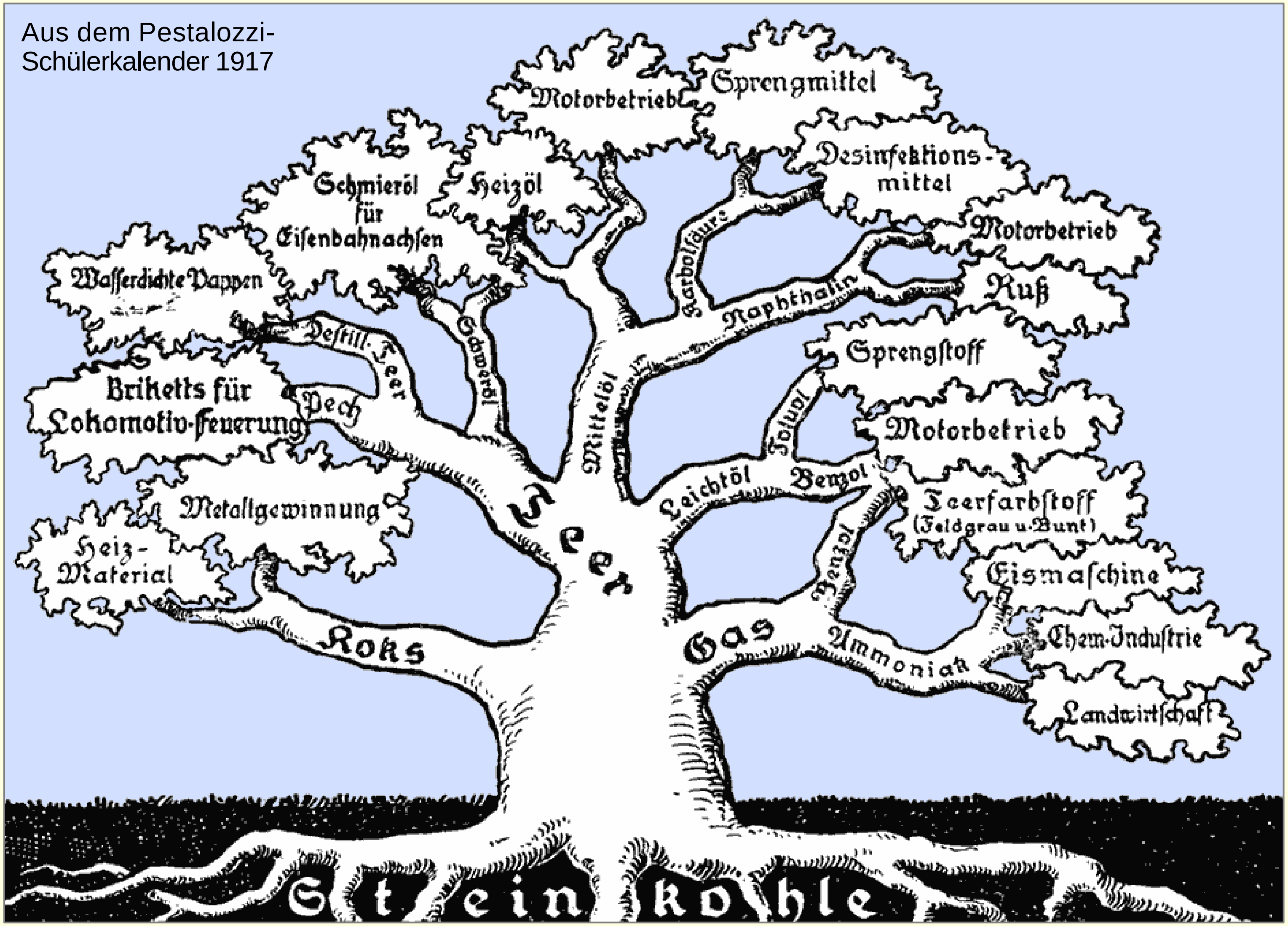


www.pinterest.fr/pin/170151692151387776/

► Was aus der Kohle wird

Nicht genannt sind die 1917 noch eher unbedeutenden Kraftwerke zur Erzeugung von Elektrizität (und vor allem von CO_2) direkt aus Kohle!

Aus dem Pestalozzi-Schülerkalender 1917

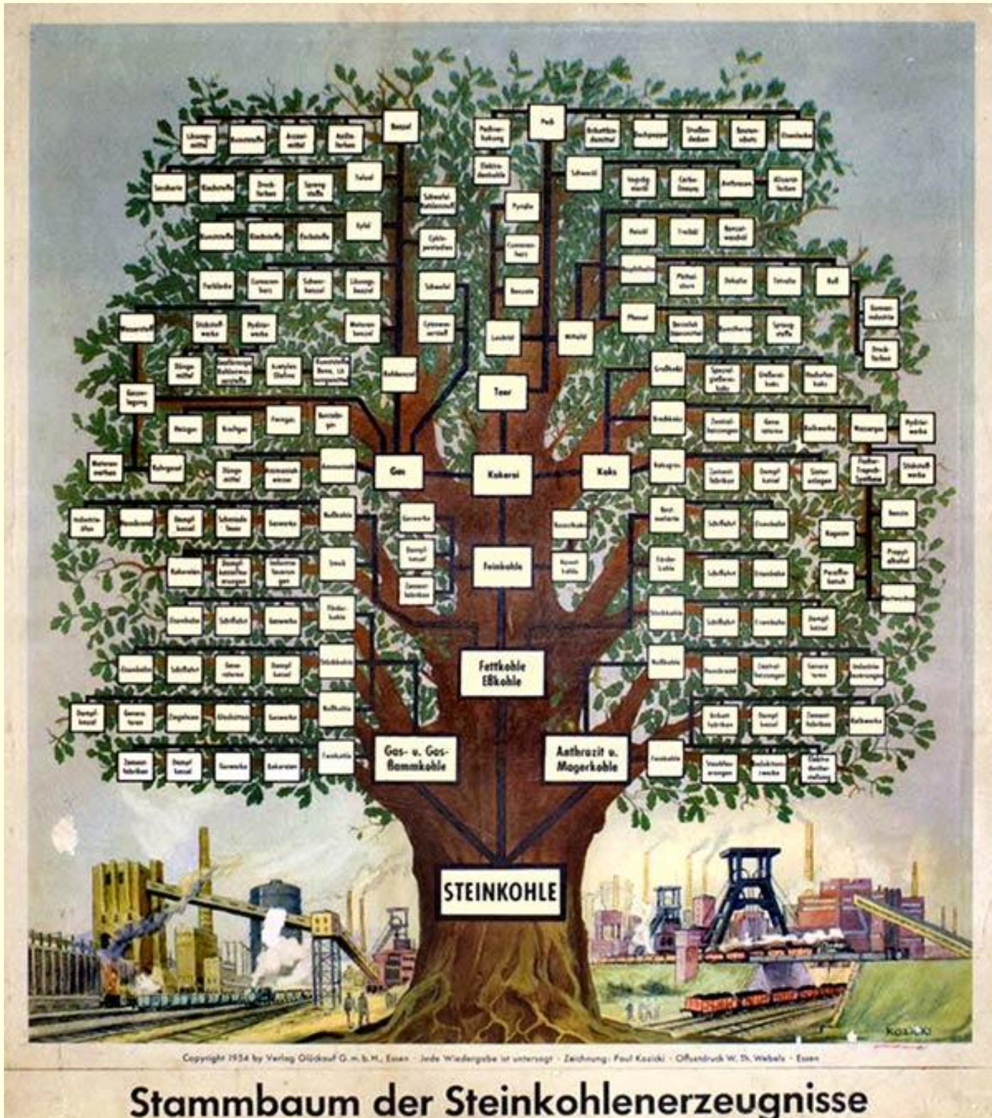


Pestalozzi-Schülerkalender:

Wir wollen der Schweizer Jugend ein Buch verschaffen, welches sie in ihren Schularbeiten unterstützt, ihr Wissen erweitert und ihr Verlangen nach berechtigten Liebhabereien und Spielen befriedigt; Liebhabereien und Spiele, die mit Schule und Heim dazu beitragen, dem Vaterland eine gesunde, tüchtige und fröhliche Generation zu erziehen.

Aus dem Vorwort des ersten Jahrgangs (Kalender für 1908)

► „Stammbaum“ der Steinkohlenerzeugnisse



https://nat.museum-digital.de/object/1071981

← *Druck nach einer Zeichnung von Paul Kozizki; das Bild zierte im Oktober 1954 auch die Titelseite der Betriebszeitschrift „Kruppsche Mitteilungen“.*

Kohle war der wesentliche „Treibstoff“ für die industrielle Revolution; mit Kohle befeuerte Dampfturbinen erzeugten mechanische und elektrische Energie; ab Mitte des 19. Jh. wurde ferner durch Verschwelung (bzw. „Verkokung“) von Kohle in städtischen Gaswerken „Stadtgas“ hergestellt, das für die Strassenbeleuchtung (und teilweise für den heimischen Herd und Ofen, evtl. auch für Deckenleuchter) verwendet wurde.

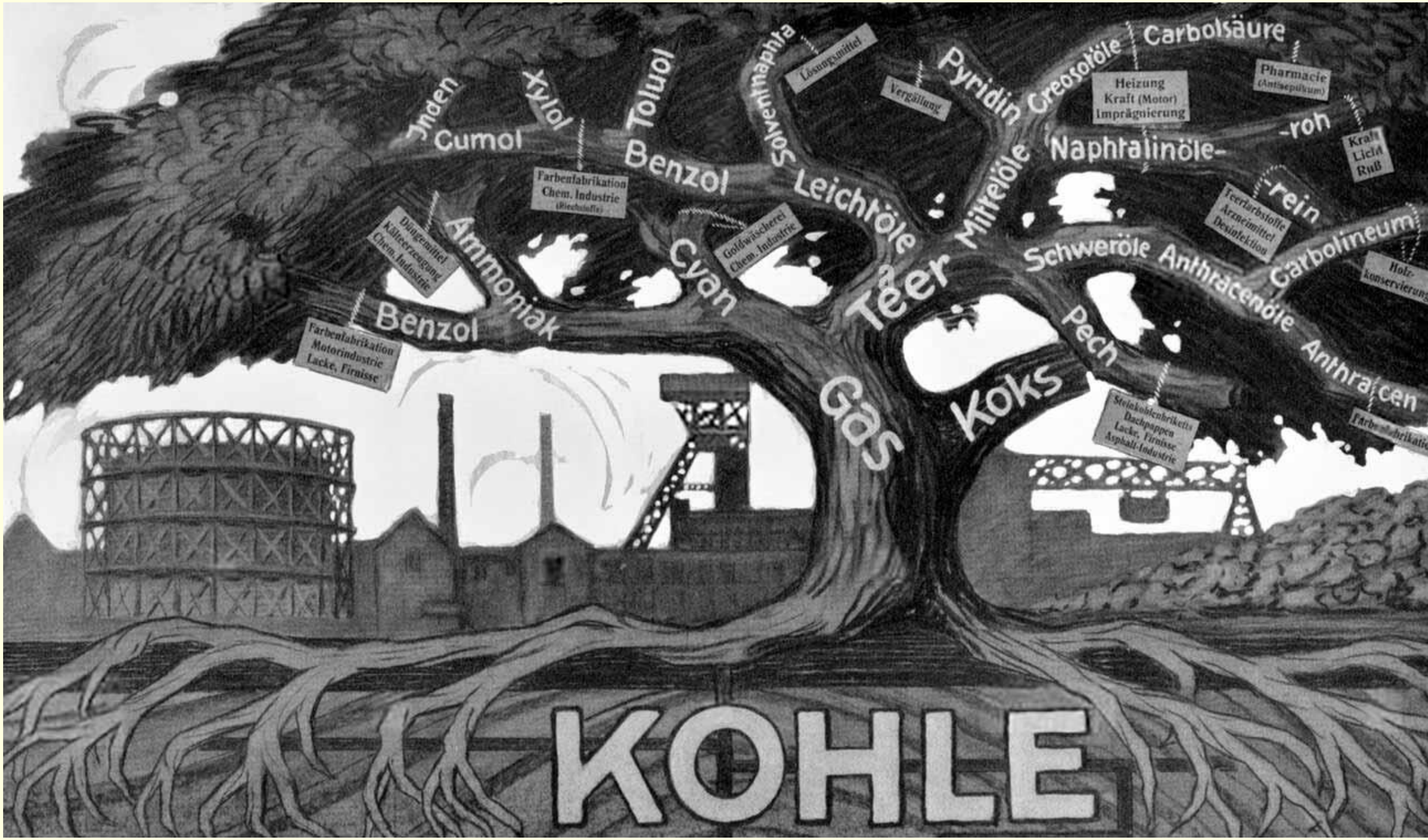
Die Chemieindustrie konnte im Laufe des 20. Jh. aus Kohle immer mehr Nebenprodukte und synthetische Stoffe gewinnen, die (neben der Kohle als Brennstoff zum Heizen) in Form von Erzeugnissen wie Teerfarben, Asphalt, Dachpappe, Backpulver, Seife, Kabelisolierungen, Waschmittel, Lacke etc. in alle möglichen Industriezweige und so (zumindest indirekt) in jeden Haushalt wanderten.

Als Energieträger und chemischer Grundstoff war Kohle daher ein sehr wichtiges Wirtschaftsgut geworden; die Bedeutung wurde der Öffentlichkeit von Unternehmen und Medien u.a. durch „Kohlebäume“ plastisch veranschaulicht. In nebenstehendem Bild werden über 100 Kohleerzeugnisse aufgeführt.

► Kohlebaum auf einer Schulwandtafel

Oberer Teil der Schulwandtafel „Steinkohle – ein wertvoller Rohstoff“, ca. 1960. Illustrator: Walter Tiemann (1876-1951).

► Kohlebaum als Werbemittel



Stammbaum der Kohle-Nebenerzeugnisse (Verkaufsvereinigung für Teererzeugnisse, Essen, 1916)

Was aus der allermeisten Kohle wurde: CO_2

Lenzkirch, 1897

Ab dem Ende des 19. Jh. wurden massenhaft Dampfkessel zur Erzeugung mechanischer („Kraft“) oder elektrischer Energie aufgestellt.

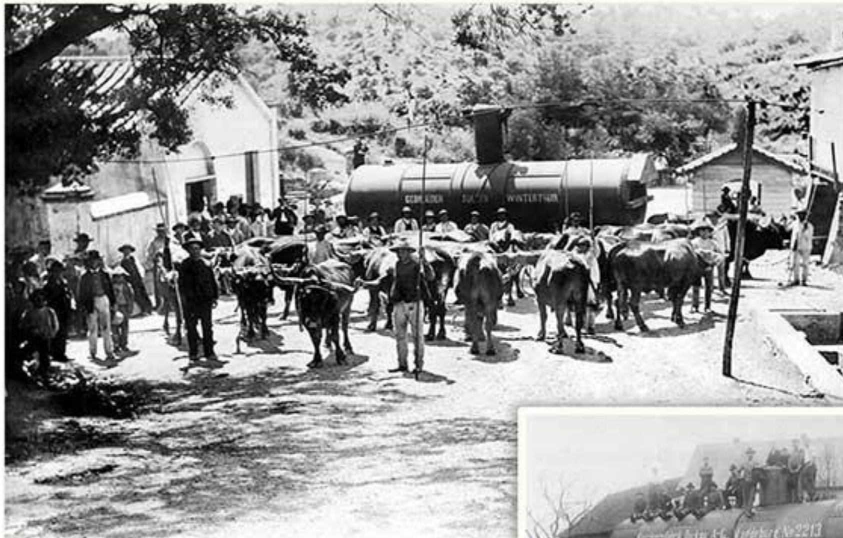
Transport für die Dampfkesselfabrik Weinbrenner in Neunkirchen / Siegen

Zürich, Brandschenkestr. (Hürlimann), 1908

Zofingen, Bahnhofplatz (rechts: Folterturm),1916

Firma Kuiper & Zonen (NL)

Maschinenbauanstalt Paucksch, Landsberg a. d. Warthe (Gorzów Wielkopolski)



Ein Dampfkessel der Gebr. Sulzer, Winterthur, erreicht ein spanisches Bergwerk per Ochsengespann.

Veendam (NL), Anf. d. 20. Jh., bei der Maschinenfabrik ten Horn: Einsatz einer Strassenlokomotive ("Dampftraktor")

Dingelstädt an der Unstrut (Thüringen), 1904: Dampfkessel der Maschinenfabrik Buckau aus Magdeburg für die Feilenhauerei der Gebr. Ufer.

Groningen (NL), 1907 "Door de glibberige straten konden de 6 paarden het gevaarte niet vooruit krijgen" – es mussten Menschen mit anpacken.

Tilburg (NL), 1900

Ein schwieriger Transport. Der aus der Kesselschmiede Richterswil stammende und für die Abegg'sche Bleicherei und Appretur in Horgen bestimmte Dampfkessel wurde mit 18 Pferden an den Bestimmungsort transportiert. Der Kessel misst 8,70 Meter, hat einen Durchmesser von 2,10 Meter und wiegt 280 Zentner." (Schweizerfamilie, 19. Dez. 1908, Photograph: Eugen Held, Horgen.)

Bendorf am Rhein (Hauptstrasse / Poststrasse), 1932: Ein Sechsergespann transportiert einen Dampfkessel von Feld & Hahn zum Bahnhof Sayn.

Dampfkesselfabrikation bei Sulzer

Edam (NL), Baanstraat

Lauterbach (Hessen), 1909: Der 240-Zentner schwere Dampfkessel für das Elektrizitätswerk bricht beim Transport in die Überdeckung des Mühlgrabens ein; Polizeidiener Fritz Vollmöller (Mitte) und Bäckermeister Rausch (rechts) nutzen die Gelegenheit, fotografiert zu werden.

Ein Dampfkesseltransport um 1900,

Erinnerung aus Altenseelbach von E. Reinschmidt (Auszüge)

Eines Sonntagsmorgens — das Datum ist mir entfallen — wurde ein schwerer Zweiflamm-Rohrdampfkessel nach dem „Mannseifen" (heute Grube Große Burg) transportiert. Mit etwa 30 bis 40 Pferden, die nur am Sonntag für die Durchführung eines so schwierigen Transportes bei den hiesigen Fuhrleuten ausgeliehen werden konnten, wurde der ca. 200 Zentner wiegende Kessel mühsam über die damals noch in einem geradezu schlechten Zustand befindlichen Straßen und Wege fortbewegt. Unten am sogenannten Gewölbe gab es den verstärkten Vorspann. Für Jung und Alt wurde dies alles zu einer Sensation. Welcher Unternehmer Eigentümer des Tiefladers und verantwortlicher Organisator war, ist mir nicht mehr bekannt. Aber damals gab es für derartige Schwertransporte auch schon Spezialfahrzeuge, niedriger Bau, Deichsel, Lambrich, Rungen* Speichen usw. alles klobig massiv, die Räder breit. An dem leeren Wagen hatten schon einige Pferde Mühe genug, um ihn zu bewegen. Es gab noch keine luftbereifte, kugelgelagerte Räder; jeder Stein war ein Hindernis, sowohl für das Rollen der Last als auch hinsichtlich der Schläge, denen die Pferde an der Deichsel ausgesetzt waren.

Weder die vielen Pferde noch die Fuhrleute hatten jemals so beieinander gestanden und auf ein Kommando ihre Kräfte gleichzeitig für eine gemeinsame Aufgabe eingesetzt. Das war neben anderen beängstigenden Situationen das Schauspiel: Soweit die Straßenbreite es zuließ, waren außer dem Gespann an der Stange jeweils vier Pferde nebeneinander. Diese Prozedur des Vorspanns am Gewölbe mit den vielen Ketten, den Waagescheidten* usw. bedurfte einer Umsicht und Sorgfalt, von der man sich heute in der Zeit der Motorisierung gar keine Vorstellung machen kann. Die Gesamtkraft, die den eingesetzten Pferden zugedacht war, mußte theoretisch ausreichen, um bis auf die Höhe in einem Zuge zu kommen, damit das In-Bewegung-Setzen der Last am Berge vermieden wurde. Das Anziehen war das Problem, d. h. den Einsatz der Einzelkräfte in zeitlicher Uebereinstimmung zu einer Kraft zusammenzuballen. Heute wäre das: „Kupplung treten, Gang einlegen, Gas geben".

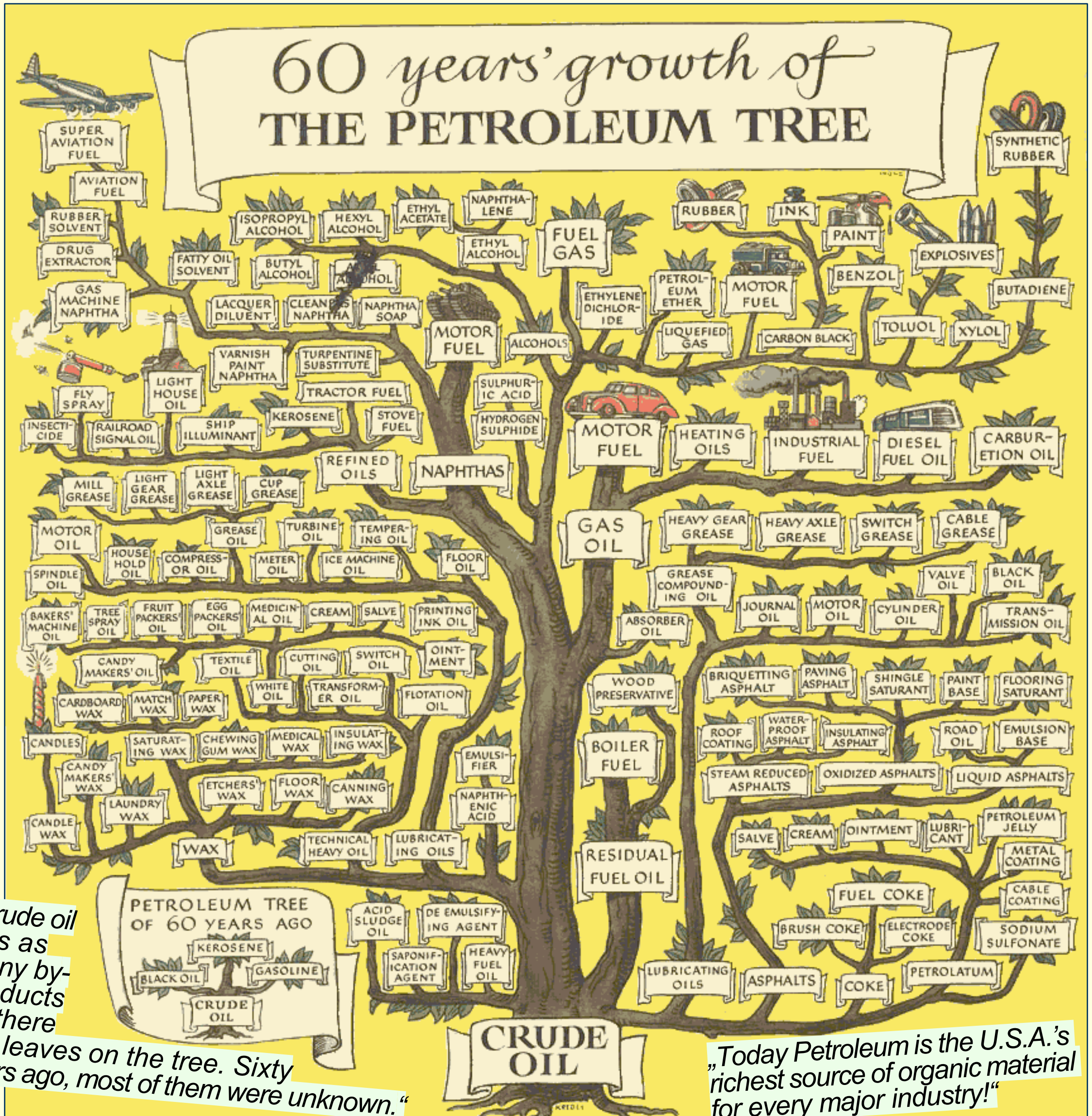
Der „Oberfuhrmann" hob seine Peitsche und es ging los. Ja, der eine Gaul zog hastig an, der andere neben ihm träumte noch und wurde über des Waagenscheidt* eher noch zurückgezogen. Es war schon ein Getändel. 40 PS in Ketten gelegt, in einem Rechteck eingespannt, eine dennoch unbekannte Summe wegen der unterschiedlichen Kraft der einzelnen Tiere. Wie verschieden in Alter, Größe, Temperament und Einsatzfreudigkeit die Pferde waren, entging selbst uns Jungen nicht, auch beobachteten wir genau die Vorbereitungen und Vorgänge, wie heute, um fast 60 Jahre später, ein Junge in den Omnibus steigt, beim Fahrer stehen bleibt, dessen Beine und Hände nicht aus den Augen läßt. Er hat gesehen: Gas weg, Kupplung treten, Gang schalten, Gas geben. Zu Hause angekommen wird dies auf dem Roller fantasievoll nachgeahmt, genau wie wir früher Pferd und Fuhrmann spielten, der eine bekam ein Holz in den Mund, daran war der Zügel fest, mit dem dann der „Gaul" dirigiert wurde, zum Schritt, Trab, oder auch rückwärts (hüfe)*

Bevor dann die Hauptsteigung genommen werden sollte, wurde nochmal eine Verschnaufpause eingelegt. Die Pferde wurden gestreichelt, gelobt, alles wurde geordnet und besprochen, um dann im Karacho ohne Rücksicht auf Verluste den Berg zu nehmen. Der Weg war in einem für diesen Zweck beängstigenden Zustand: schmal, voller Rinnen und Steine. Die Last kam wieder in Bewegung. Peitschen knallten links und rechts an den Pferden.

******Anmerkungen:* **Runge**: Seitlich an der Ladefläche eines Wagens befestigte Stange als Halterung für Seitenwände oder als Stütze für längeres Ladegut. **Waagescheidt** (auch „Wagenscheit", „Waagscheit" etc. oder „Wageschwengel" bzw. „Waagbalken"): Gelenkiger Querbalken, über den die Zugstränge der Zugpferde mit dem Fahrgestell des Wagens gekoppelt werden. **Hüfe** (auch „hüf" oder „hufe"): Zuruf an Zugtiere zum rückwärts gehen. (J.W. Goethe berichtet in seiner „Italienischen Reise", Ende 18. Jh., vom chaotischen Verkehr in Rom: „…es gibt bei der Menge hier mancherlei Unordnung und Verdruß; da wird *gehuft*, geschoben, gehoben, und indem einer *huft*, müssen alle hinter ihm auch zurückweichen, bis einer zuletzt so in die Klemme kommt, daß er mit seinen Pferden in die Mitte hineinlenken muß.")

► Der Ölbaum

…Agents which have virtually revolutionized other businesses … helped develop new products … new uses for old products … improved quality … Be sure you make use of petroleum's new miracles!



„Crude oil has as many by-products as there are leaves on the tree. Sixty years ago, most of them were unknown."

„Today Petroleum is the U.S.A.'s richest source of organic material for every major industry!"

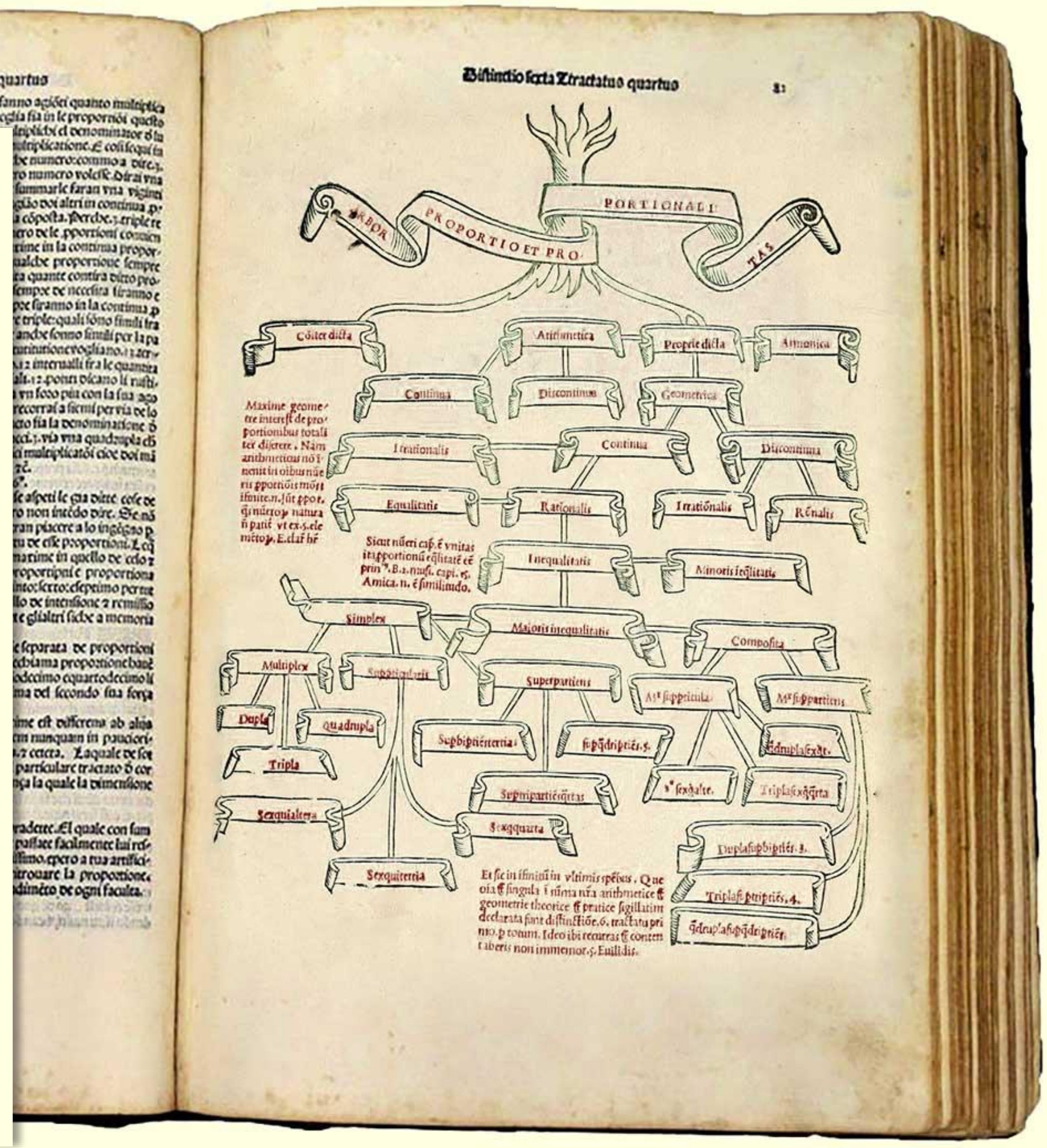
Das Kohlezeitalter war 1943 noch lange nicht zu Ende, das leichter zu gewinnende Erdöl löste aber die Kohle in vielerlei Hinsicht ab und brachte gleichzeitig die Nutzung fossiler Ressourcen auf immer neue Höhenrekorde.

Wie bei der Kohle, lässt sich auch bei Öl mit der ikonischen Baumstruktur auf nette Art veranschaulichen, was für nützliche Produkte am Ende herauskommen: Heizöl, Benzin, Kerosin für Flugzeuge, Insektizide, Salben, Schmierstoffe, Asphalt und vieles mehr. Natürlich auch chemische Grundstoffe; aber Arzneimittel auf dieser Basis oder Polymer-Kunststoffe (Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Perlon, Nylon, PVC, PET, Acryl etc.) waren 1943, als dieses Bild entstand, noch kein grosses Thema.

Teil einer Reklamekampagne für die Nachkriegszeit von *Socony-Vacuum*, zuvor *Standard Oil*, später *Socony Mobil*, danach nur *Mobil* und heute *ExxonMobil*, grösster multinationaler Ölkonzern und weltweit grösster Hersteller von Einwegplastik.

► Arbor Proportio et Proportionalitas

2019 wurde ein Buchexemplar bei Christie's mit einem Schätzwert von 1.0 bis 1.5 Millionen Dollar versteigert.



Der Franziskaner Luca Pacioli (ca. 1445 – 1517) veröffentlichte 1494 sein Buch „Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni et Proportionalità“ und klassifiziert darin die behandelten Teilgebiete anhand einer expliziten Baumstruktur („arbor“). Es war das erste gedruckte Mathematikbuch; als solches wurde es in vielen Exemplaren verbreitet und diente auch als Lehrbuch in den Schulen der italienischen Kaufleute. Insbesondere die im Buch beschriebene doppelte Buchführung erfährt damit eine allgemeine Verbreitung.

„Das Prinzip der doppelten Buchführung war einfach: Ein Kaufmann musste nur jeden Geschäftsvorgang zweimal aufzeichnen. Verkaufte er einen Ballen Tuch für fünf Dukaten, notierte er bei den Tuchvorräten minus 5 Dukaten und für die Kasse plus 5 Dukaten. So einfach das Prinzip, so revolutionär das Ergebnis: Nun konnte man jederzeit eine Bilanz aufstellen und sehen, wie es um ein Unternehmen stand. Nicht nur Gewinn oder Verlust waren zuverlässiger zu berechnen, auch Geldgeber oder mögliche Teilhaber vermochten sich rasch ein Bild von der Lage des Unternehmens zu machen. Die doppelte Buchführung schuf die Voraussetzung für weit kapitalintensivere Unternehmen als zuvor und war ein wichtiges Instrument für das Entstehen des Kapitalismus.“
[Die Zeit, 24/2006]

Zu Luca Pacioli und seinem Buch „Summa de Arithmetica“ zitieren wir noch einige Zeilen aus Keith Devlin‘s Blog www.mathvalues.org/masterblog/2019/4/26/how-double-entry-bookkeeping-changed-the-world (gekürzt):

“Luca Pacioli was born between 1446 and 1448 in the Tuscan town of Sansepolcro, where he received an *abbaco* education, the package of commercially-oriented Hindu-Arabic arithmetic, practical geometry, and trigonometry that had been common in Italy since Leonardo of Pisa (a.k.a. Fibonacci) published *Liber abbaci*, on which the schooling was based. In 1475, he started teaching in Perugia, first as a private teacher, then, in 1477, becoming the holder of the first chair in mathematics at the university. In 1494, he published his book *Summa*, which made him famous. In 1497, he met Leonardo da Vinci, with whom he worked and taught mathematics to.

In many respects, *Summa* is little more than an updated, vernacular version of *Liber abbaci*, which itself was an updated Latin translation of al-Khwārizmī’s Arabic books on arithmetic and algebra. But two factors resulted in *Summa* having a degree of impact that greatly exceeded those two earlier works.

First, thanks to the recent invention of the printing press, *Summa* was the first major *printed* mathematics text, a format that could be duplicated and sold on a wide scale. In the days when manuscripts were hand-written, authors of mathematics texts avoided any use of the abstract symbols they used to do calculations – other than the basic numerals – because they could not rely on accurate copying of formulas and equations by the scribes who made copies. But with print, there was nothing that prevented them having entire pages consist of little else than formulas and equations. (The reason people today associate mathematics with symbols is a result of the printing press. Before then, mathematics was a subject presented in prose.) Because it was a print book, *Summa* achieved a far wider readership than *Liber abbaci*, or any of the other handwritten manuscripts that were based on Leonardo’s work. And so its impact was far greater. For that, Pacioli was simply lucky that he wrote his book after the printing press became available.

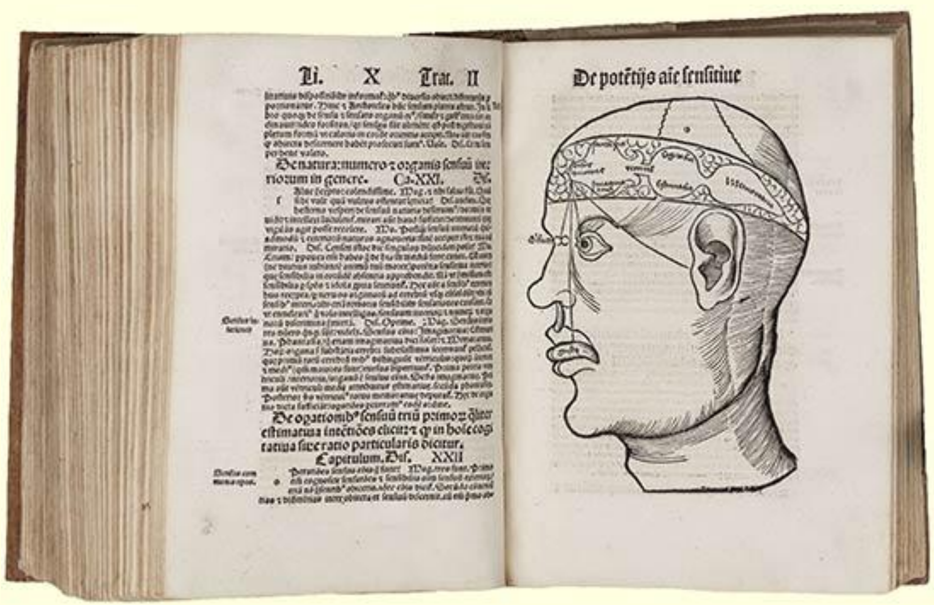
On the other hand, we can definitely credit Pacioli for the other factor that made *Summa* unique: his inclusion of a chapter on accounting.

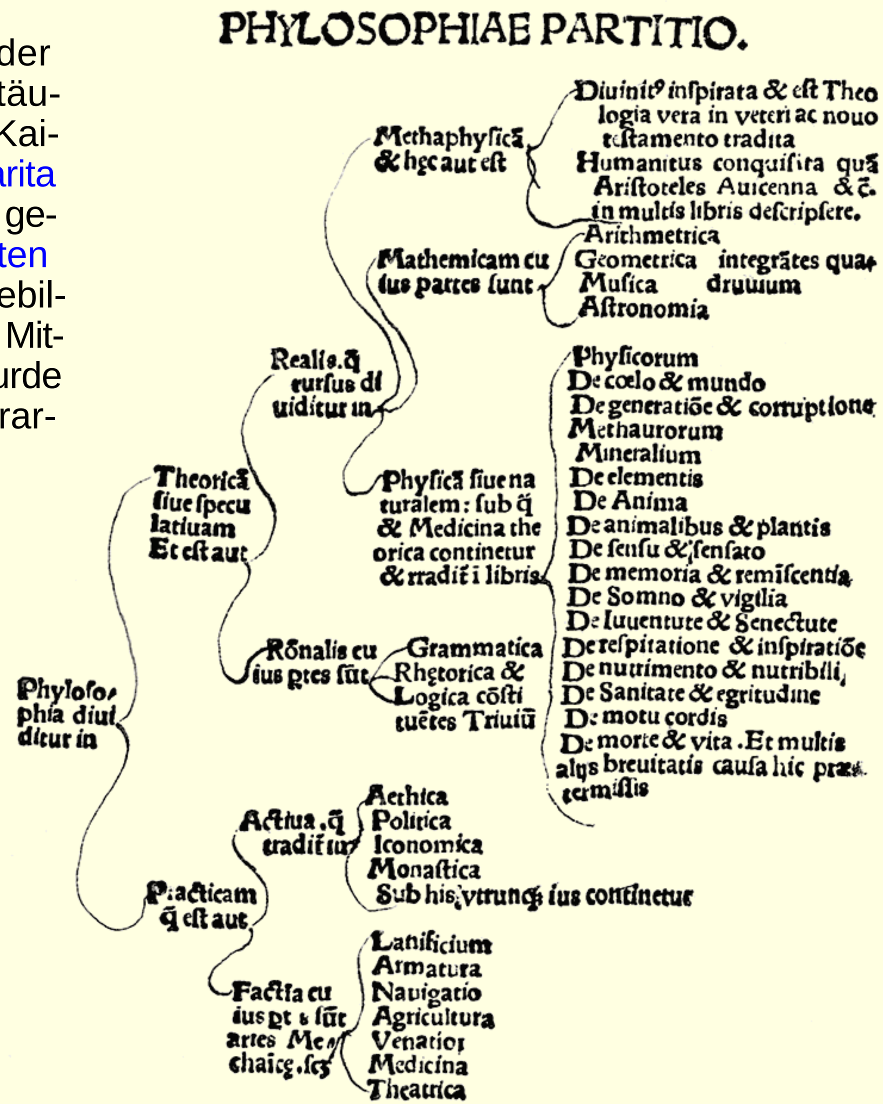
Summa consists of ten chapters covering essentially all of Renaissance mathematics. The first seven chapters form a summary of arithmetic; chapter 8 explains contemporary algebra (initiating the use of logical argumentation and theorems in studies of the subject); chapter 9 covers various topics relevant to business and trade (including barter, bills of exchange, weights and measures, and bookkeeping); and chapter 10 describes practical geometry and trigonometry. Pacioli clearly viewed chapter 9 as significant, devoting 150 pages to its coverage of mathematical techniques for business. It is in the section titled *Particularis de computis et scripturis* (“Details of calculation and recording”) that he describes the accounting methods then in use among northern-Italian merchants, including double-entry bookkeeping, trial balances, balance sheets and various other tools still employed by professional accountants today.

Because of the power of the recently invented printing press to spread multiple copies of identical texts relatively cheaply and quickly, Pacioli’s book-keeping treatise, as the first printed synthesis of the method, led to a rapid adoption of Venetian book-keeping, and by 1800, use of the system was standard across Europe.”

► Margarita Philosophica von Gregor Reisch

Gregor Reisch (ca. 1470 – 1525) war Professor an der Universität Freiburg i. Br. und Prior des dortigen Kartäuserklosters, ausserdem Berater und Beichtvater von Kaiser Maximilian I. 1503 erschien seine berühmte „Margarita Philosophica“ („Perle der Wissenschaften“), die älteste gedruckte philosophische Enzyklopädie der Wissenschaften im deutschen Raum. Sie ist reich mit Holzschnitten bebildert und beansprucht, das gesamte Wissen des späten Mittelalters zu umfassen; noch mehr als 100 Jahre lang wurde sie nachgedruckt. Das Wissen strukturiert Reisch hierarchisch und gibt dazu explizit einen Baum dar.

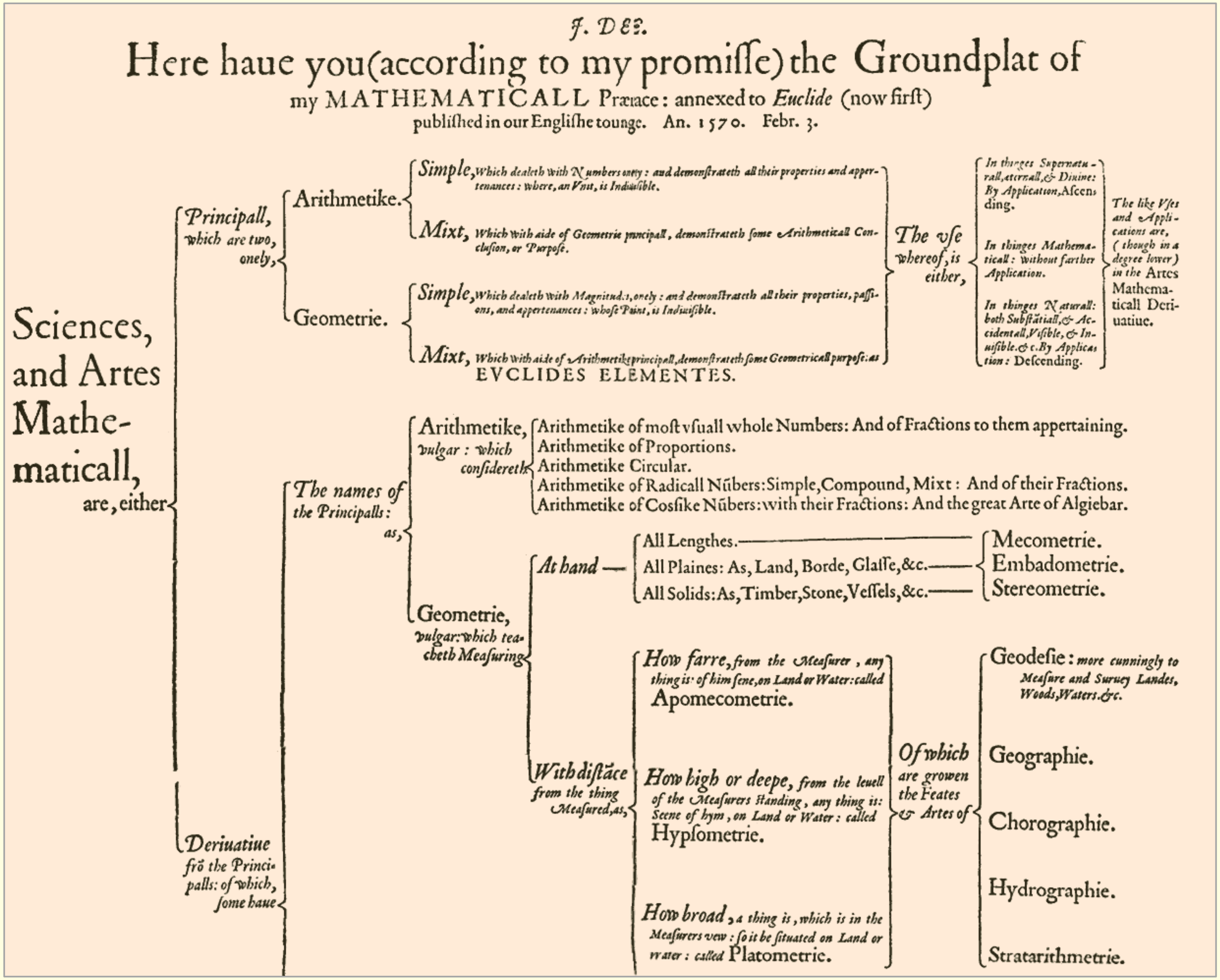




► John Dee: “Mathematical Preface” zu Euklid

“And that you may the easier perceiue, and better remember, the principal pointes, whereof my Preface treateth, I will giue you the Groundplatt of my whole discourse, in a Table…” [Mit “Groundplatt” ist “Grundriss” gemeint] Aus:

“The elements of geometrie of the most auncient philosopher **Euclide** of Megara. Faithfully (now first) translated into the Englishe toung, by H. Billingsley, citizen of London. Whereunto are annexed certaine scholies, annotations, and inuentions, of the best mathematiciens, both of time past, and in this our age. With a very fruitfull **præface made by M. I. Dee**…”, 1570

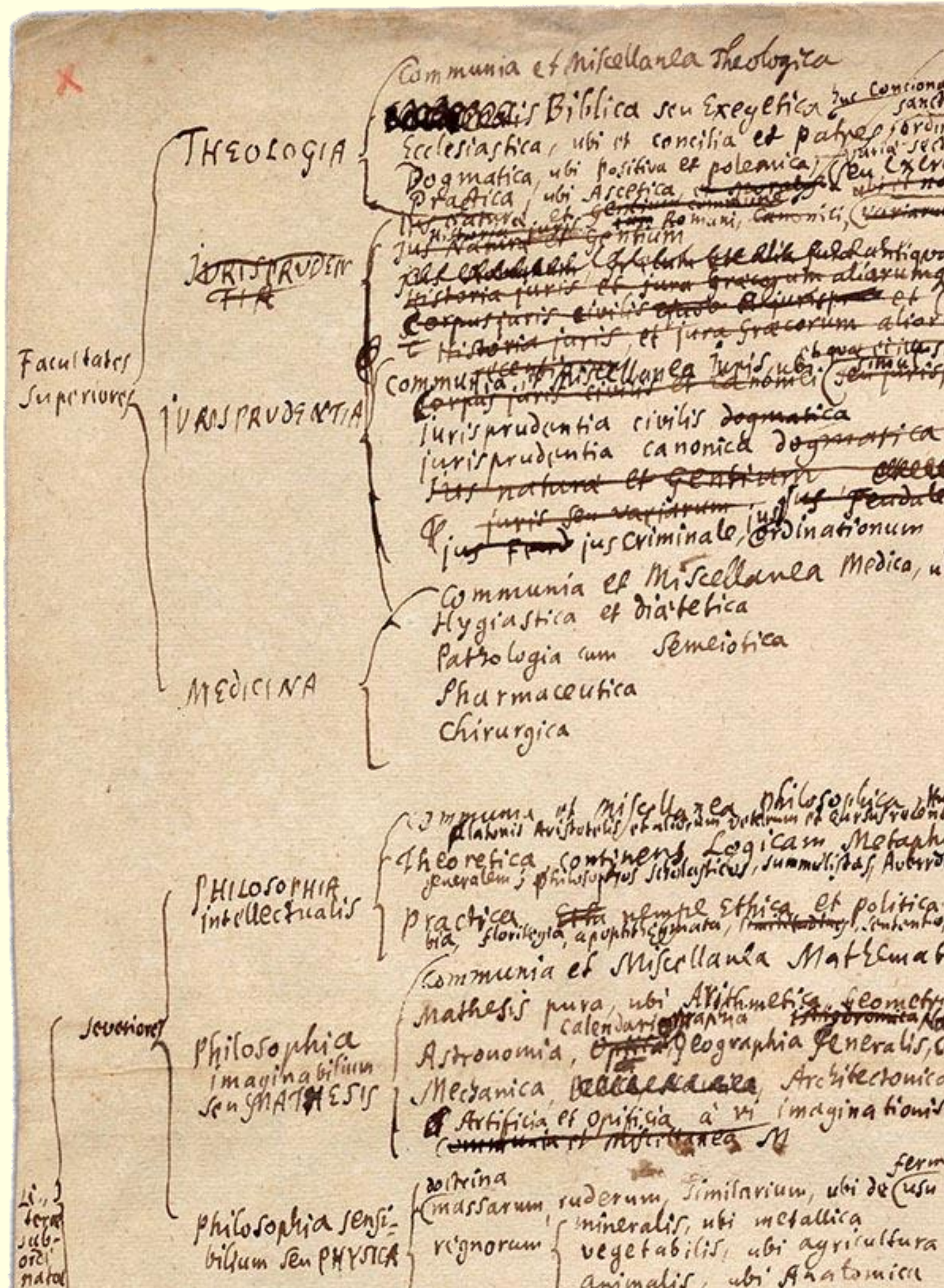

J. DEE.
Here haue you (according to my promiſſe) the Groundplat of my MATHEMATICALL Præface: annexed to *Euclide* (now firſt) publiſhed in our Engliſhe tounge. An. 1570. Febr. 3.

Sciences, and Artes Mathematicall, are, either
- *Principall*, which are two, onely,
  - Arithmetike.
    - *Simple*, Which dealeth with Numbers onely: and demonſtrateth all their properties and appertenances: where, an Vnit, is Indiuiſible.
    - *Mixt*, Which with aide of Geometrie principall, demonſtrateth ſome Arithmeticall Concluſion, or Purpoſe.
  - Geometrie.
    - *Simple*, Which dealeth with Magnitudes, onely: and demonſtrateth all their properties, paſſions, and appertenances: whoſe Point, is Indiuiſible.
    - *Mixt*, Which with aide of Arithmetike principall, demonſtrateth ſome Geometricall purpoſe: as EVCLIDES ELEMENTES.
  - *The vſe whereof, is either,*
    - *In thinges Supernaturall, æternall, & Diuine: By Application,* Aſcending.
    - *In thinges Mathematicall: without farther Application.*
    - *In thinges Naturall: both Subſtantiall, & Accidentall, Viſible, & Inuiſible. &c. By Application:* Deſcending.
  - *The like Vſes and Applications are, (though in a degree lower) in the* Artes Mathematicall Deriuatiue.
- *Deriuatiue frõ the Principalls: of which, ſome haue*
  - *The names of the Principalls: as,*
    - Arithmetike, *vulgar: which conſidereth*
      - Arithmetike of moſt vſuall whole Numbers: And of Fractions to them appertaining.
      - Arithmetike of Proportions.
      - Arithmetike Circular.
      - Arithmetike of Radicall Nũbers: Simple, Compound, Mixt: And of their Fractions.
      - Arithmetike of Coſſike Nũbers: with their Fractions: And the great Arte of Algiebar.
    - Geometrie, *vulgar: which teacheth Meaſuring*
      - *At hand*
        - All Lengthes. — Mecometrie.
        - All Plaines: As, Land, Borde, Glaſſe, &c. — Embadometrie.
        - All Solids: As, Timber, Stone, Veſſels, &c. — Stereometrie.
      - *With diſtãce from the thing Meaſured, as,*
        - *How farre, from the Meaſurer, any thing is: of him ſene, on Land or Water: called* Apomecometrie.
        - *How high or deepe, from the leuell of the Meaſurers ſtanding, any thing is: Seene of hym, on Land or Water: called* Hypſometrie.
        - *How broad, a thing is, which is in the Meaſurers vew: ſo it be ſituated on Land or water: called* Platometrie.
        - *Of which are growen the Feates & Artes of*
          - Geodeſie: *more cunningly to Meaſure and Suruey Landes, Woods, Waters. &c.*
          - Geographie.
          - Chorographie.
          - Hydrographie.
          - Stratarithmetrie.

► Leibniz’ Wissenssystematik

Bevor Texte in digitaler Form vorlagen, vor Datenbanken, dem Internet und Suchmaschinen, war das Wissen der Welt und das Wissen über die Welt in Bibliotheken gesammelt, dort aber nur schwer aufzufinden und zu erschliessen, da die Bücher oft nicht systematisch angeordnet waren und es praktisch keine systematischen Kataloge gab.

Gottfried Wilhelm Leibniz übernahm ab 1691 die Verantwortung als oberster Bibliothekar für die berühmte Büchersammlung von Wolfenbüttel, mit rund 135 000 Titeln seinerzeit eine der grössten wissenschaftlichen Bibliotheken der Welt. Für diese gab es bis dahin im Wesentlichen nur einen chronologische geführten Erwerbskatalog (im Durchschnitt kamen ca. 10 Titel pro Tag hinzu), in dem die Metadaten der neuen Bücher (inklusive einer Klassifikation nach 20 Sachkategorien) verzeichnet waren.



Zu den ersten Massnahmen von Leibniz gehörte es, die einzelnen Einträge des in Buchform vorhandenen Katalogs komplett auf einzelne Zettel abschreiben zu lassen, diese dann neu nach Autoren zu ordnen und zu einem neuen Katalog zusammenzukleben. Der so entstandene alphabetische Verfasserkatalog wurde anschliessend nochmals in systematisierter Weise abgeschrieben. Das ganze Vorhaben dauerte acht Jahre.

Leibniz ging es aber in Prinzip um viel mehr: Er wollte das Wissen der Welt auch systematisch klassifizieren und befasste sich immer wieder mit der Frage nach einem geeigneten hierarchischen Begriffssystem. Der Ausgangspunkt für die Ordnung des Wissens waren die vier traditionellen Fakultäten der klassischen Universitäten – Theologie, Jurisprudenz, Medizin und Philosophie. Mühe hatte Leibniz bei der „vernünftigen“ Anordnung der tieferen Knoten seines Baumes, den er so darstellte, dass rekursiv den jeweils übergeordneten Begriffen mittels Schweifklammern untergeordnete Begriffe zugeteilt werden.

Facultates Superiores		THEOLOGIA	Communia et Miscellanea Theologica
			Biblica seu Exegetica[,] huc Concionatoria, philologia Sacra
			Ecclesiastica, ubi et concilia et patres, sancti, ordines religiosi.
			Dogmatica, ubi positiva et polemica, variae sectae
			Practica, ubi Ascetica, (seu exercitia pietatis) et moralia
		JURISPRUDENTIA	Communia et Miscellanea juris, ubi simul jus universale naturae et gentium
			jurisprudentia civilis
			jurisprudentia canonica
			jus criminale, jus ordinationum politicarum, feudale, publicum
		MEDICINA	Communia et Miscellanea Medica, ubi Medici veteres, opera, observationes
			Hygiastica et diaetetica
			Pathologia cum Semeiotica
			Pharmaceutica
			Chirurgica
Literae subordinatae	severiores	PHILOSOPHIA intellectualis	communia et Miscellanea philosophica, Huc scripta Platonis[,] Aristotelis et aliorum veterum et cursus recentiorum etc.
			Theoretica, continens Logicam, Metaphysicam, Pneumaticam, physicam generalem; philosophos Scholasticos, Summulistas, Averroistas, Nominales, Reales,
			Practica nempe Ethica et politica. Huc Emblematica, proverbia, florilegia, apophthegmata, sententia, similitudines, promtuaria exemplorum
		Philosophia imaginabilium seu MATHESIS	communia et Miscellanea Mathematica
			Mathesis pura, ubi Arithmetica, Geometria, Algebra
			Astronomia, Calendariographia, Geographia Generalis, Optica, Gnomonica, Musica
			Mechanica Architectonica, Bellica, Nautica
			Artificia et Opificia a vi imaginationis pendentia
		Philosophia sensibilium seu PHYSICA	doctrina massarum, ruderum, similarium, ubi de fermentationibus[,] usu ignis, aquae et salium seu Chymia
			regnorum: mineralis, ubi metallica
			regnorum: vegetabilis, ubi agricultura
			regnorum: animalis, ubi Anatomica
			Artificia et opificia quae a naturae operationibus potissimum pendent, arte tantum agens ad patiens applicante
	Humaniores	PHILOLOGIA	Grammatica et Dictionaria, latina, graeca, orientalium, et aliarum linguarum. Quanquam philologia sacra pro re nata aptius ad Theologiam exegeticam referatur
			Oratoria, quorsum et Epistolae[,] Dialogi, et varia styli exercitia, quoties non praevalet argumentum
			poëtica quorsum et fabulae, Romanisci, Satyrae, jocoseria
			Critica quorsum et autores veteres graeci et latini, in quibus non praevalet argumentum ut ad certum aliud caput referantur. Huc et qui in autoribus illis illustrandis versantur
		HISTORIA	Universalis una cum Chronologia, communibus, miscellaneis, et varii generis Historiis quorsum et Generalia
			Graeca et Latina una cum re antiquaria
			Historia Medii aevi a ruina imperii ad seculum superius quorsum et Byzantina
			Historia recentior scilicet seculi superioris et nostri,
			Geographia et Historia specialis regionum telluris, quorsum et itineraria, et Exotica, seu gentes extra Europam
			descriptiones et Historiae regionum Europaearum, Genealogica, Heraldica
LITERARIA ET MISCELLANEA			Huc Bibliothecae, vitae eruditorum, repertoria, Encyclopaediae,
			Opera, quae ad nullam certam facultatem referuntur

► Baum der Dihairesis

„Da Platon mit seiner Definition, der Mensch sei ein zweifüssiges, federloses Lebewesen, Beifall fand, rupfte Diogenes von Sinope einen Hahn, trug ihn in den Unterricht und rief: *Hier ist Platons Mensch*.‟ -- Diogenes Laertios.

Die Dihairesis ist eine von Platon (428/427 v. Chr. – 348/347 v. Chr.) begründete Methode der Klassifikation, mit der Begriffe definiert und in einem System geordnet werden können.

Dihairesis, wörtlich „Auseinandernehmung“ (von diá „auseinander“ und hairéin „nehmen“) kann mit „Zergliederung“, „Unterscheidung“, „Einteilung“, „Trennung“ etc. übersetzt werden. Aus dem altgriechischen Wort wurde im Lateinischen „divisio“, worauf u.a. das französische bzw. englische Wort „division“ zurückgeht. Als übersetzter Fachbegriff wäre vielleicht „Methode des Differenzierens“ passend.

Die Begriffsbestimmung mittels Dihairesis beruht darauf, dass ein allgemeinerer Begriff zielgerichtet so lange in zwei (ggf. auch mehr) Unterbegriffe unterteilt wird, bis eine Unterteilung nicht weiter möglich ist und man basierend auf der Klassifikation eine Definition des Gesuchten angeben kann. Neben der Begriffsdefinition liefert die Dihairesis auch eine hierarchische Gliederung von Ober- und Unterbegriffen.

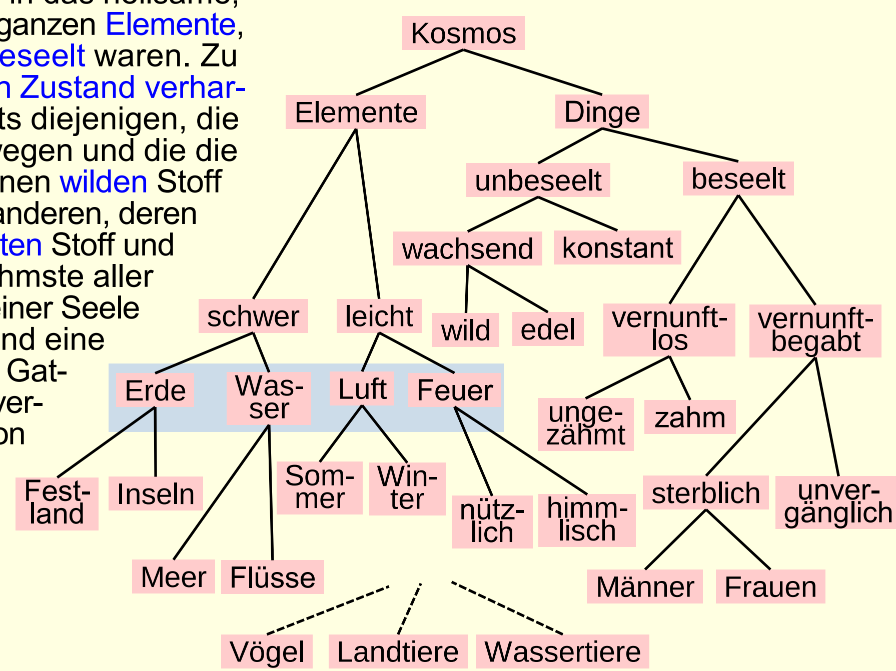
Beispiel [Platon, *Sophistes*]: Zur Definition der Angelfischerei gibt man zunächst einen Oberbegriff an: Ein Angelfischer übt eine *Kunstfertigkeit* aus. Anschliessend wird der Oberbegriff aufgeteilt: Es gibt *erwerbende* und *herstellende Kunstfertigkeiten*. Dann wird der gesuchte Begriff einer der beiden Unterbegriffe zugeordnet: Ein Angelfischer übt eine *erwerbende Kunstfertigkeit* aus. Nun wird diese Kategorie selbst so lange in ihre Unterkategorien weiter unterteilt, bis eine unterste, nicht mehr teilbare Kategorie erreicht ist. Aus den Begriffen auf dem Pfad vom Wurzelbegriff zum „Atom“ kann dann eine Definition des gesuchten Begriffs gebildet werden: *Die Angelfischerei ist die Kunstfertigkeit einer verwundenden Jagd auf Fische mit einem Haken, bei Tage, zum Zweck des Erwerbs*.

▶ Die Klassifikation der Welt als Erbe des Göttlichen

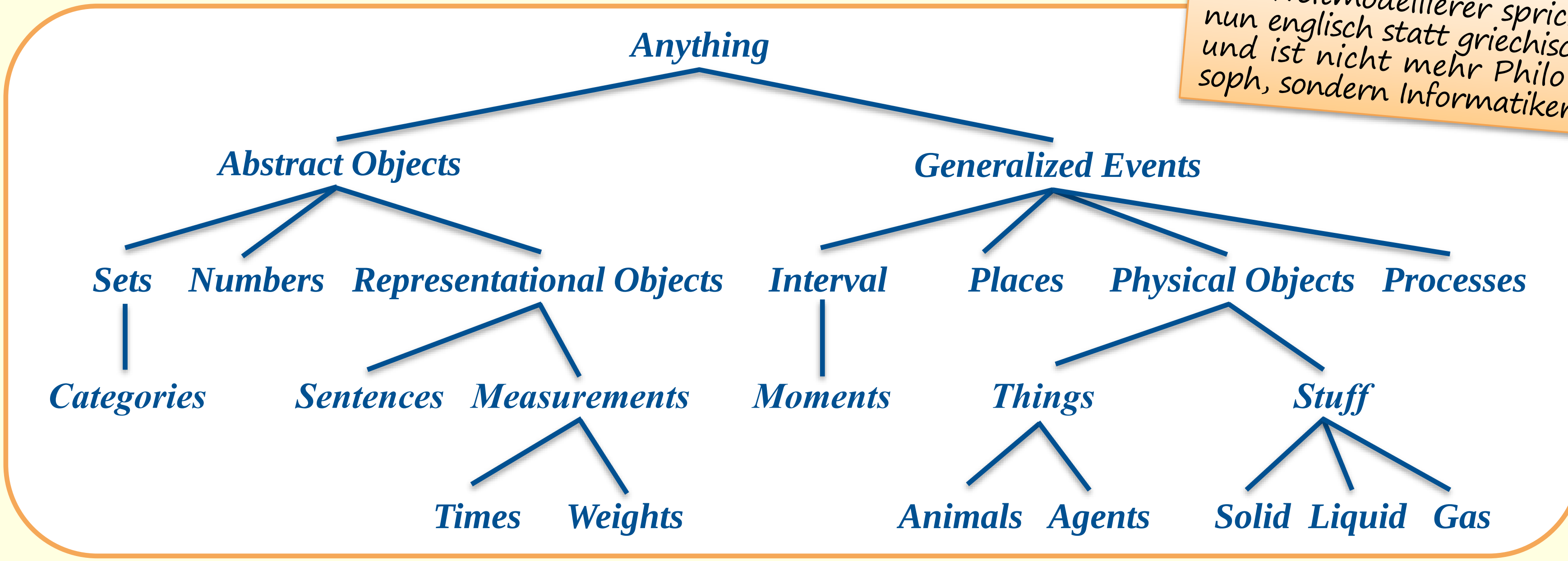
„…so machte er es auch mit der Substanz des Ganzen, als er die Welt erschuf. Er fing an, sie folgendermassen zu teilen. Zuerst machte er zwei Stücke, das Schwere und das Leichte, indem er das Grobe von dem Feinen schied. Hierauf teilte er wieder jedes von beiden, das Feine in Luft und Feuer und das Grobe in Wasser und Erde, die er auch als sinnlich wahrnehmbare Elemente der sinnlich wahrnehmbaren Welt, gleichsam als Grundsteine, niederlegte. Wiederum teilte er das Schwere und das Leichte auf andere Art: das Leichte in Kaltes und Warmes – er nannte das Kalte Luft und das von Natur Warme Feuer – und das Schwere in Nasses und Trockenes und nannte das Trockene Erde und das Nasse Wasser. Jedes von diesen erhielt noch andere Teilungen; die Erde wurde in Festlande und Inseln geteilt, das Wasser in Meer und Flüsse und alles Trinkbare, die Luft in die Wandlungen des Sommers und des Winters, das Feuer in das zum Gebrauch notwendige – es ist dieses unersättlich und verzehrend – und im Gegensatz dazu in das heilsame, das zur Bildung des Himmels bestimmt wurde. Gleichwie aber die ganzen Elemente, so teilte er auch die einzelnen Dinge, die teils unbeseelt, teils beseelt waren. Zu den unbeseelten gehören einerseits diejenigen, die in demselben Zustand verharren und deren Band der (blosse) Zusammenhalt ist, andererseits diejenigen, die nicht durch Ortsveränderung sondern durch Wachstum sich bewegen und die die vorstellungslose Naturkraft belebt. Von den letzteren haben die einen wilden Stoff und tragen wilde Früchte, die den Tieren zur Nahrung dienen; die anderen, deren Wartung und Pflege der Landbau übernommen hat, haben veredelten Stoff und bringen Früchte hervor zum Genusse für den Menschen, das zahmste aller Lebewesen. Und ebenso wie die unbeseelten Wesen teilte er die einer Seele teilhaftigen; von diesen sonderte er eine Gattung vernunftloser und eine Gattung vernunftbegabter ab und teilte wiederum jede der beiden Gattungen, die vernunftlose in eine ungezähmte und eine zahme, die vernunftbegabte in eine unvergängliche und eine sterbliche Gattung. Von der sterblichen machte er zwei Abteilungen, deren eine er die der Männer, deren andere er die der Frauen nannte. […] aber noch andere notwendige Teilungen, die die Vögel von den Landtieren, die Landtiere von den im Wasser lebenden und diese von den beiden anderen schieden. So teilte Gott, nachdem er seinen Logos, den Teiler aller Dinge, geschärft hatte, die form- und eigenschaftslose Substanz des Weltganzen…“

Das Bestreben, die Welt hierarchisch gegliedert zu erfassen, ist uralt. Man kann dies auch an den Schöpfungsgeschichten erkennen, wo (oft rekursiv) aus einem Gemenge zwei oder mehr Teilsubstanzen entstehen (z.B. „schied das Licht von der Finsternis“).

Der jüdische Philosoph Philon von Alexandria, welcher um die Zeit von Christi Geburt in Alexandria lebte, gibt in seiner Abhandlung „Περὶ τοῦ τίς ὁ τῶν θείων ἐστὶν κληρονόμος“ („Der Erbe des Göttlichen“) eine allegorische Erklärung der Genesis. Seinen verbal beschriebenen binären „Schöpfungsbaum“ könnte man so visualisieren:



► The Upper Ontology of the World



Der Weltmodellierer spricht nun englisch statt griechisch und ist nicht mehr Philosoph, sondern Informatiker.

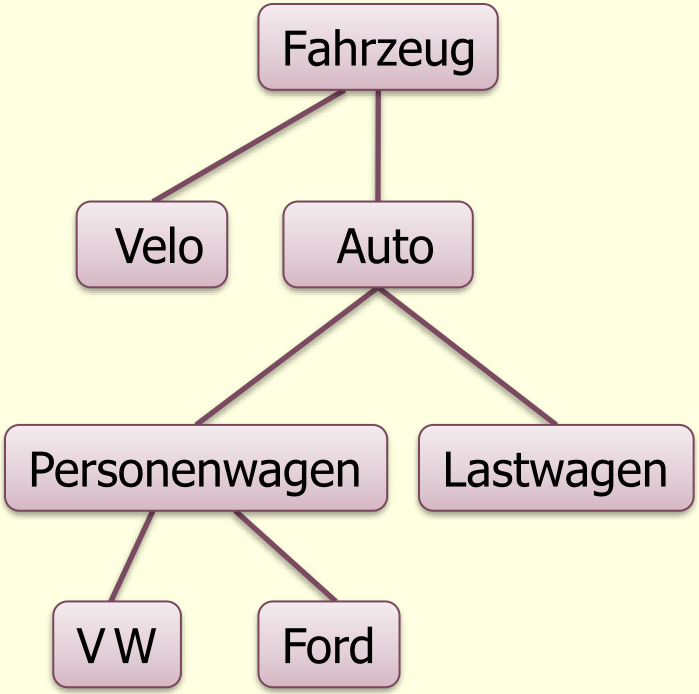
Abbildung aus dem Kapitel “Knowledge Representation” des Buches “Artificial Intelligence: A Modern Approach” von Stuart J. Russell und Peter Norvig (1. Aufl. 1995): “In this chapter we address the question […] how to represent facts about the world. […] This chapter shows how to create general and flexible representations, concentrating on general concepts—such as Events, Time, Physical Objects, and Beliefs—that occur in many different domains. Representing these abstract concepts is sometimes called ontological engineering.

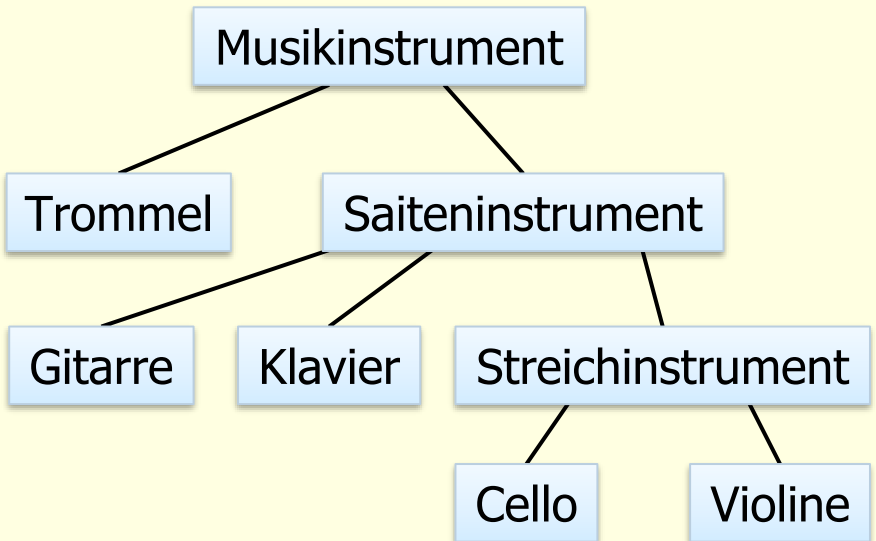
The prospect of representing *everything* in the world is daunting. Of course, we won’t actually write a complete description of everything—that would be far too much for even a 1000-page textbook […]. The general framework of concepts is called an upper ontology because of the convention of drawing graphs with the general concepts at the top and the more specific concepts below them. […]

For any special-purpose ontology, it is possible to make changes […] to move toward greater generality. An obvious question then arises: do all these ontologies converge on a general-purpose ontology? After centuries of philosophical and computational investigation, the answer is *Maybe*.”

► Konzeptbaum

Ein Grundkonzept der objekt-orientierten Programmierung!

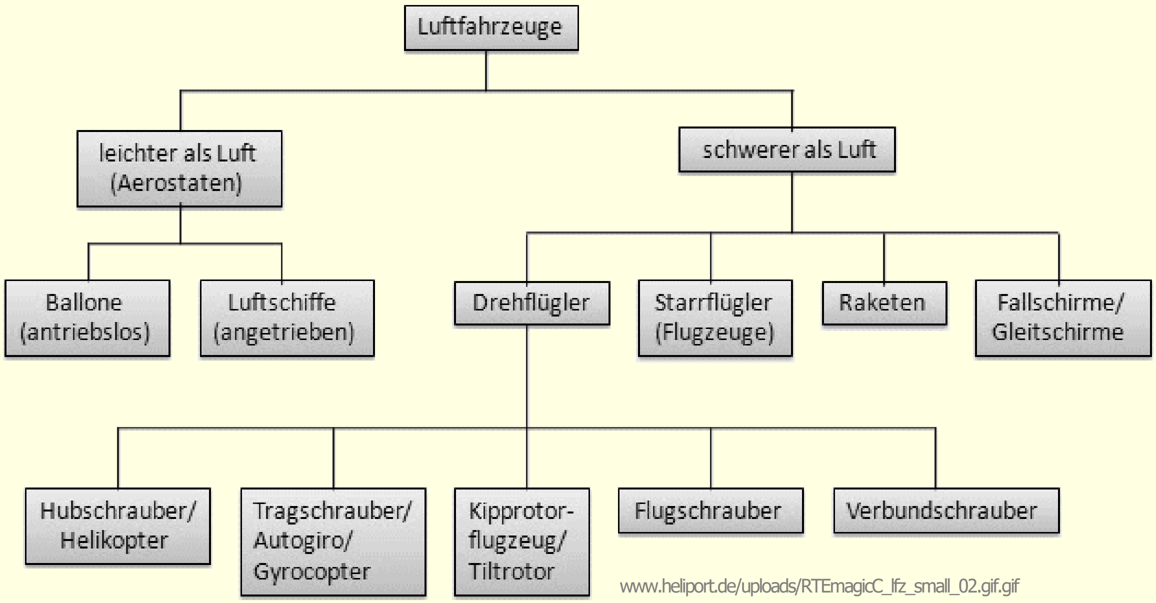




- Ein VW *ist ein* Personenwagen *ist ein* Auto *ist ein* Fahrzeug
- Eine Violine *ist ein* Streichinstrument *ist ein* Musikinstrument
- Ein Auto hat Räder ⇒ ein VW hat Räder

► Klassifikation von Luftfahrzeugen

Es fliegt so einiges in der Luft herum – man kann das auf verschiedene Art kategorisieren. Der Betrieb soll natürlich sicher sein und wurde deswegen rechtlich schon früh reglementiert. Allerdings kamen in den letzten Jahrzehnten immer neue „Fluggeräte“ hinzu, insbesondere im Luftsport – was zu einem Wirrwarr von nicht immer völlig logisch konzipierten Verordnungen mit neuen und oft etwas unscharfen Begrifflichkeiten geführt hat. Während man sich in der Schweiz bei der „Luftfahrtverordnung“ weitgehend an der hier aufgeführten Klassifikation orientiert, definiert das deutsche Luftverkehrsgesetz den Begriff „Luftfahrzeuge“ so:



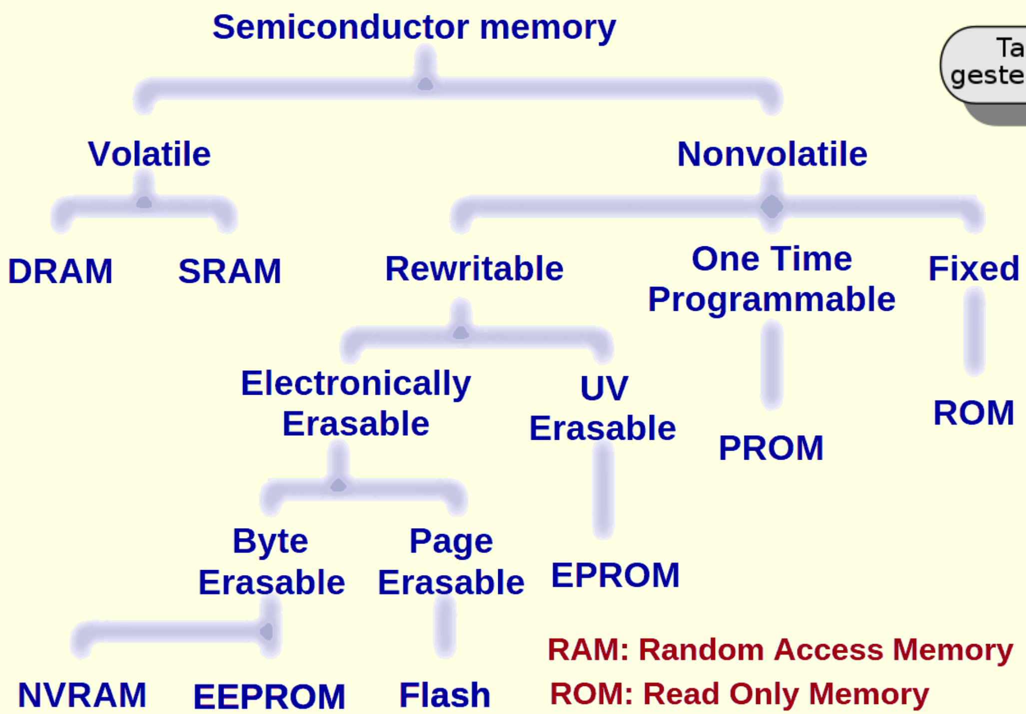
www.heliport.de/uploads/RTEmagicC_lfz_small_02.gif.gif

„Luftfahrzeuge sind 1. Flugzeuge, 2. Drehflügler, 3. Luftschiffe, 4. Segelflugzeuge, 5. Motorsegler, 6. Frei- und Fesselballone, 7. weggefallen [urspr. „Drachen“], 8. Rettungsfallschirme, 9. Flugmodelle, 10. Luftsportgeräte, 11. sonstige für die Benutzung des Luftraums bestimmte Geräte, sofern sie in Höhen von mehr als dreißig Metern über Grund oder Wasser betrieben werden können. […] Raumfahrzeuge, Raketen und ähnliche Flugkörper gelten als Luftfahrzeuge, solange sie sich im Luftraum befinden.“

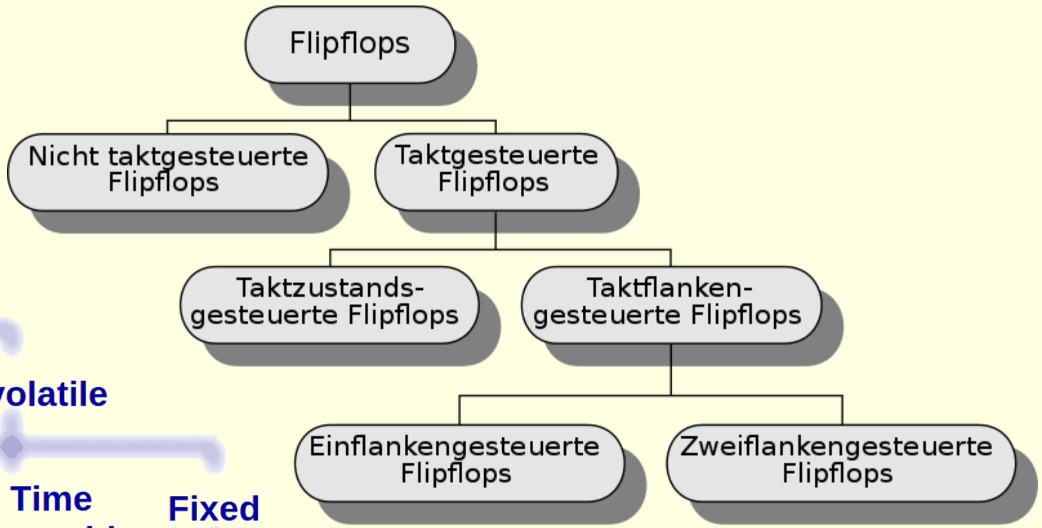
Ein Segelflugzeug ist also anscheinend kein (normales?) Flugzeug, und was z.B. Luftsportgeräte im Sinne des Gesetzes sind (nämlich u.a. Hängegleiter, Gleitflugzeuge, Gleitschirme, Sprungfallschirm und Ultraleichtflugzeuge), erschliesst sich einem erst indirekt über andere amtliche Verlautbarungen wie die „Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung“.

Eine universell sinnvolle und ewig geltende Ontologie ist offensichtlich eine Illusion!

► Klassifikation von Hardwarekomponenten

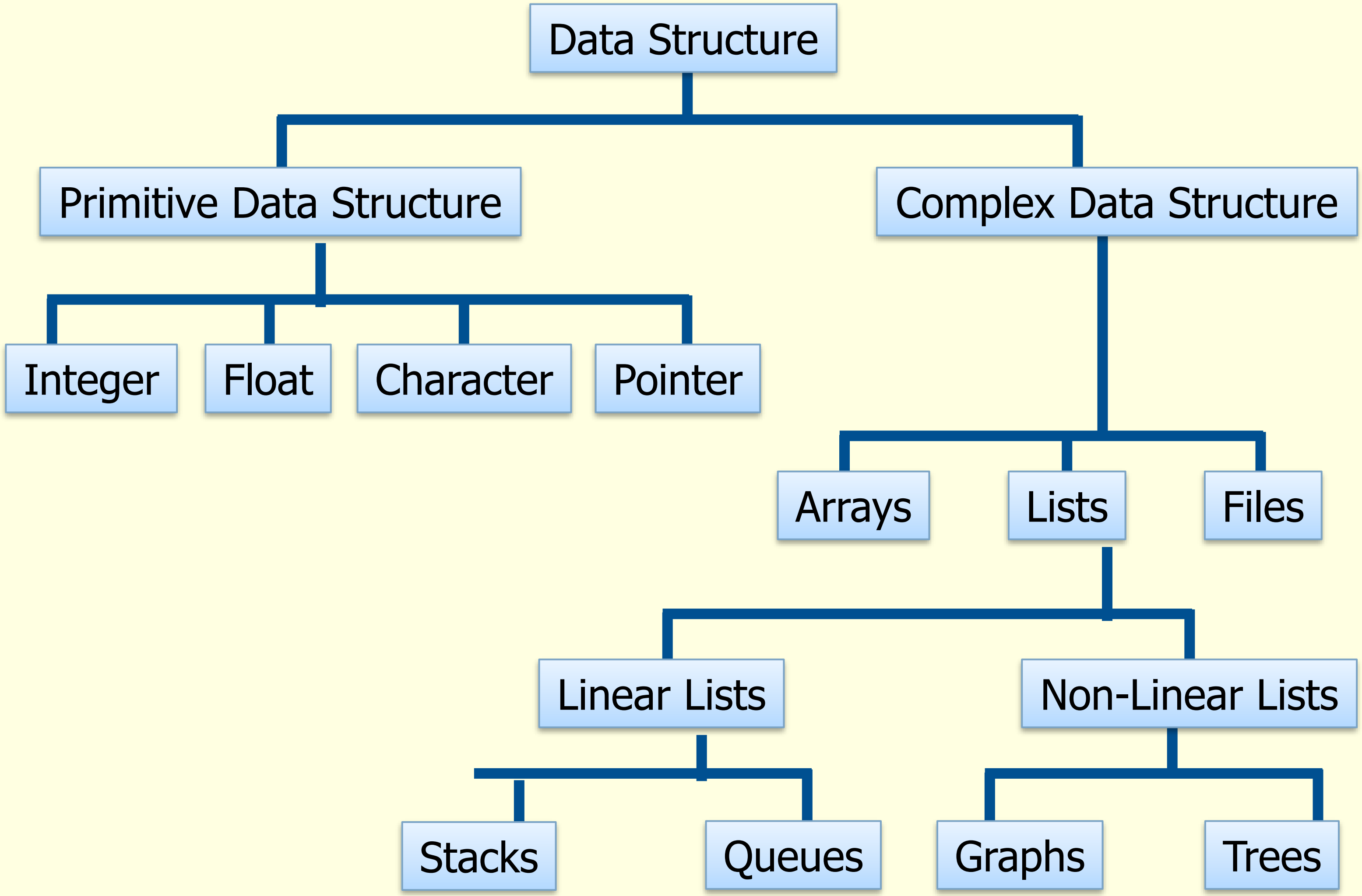


RAM: Random Access Memory
ROM: Read Only Memory

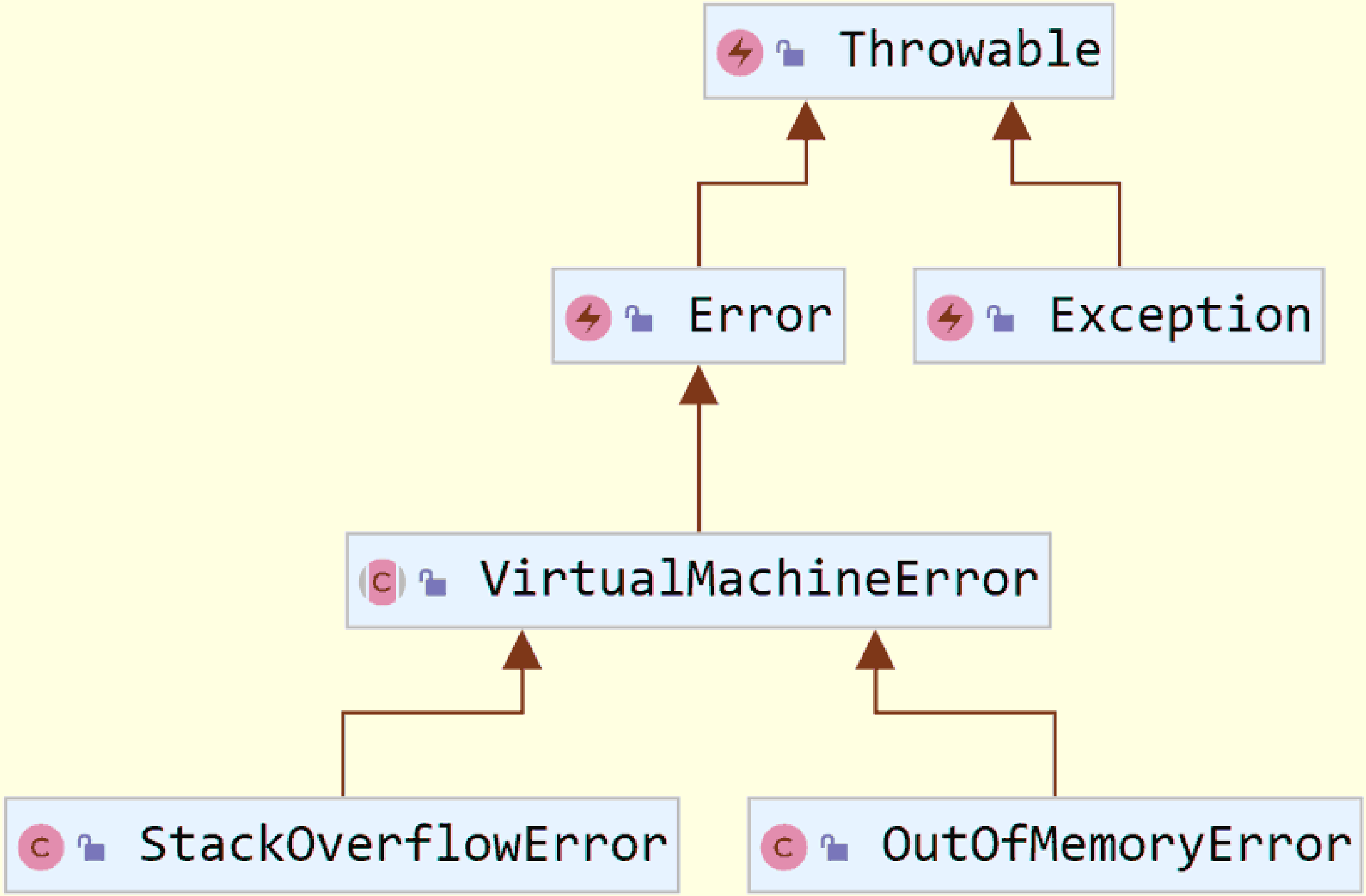


https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Flipflops-klassifizierung.png

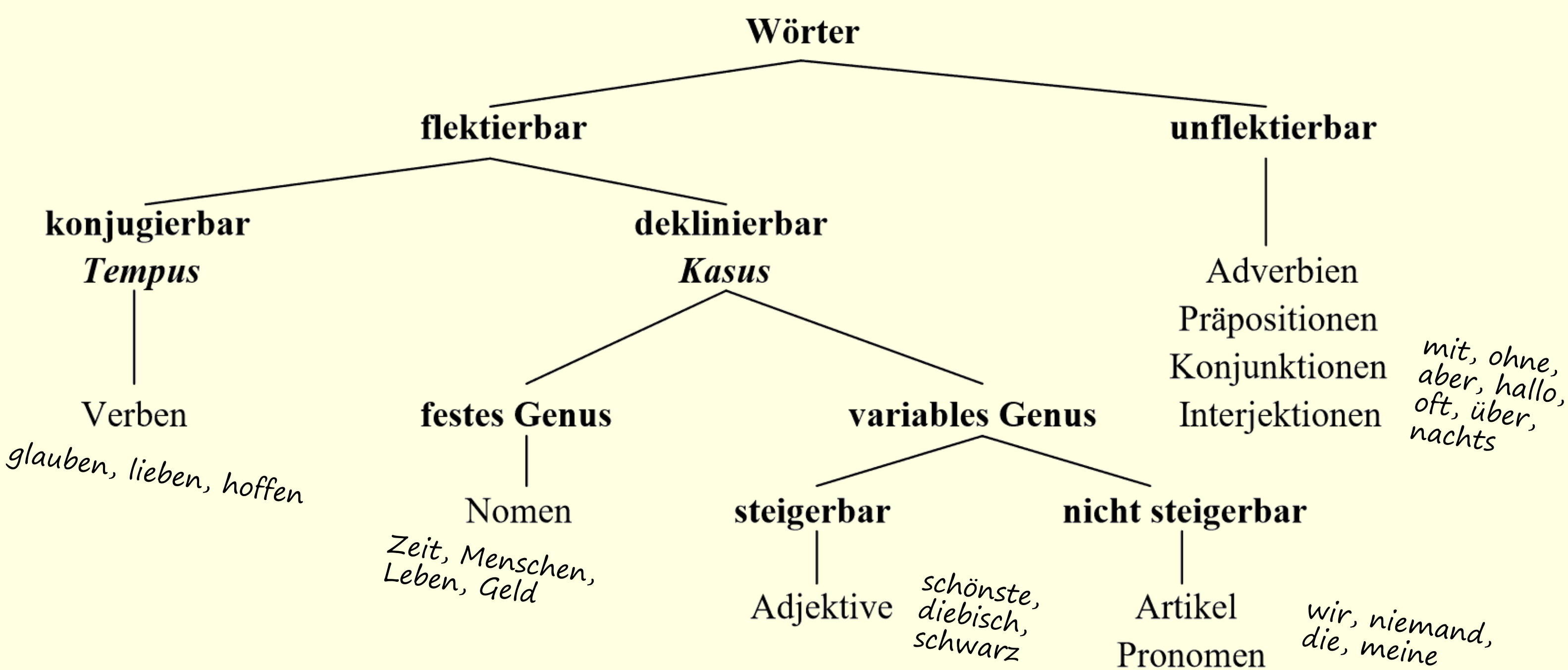
► Klassifikation von Datenstrukturen



► Klassifikation von Java-Fehlertypen



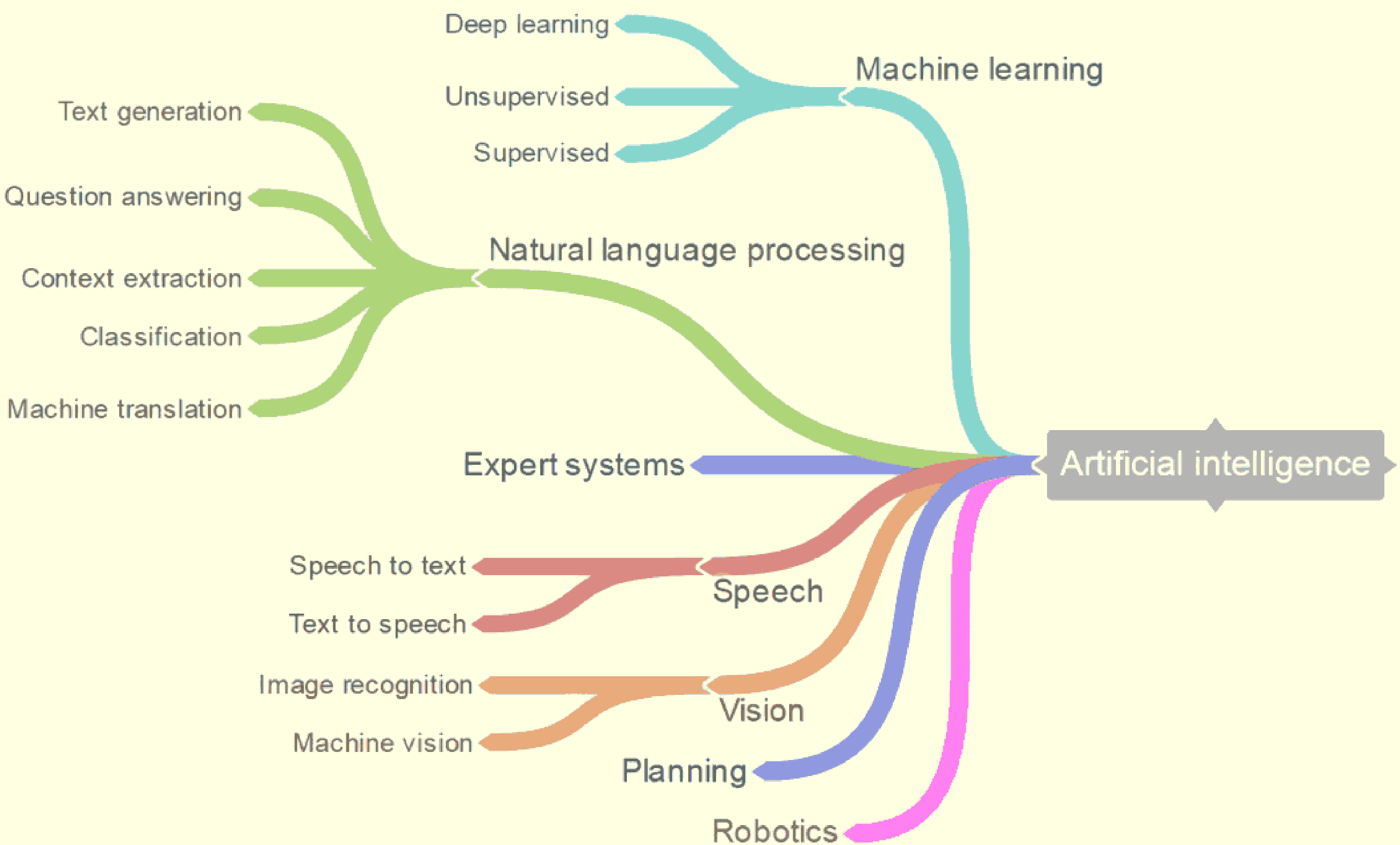
► Klassifikationsschema für Wortarten



Was für Wortarten gibt es im Deutschen? In anderen Sprachen? Wie viele Arten sind es? Es gibt keine naturgesetzlich eindeutige Antwort. Wortarten ergeben sich aus einer Klassifikation aller Wörter einer Sprache nach „sinnvollen" morphologischen, syntaktischen und/oder semantischen Kriterien. Dionysius Thrax (ca. 100 vor Chr.) aus Alexandria, der die erste griechische Grammatik verfasste, vertrat eine 8-Wortarten-Lehre; an Schulen wurde für das Deutsche lange eine 10-Wortarten-Doktrin verfolgt: *Substantiv, Verb, Adjektiv, Pronomen, Artikel, Adverb, Präposition, Konjunktion, Interjektion, Numerale**. Hans Glinz (1913 – 2008), Professor für deutsche Philologie in Aachen und Titularprofessor der Universität Zürich, dessen Habilitationsschrift von 1951 den Titel „Die innere Form des Deutschen" trug, propagierte hingegen, auch aus didaktischen Gründen, eine Klassifikation nach fünf Hauptkategorien, siehe oben.

Nun ja, Numerale: „dreiviertel sieben" etc. – aber „Million" gilt als Substantiv, „verdreifachen" als Verb und „doppelt" als Adjektiv.

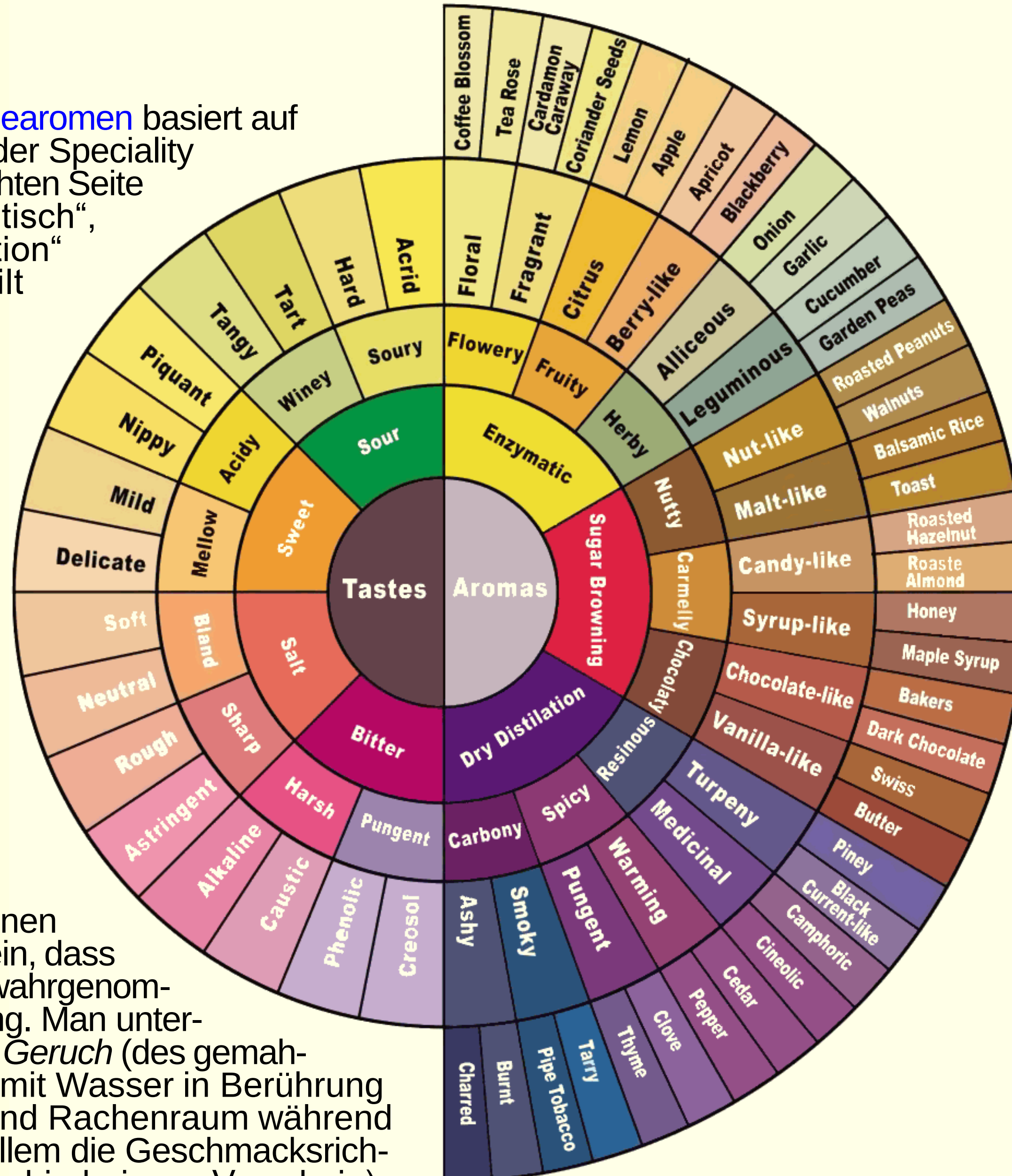
► Klassifikationsvorschlag für die KI



Dass sich der Baum von rechts nach links auffächert, ist etwas ungewöhnlich für Baumdarstellungen.

► Kaffeearomen

Die visuelle Darstellung verschiedener Kaffeearomen basiert auf dem Buch *The Coffee Cuppers Handbook* der Speciality Association of America und bildet auf der rechten Seite die drei Haupt-Aromakategorien „Enzymatisch“, „Zuckerbräunung“ und „trockene Destillation“ ab. Die Kategorie „Enzymatisch“ unterteilt sich wiederum in „Blumig“, „Fruchtig“ und „Kräuterartig“ und beschreibt primär Charakteristika, die noch auf die Kaffeepflanze zurückzuführen sind. Ausgehend von diesen Unterkategorien, z.B. „Fruchtig“, gelangt man zur nächsten Ebene, die den Begriff in „Zitrusaroma“ und „Beerenaroma“ aufteilt und so die Zuordnung etwas vergleichbarer und greifbarer macht. Schlussendlich werden auf der letzten Stufe direkte Aromenvergleiche zu anderen Lebensmitteln hergestellt, so findet man unter „Zitrusaroma“ zum Beispiel Apfel und Zitrone und unter „Beerenaroma“ Aprikose und Schwarzbeere. Man findet aber auch Aromen von Knoblauch über Walnuss bis hin zu verkohlt!



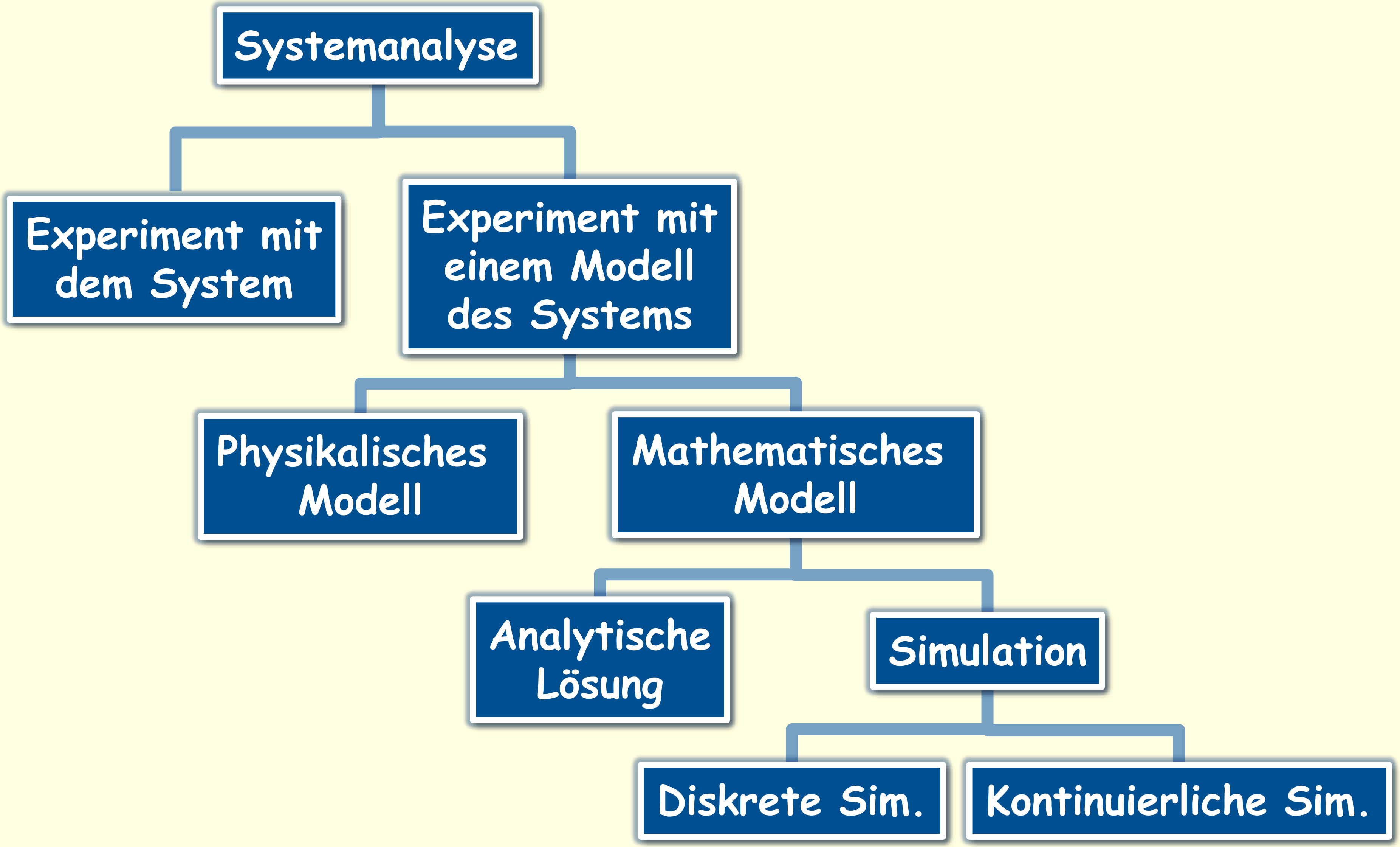
Wichtig ist aber nicht nur, die Aromen zuordnen zu können, sondern sich auch bewusst zu sein, dass nicht alle Aromen eines Kaffees gleichzeitig wahrgenommen werden können während der Verkostung. Man unterscheidet hier vier Wahrnehmungszeitpunkte: *Geruch* (des gemahlenen Kaffees), *Aroma* (sobald der Kaffee mit Wasser in Berührung kommt), *Nase* (Wahrnehmung im Mund- und Rachenraum während des Kostens) sowie *Nachgeschmack* (vor allem die Geschmacksrichtungen der „trockenen Destillation“ kommen hierbei zum Vorschein).

Bild und Text nach www.beans-and-machines.at/blog/wie-schmecken-wir-kaffee

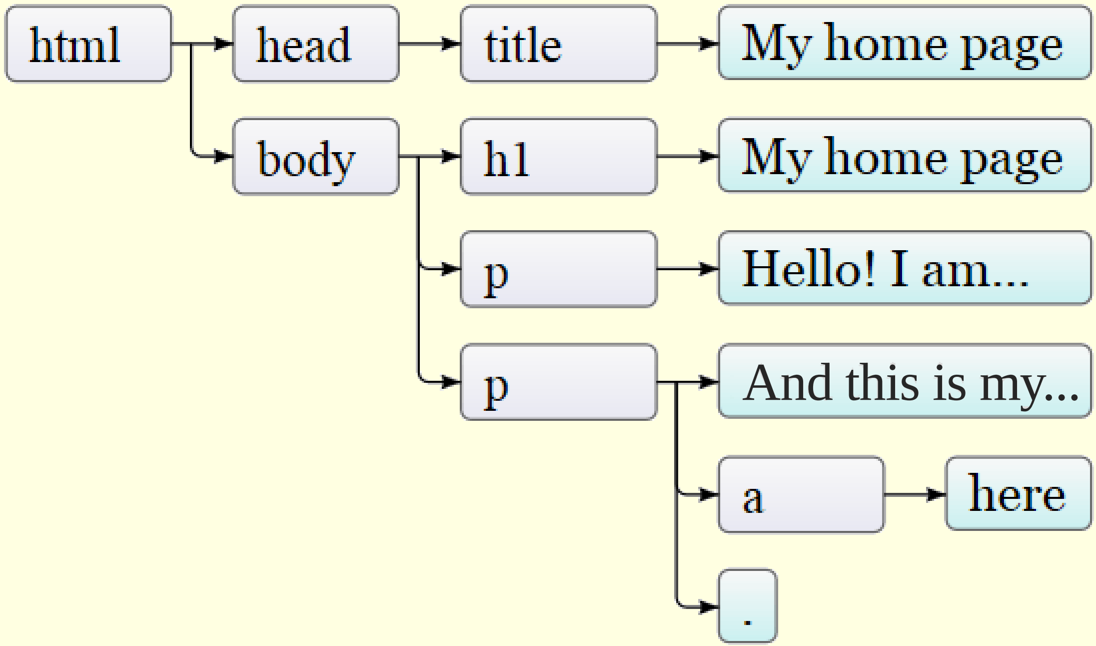
► Dezimalklassifikation

Ein Bild aus dem Buch „Die Welt-Registratur“ von Karl Wilhelm Bührer und Adolf Saager (1912) als ein historisches Beispiel für ein hierarchisches Dezimalklassifikationssystem für Begriffe und Wissensgebiete. Der amerikanische Bibliothekar Melvil Dewey entwickelte das Prinzip zur Dewey Decimal Classification (DDC) weiter, mit der viele Bibliotheksbestände, vor allem in den USA, klassifiziert werden. Dabei steht 004 z.B. für die gesamte Kategorie „Informatik“; Backtracking findet man dann unter 004.0151; 004.015113 steht für mathematische Logik in der Informatik; 004.082 für Computer und Frauen; 004.652 für Peer-to-Peer-Computing; 700 ist die Oberkategorie für Künste und Unterhaltung; 735.22 steht für die Bildhauerkunst des 19. Jahrhunderts; 799.313 für Schiessen auf bewegliche Ziele und 799.3132092 speziell für Wurftaubenschützen. Das System kommt bald an seine Grenzen, weil Sachgebiete sich meist unter verschiedenen Rubriken einreihen lassen: *Aceton* ist ein chemischer Stoff und gehört deshalb unter 547.284.3 eingereiht, aber auch ein technisches Lösungsmittel und gehört als solches unter 66.062.822.1.

► Methoden der Systemanalyse



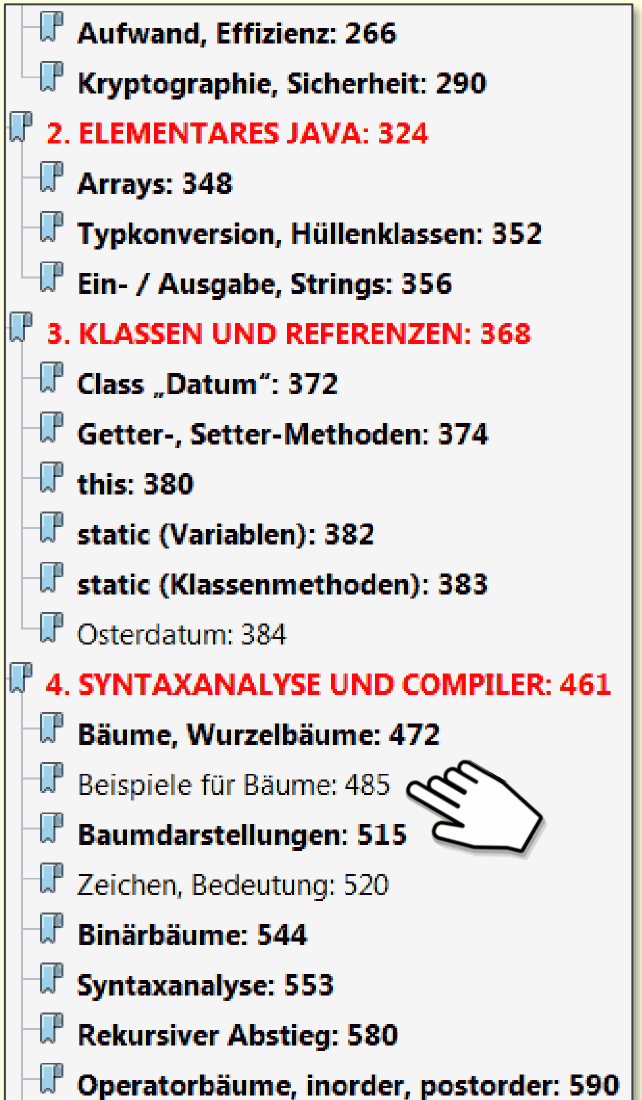
► HTML-Dokumentenstruktur

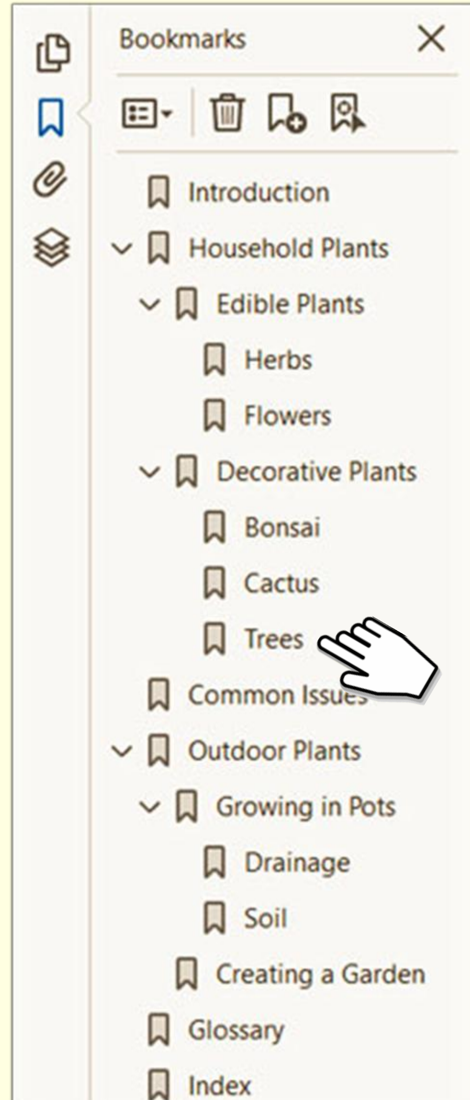



```html
<!doctype html>
<html>
 <head>
  <title>My home page</title>
 </head>
 <body>
  <h1>My home page</h1>
  <p>Hello! I am … .</p>
  <p>And this is my new book:
   <a href="http://....net">
    here</a>.</p>
 </body>
</html>
```

Die Hypertext Markup Language (HTML) ist eine textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung digitaler Dokumente. HTML-Dokumente sind die Grundlage des World Wide Web und werden von Webbrowsern dargestellt. HTML dient dazu, einen Text semantisch zu strukturieren, nicht aber zu formatieren. (Die visuelle Darstellung ist nicht Teil der HTML-Spezifikationen, sondern wird durch den Webbrowser sowie Gestaltungsvorlagen wie CSS bestimmt.)

► Textgliederung (Darstellung in eingerückter Form)





► Dateihierarchie
(Darstellung in eingerückter Form)

> Files as leaves, folders as branches, all these together made my computer a tree. Perhaps I ought to feel less guilty about spending time at the computer – after all, I am only spending time climbing a tree. -- Sumana Roy

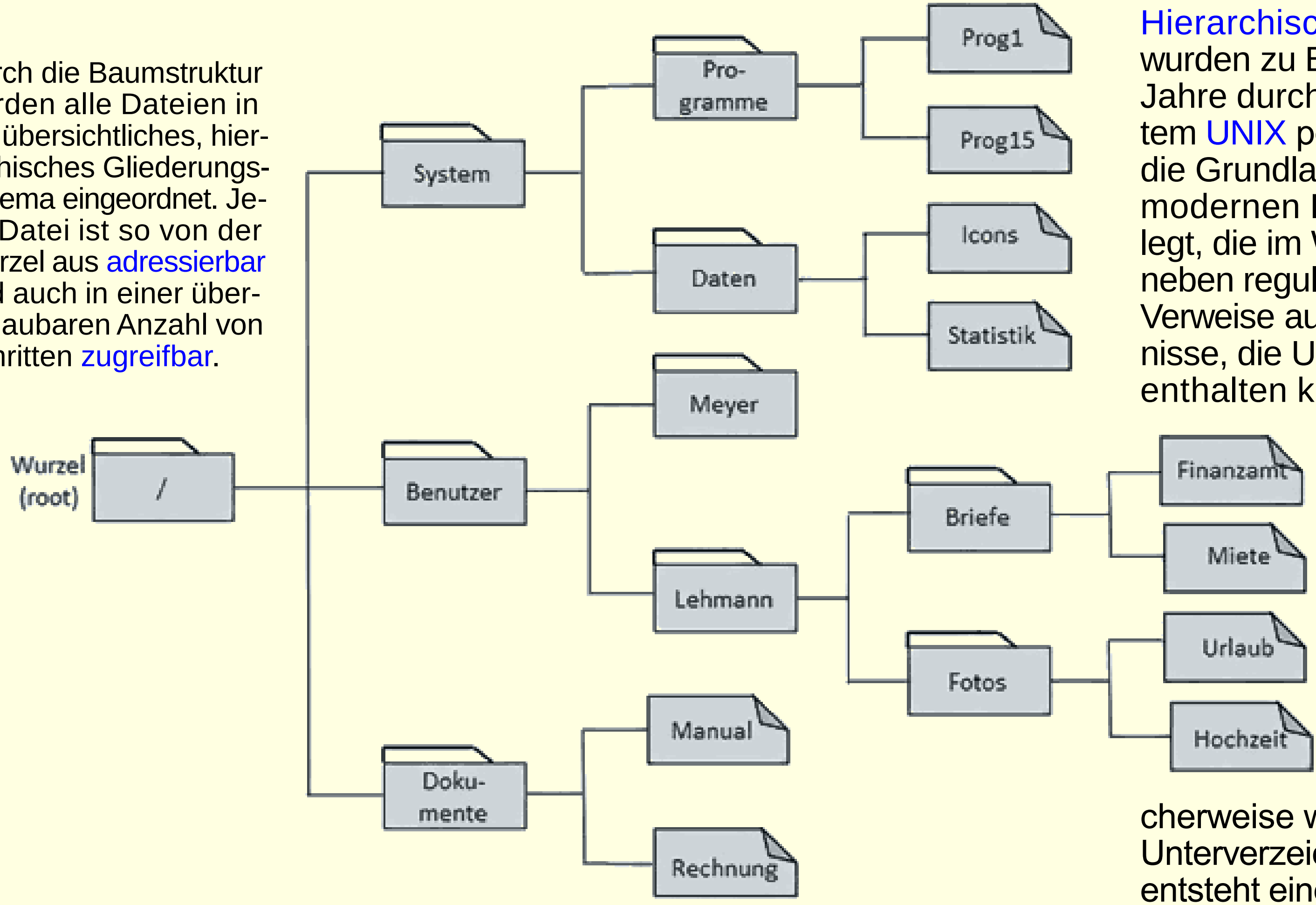
26 items, 1.9 GB available

Name	Date Modified	Kind
▶ Applications	Yesterday, 20:28	Folder
▼ Developer	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ Applications	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ Documentation	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ Examples	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▼ Headers	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ FlatCarbon	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▼ FlatHeaderConversion	Sun, Jan 19, 2013	Folder
ApplicationServices.tops	Thu, Jul 18, 2012	Document
Carbon.tops	Thu, Jul 18, 2012	Document
CoreServices.tops	Thu, Jul 18, 2012	Document
QuickTime.tops	Thu, Jul 18, 2012	Document
ReadMe.txt	Thu, Jul 18, 2012	Plain t...ument
remove_duplicate_includes.pl	Thu, Jul 18, 2012	Perl file
▶ Java	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ Makefiles	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ Palettes	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ ProjectBuilder Extras	Sun, Jan 19, 2013	Folder
▶ Tools	Wed, May 7, 2013	Folder
▶ Documents	Sun, Jan 19, 2013	Folder

Die Niveaus (gleich eingerückte Knoten) sind direkt erkennbar

► Dateihierarchie
(Darstellung als Graph)

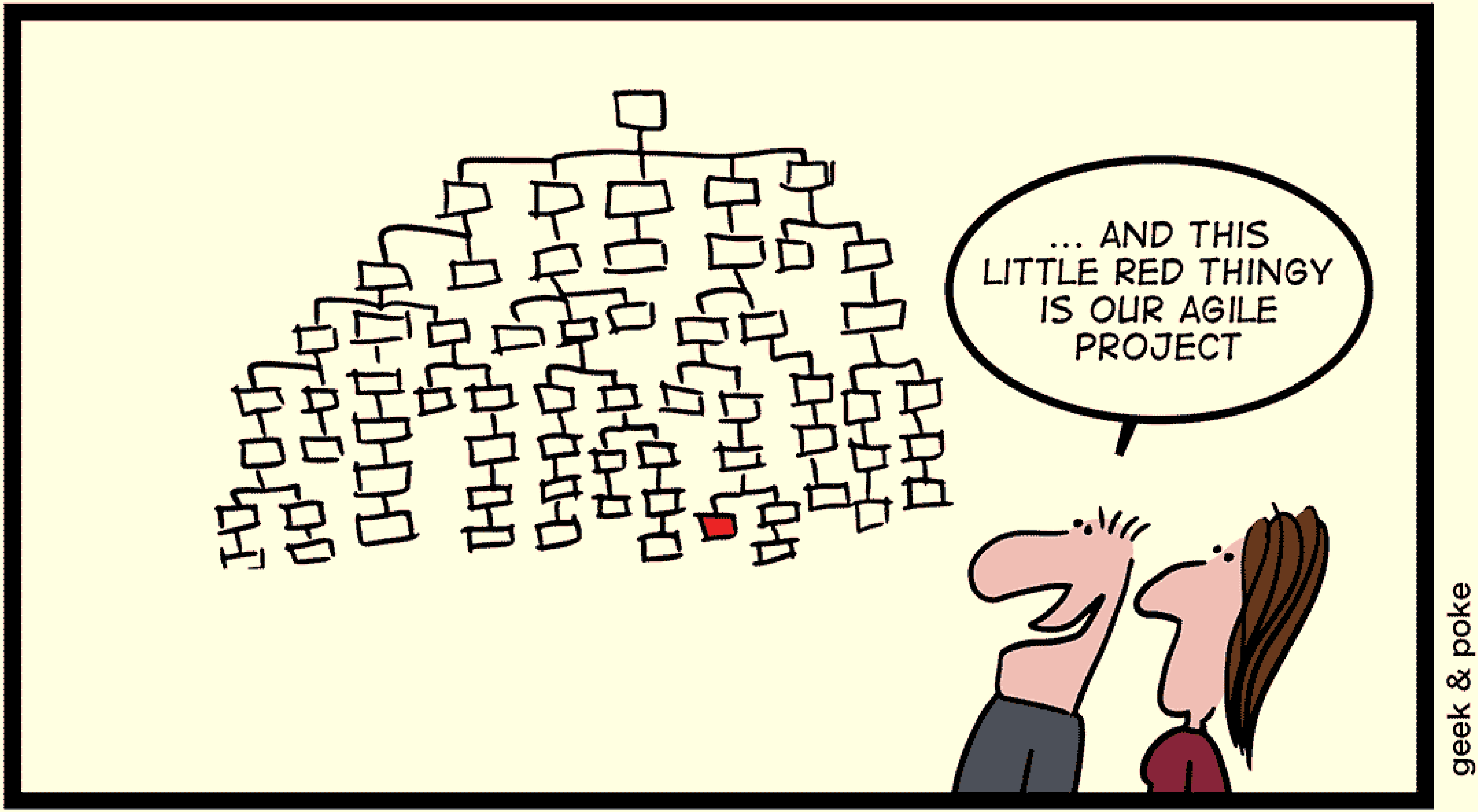
Durch die Baumstruktur werden alle Dateien in ein übersichtliches, hierarchisches Gliederungsschema eingeordnet. Jede Datei ist so von der Wurzel aus adressierbar und auch in einer überschaubaren Anzahl von Schritten zugreifbar.



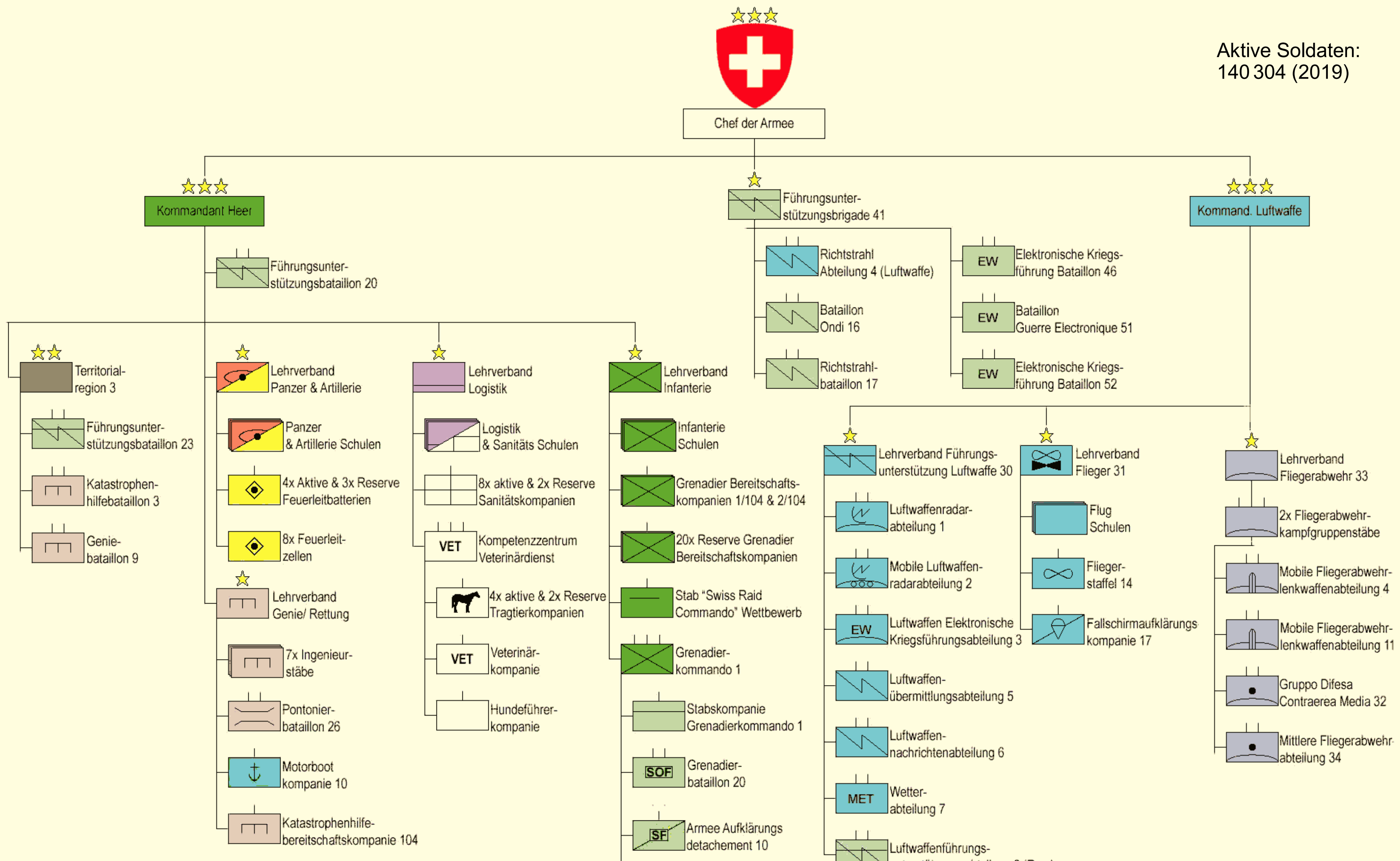
Hierarchische Dateisysteme wurden zu Beginn der 1970er-Jahre durch das Betriebssystem UNIX populär. „Damit war die Grundlage für die meisten modernen Dateisysteme gelegt, die im Wurzelverzeichnis neben regulären Dateien auch Verweise auf weitere Verzeichnisse, die Unterverzeichnisse, enthalten können, mit möglicherweise wiederum weiteren Unterverzeichnissen. Dadurch entsteht eine Verzeichnisstruktur, die oft als Verzeichnisbaum dargestellt wird.“ [Wikipedia]

Bild: Jürgen Nehmer: Computer verstehen, 2023

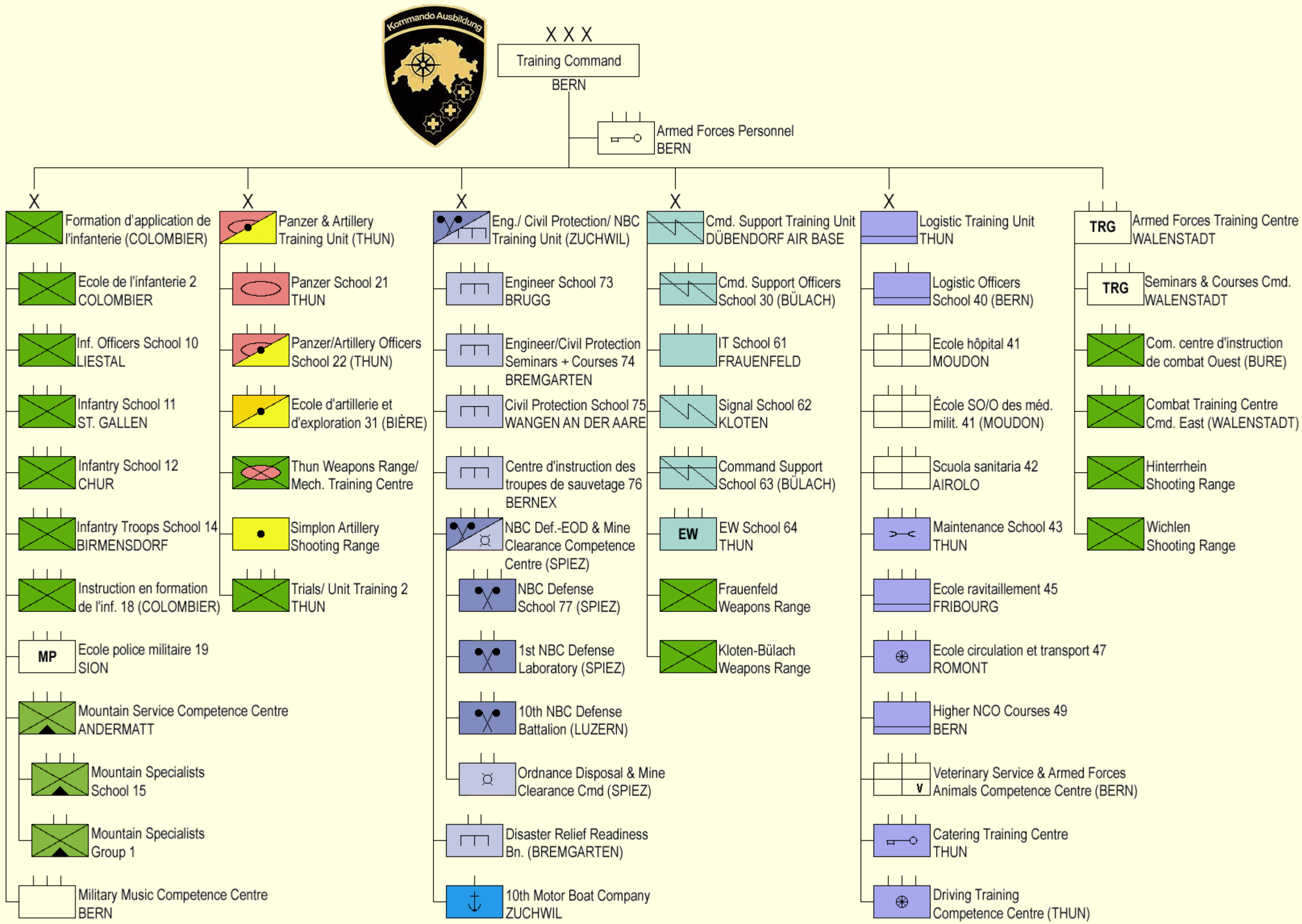
► Projekthierarchie



► Gliederung der Schweizer Armee (Ausschnitt)



Gliederung der Schweizer Armee (Detail-Ausschnitt)



► Armeeoberkommando 7 im Deutschen Kaiserreich 1918

- **Oberbefehlshaber**
  - **Generalstabschef**
    - **I. Operationsabteilung**
      - **Sektion Ia** taktische / operative Angelegenheiten
      - **Sektion Ib** Abwehr / Korpsgrenzen taktische Befehle
      - **Sektion Id** Ausbildung / Waffengattungen Kartenwesen / Nachrichtenwesen
      - **Sektion Ie** Ablösungen / Lagebeurteilung
      - **Sektion If** Nachbararmeen / Kriegstagebuch Gefechtsberichte
      - **Sektion Ig** Geheimhaltung / Zensur
      - **Sektion Is** Besondere Aufträge / Erfahrungen
    - **II. Adjutantur**
      - **Erster Adjutant (IIa)** Urlaub / persönliche Angelegenheiten
      - **Zweiter Adjutant (IIb)** Verluste / Ersatz Dolmetscher
    - **IV. Oberquartiermeister**
      - **Militär-Gefangenen-Kompagnien**
      - **Munitionsabteilung**
      - **Artillerie-Parkkommando**
      - **Auskunft**
      - **Feuerschutz**
      - **Pass-Abteilung**
      - **Baudirektion**
      - **Forstverwaltung**
      - **Unterrichtsoffizier**
      - **Armeejustizbeamter**
      - **Armee-Postdirektor**
      - **Pferde-Inspzient**
      - **Bahnbeauftragter des Feldeisenbahnchefs**
      - **Armee-Kommandeur Munitionskolonne**
      - **Armee-Kommandeur Kraftwagen**
      - **Kommandeur Eisenbahnwesen**
      - **Kommandeur der Starkstrom-Abteilung**
      - **Stabsoffizier Train**
      - **Stabsoffizier Artillerie**
      - **Stabsoffizier Beutewesen**
      - **Dritter Generalstabsoffizier (Ic)** Nachschub / Sanitätswesen
      - **Abteilung IVa Armee-Intendant** Verpflegung / Bekleidung Ausrüstung / Wirtschaft
      - **Abteilung IVb Armee-Arzt**
      - **Abteilung IVc Militär-Seelsorge**
      - **Abteilung V Armee-Veterinär**
      - **Sektion IId** Kraftwagen-Dienststelle technische Betreuung
      - **Kommandant des Hauptquartiers**
        - Verpflegungsoffizier
        - Truppenarzt
        - Kassenverwalter
        - Führer der Bagage
      - **Referat Arbeitsformalitäten** innere Verwaltung Arbeitsformationen
      - **Nachrichten / Abwehr** Spionage-, Sabotageabwehr Wach- u. Sicherungsdienst
    - **General der Artillerie**
    - **General der Pioniere**
    - **Armee-Kommandant Nachrichtenwesen**
    - **Kommandeur der Flieger**
    - **Kommandeur der FLAK**
    - **Kommandeur der Luftschiffertruppen**
    - **Nachrichten-Offizier der OHL**
    - **Stabsoffizier Magazine**
    - **Stabsoffizier Gastruppen**
    - **Stabsoffizier Vermessungswesen**

► Organigramm der Stasi
(DDR-Nachrichtendienst und -Geheimpolizei)

Die Stasi hatte 1989 etwa 91000 hauptamtliche und 189000 geheime inoffizielle Mitarbeiter (IM), oft „Stasispitzel“ genannt. Diese durften in ihrer Verpflichtungserklärung ihren Decknamen relativ frei wählen („Schneemann“, „Roland Kaiser“, „Pharao“, „Kosmos“, „Topas“); allerdings war „Judas“ unerwünscht.

MINISTERIUM FÜR STAATSSICHERHEIT

Minister für Staatssicherheit

- ZAIG Zentrale Auswertungs- und Informationsgruppe
  - Abt. XII Zentrale Auskunft/Speicher
  - Abt. XIII Zentrale Rechenstation
  - Rechtsstelle
- HA II Spionageabwehr
  - Abt. M Postkontrolle
- HA IX Untersuchungsorgan
- Abt. XIV Untersuchungshaft, Strafvollzug

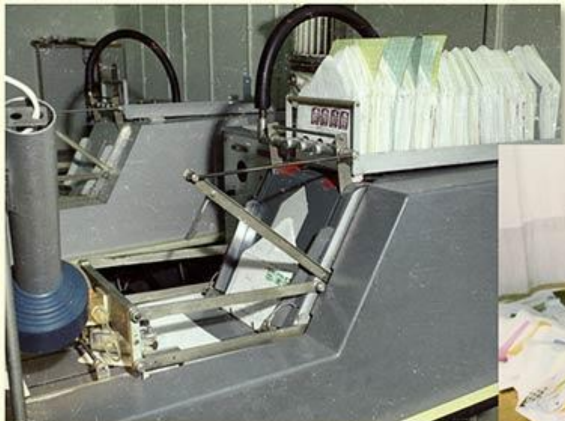
- Sekretariat des Ministers
- AGM Arbeitsgruppe des Ministers, Mobilmachung, Schutzbauten
  - Wachregiment Berlin
- BdL Büro der Leitung
- HA KuSch Kader und Schulung
  - ZMD Zentraler Medizinischer Dienst
  - JHS Juristische Hochschule (des MfS)
- Abt. X Internationale Verbindung
- Abt. Finanzen
- Büro der Zentralen Leitung des SV Dynamo
- HA PS Personenschutz
- Leiter der 15 Bezirksverwaltungen

Stellvertreter
- Sekretariat beim Stellvertreter
- VRD Verwaltung Rückwärtige Dienste
- HA XVIII Sicherung der Volkswirtschaft
- HA XIX Verkehr, Post, Nachrichtenwesen
- HA XX Staatsapparat, Kultur, Kirche, Untergrund
- ZAGG Zentrale Arbeitsgruppe Geheimnisschutz
- AG BKK Bereich Kommerzielle Koordinierung
- ZOS Zentraler Operativstab
- AGE Arbeitsgruppe E

Stellvertreter
- Sekretariat beim Stellvertreter
- HA I Abwehrarbeit in NVA und Grenztruppen
- HA VI Passkontrolle, Tourismus, Interhotel
- HA VII Abwehrarbeit MdI/DVP
- HA VIII Beobachtung/Ermittlung
- HA XXII Terrorabwehr
- ZKG Zentrale Koordinierungsgruppe Flucht, Übersiedlung
- AG XVII Besucherbüros Berlin (West)

Stellvertreter
- Sekretariat beim Stellvertreter
- HA III Funkaufklärung, Funkabwehr
- OTS Operativ-Technischer Sektor
- Abt. Nachrichten Sicherstellung des Nachrichtenwesens
- Abt. XI Chiffrierwesen
- Abt. BCD Bewaffnung/ Chemischer Dienst
- Abt. 26 Telefonüberwachung

Stellvertreter und Leiter der HVA
- Mobilmachung, “Innere Sicherheit“, Auswertung, Äußere Spionageabwehr, „Aktive Maßnahmen“
- 1. Stellvertreter OT, EDV, Sektor Wissenschaft und Technik
- Stellvertreter Stab „Regimefragen“, Schleusungen, Rückwärtige Dienste
- Stellvertreter Politische Aufklärung BRD, Sabotagevorbereitung
- Stellvertreter Militärische Aufklärung BRD, Nordamerika, NATO, EG
- Stellvertreter Residenturen in „dritten Ländern“, Betreuung, Schulung



Für die Kontrolle grenzüberschreitender Telefonate sowie die Funkaufklärung im Ausland war die Hauptabteilung III (mit über 2300 Personen) zuständig. Abgehört wurden auch Telefonate, die innerhalb Westdeutschlands (bzw. mit Westberlin) geführt wurden; dazu wurden Richtfunkstrecken und Autotelefone überwacht, z.T. von geheimen Stützpunkten in Westdeutschland aus.

Für die Postkontrolle war die Abteilung M (über 2000 Offiziere) zuständig. Um möglichst viele Briefe mitlesen zu können, entwickelte die Stasi Maschinen, die einige der notwendigen Arbeitsschritte automatisiert erledigten. Bild rechts: mit kaltem Wasserdampf geöffnete Briefe.

Das auch in der Verfassung der

Abt. M Postkontrolle

DDR festgeschriebene Postgeheimnis wurde dabei systematisch verletzt. Im Wissen um den Bruch der eigenen Verfassung versuchte die Stasi, die Spuren der Postkontrolle zu verwischen. Dazu wurden z.B. die wieder verschlossene Briefe gebügelt, nachdem bei Bedarf Umschläge inklusive Wertmarken ersetzt wurden. Dafür gab es eine eigens angelegte Briefmarkensammlung sowie ein Sortiment gefälschter Poststempel aus aller Welt.

HA III
Funkaufklärung,
Funkabwehr

Einer der bekanntesten politischen Witze lautete: *Einem DDR-Bewohner wird sein Telefon entzogen. Er beschwert sich und fragt nach den Gründen. „Sie haben das Ministerium für Staatssicherheit verleumdet.“ „Ich? Inwiefern?“ „Sie haben wiederholt am Telefon behauptet, Ihr Telefon wird abgehört!“*

Abt. 26
Telefonüberwachung

Die Kontrolle der innerhalb der DDR geführten Telefonate oblag der Abteilung 26 (über 1000 Personen). In grossem Masse wurden auch Videokameras und Abhörgeräte in Wohnungen, Hotels, Dienstgebäuden und Haftanstalten eingesetzt.

ZAIG
Zentrale Auswertungs- und Informationsgruppe

Abt. XII
Zentrale
Auskunft/Speicher

Erfassen von Karteikartendaten für die elektronische Datenverarbeitung in der Abt. XII; hier ein Robotron A5120-Bürocomputer (8-Bit-Prozessor sowie 8-Zoll-Disketten). Bild aus einer MfS-Fotoserie für das Traditionskabinett der Abteilung XII / Zentralarchiv. Bild: BStU (MfS, Abt. XII, Fo 93, Bild 5)

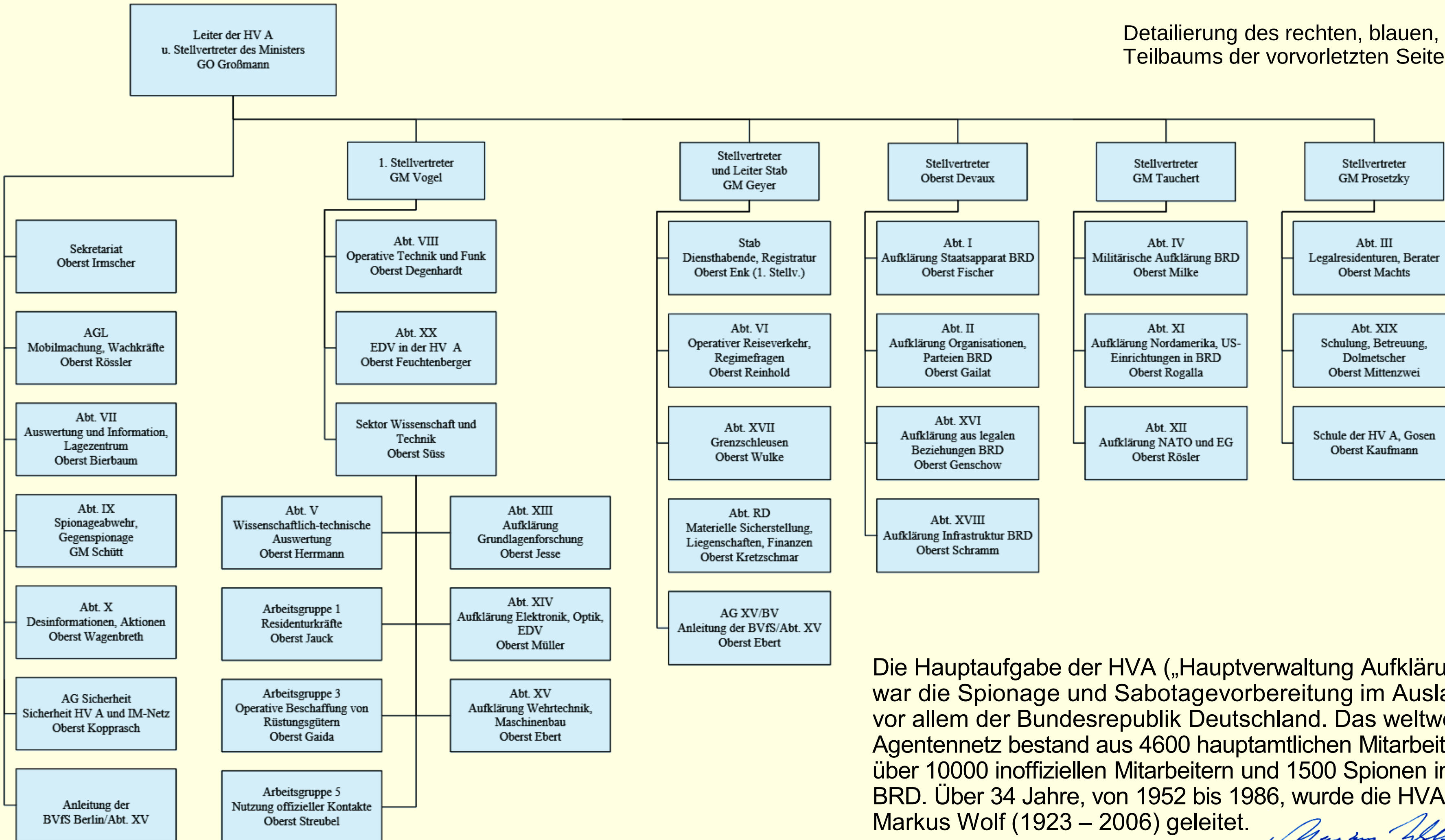
In den DDR-Briefverteilämtern gab es jeweils eine Stelle, in welcher von Stasi-Mitarbeitern in Postuniformen der gesamte Briefverkehr aufgrund von Vorgaben gefiltert wurde. Die modularen Fahndungstafeln waren nach Namen sortiert. Tauchte ein Brief mit einer registrierten Anschrift auf, so wurde dieser zur weiteren Kontrolle aussortiert. Bild: BStU (MfS, Abt. M, Fo 29, Bild 28)

Abt. M Postkontrolle

Vom MfS 1986 entwickeltes Gerät zum halbautomatischen Verschliessen geöffneter Postsendungen. Bild: BStU (MfS, BV Karl-Marx-Stadt, Abt. M, Nr. 4)

► Auslandsgeheimdienst (HVA) der DDR

Detailierung des rechten, blauen,
Teilbaums der vorvorletzten Seite

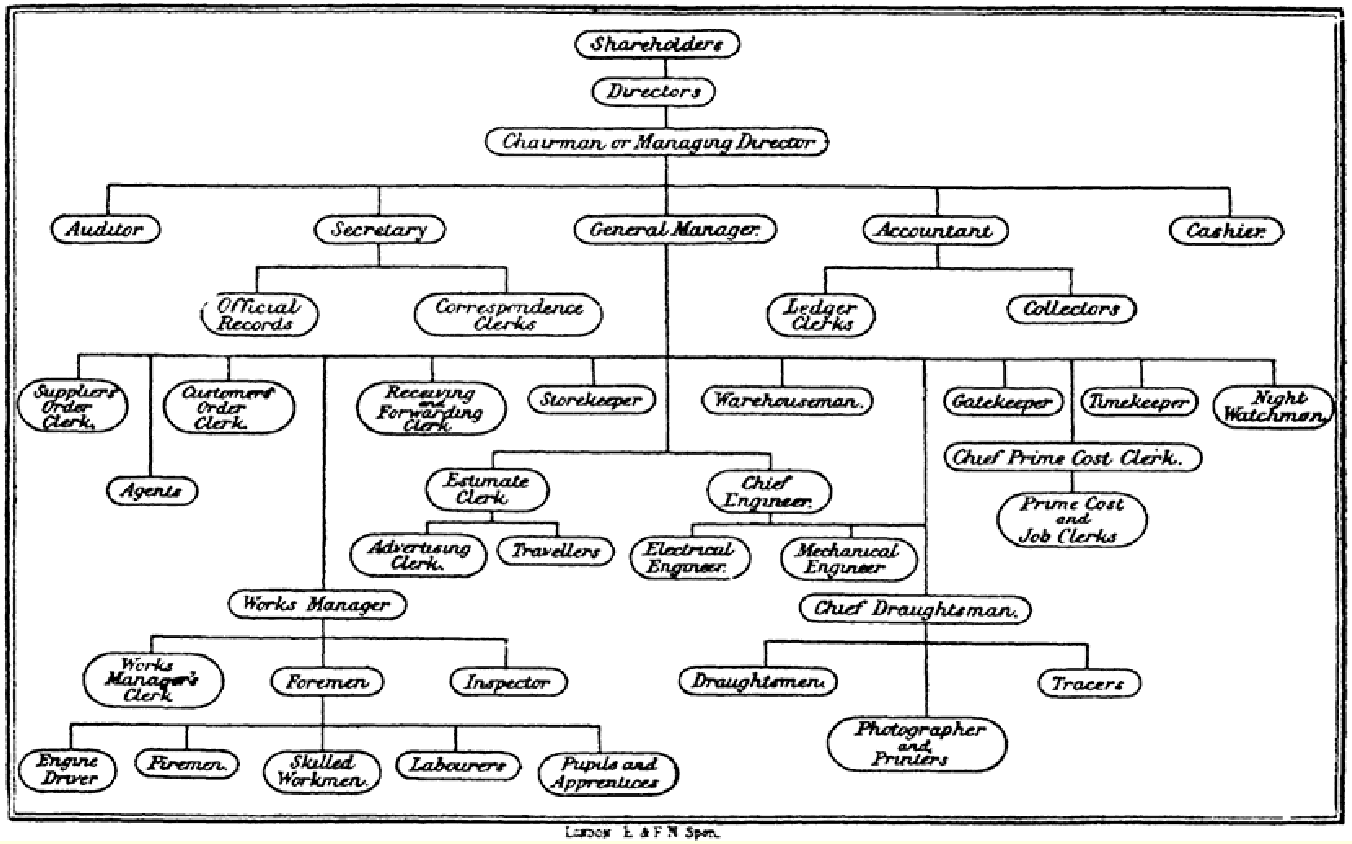


Die Hauptaufgabe der HVA („Hauptverwaltung Aufklärung“) war die Spionage und Sabotagevorbereitung im Ausland, vor allem der Bundesrepublik Deutschland. Das weltweite Agentennetz bestand aus 4600 hauptamtlichen Mitarbeitern, über 10000 inoffiziellen Mitarbeitern und 1500 Spionen in der BRD. Über 34 Jahre, von 1952 bis 1986, wurde die HVA von Markus Wolf (1923 – 2006) geleitet.

► Firmen-Organigramm

„Nicht immer spiegelt die offizielle Hierarchie einer Institution die wahren organisatorischen Verhältnisse ... und Verbrechersyndikate veröffentlichen ihre Organigramme schon gar nicht.“ – George Szpiro

J. Slater Lewis (1852 – 1901) war ein britischer Ingenieur, Erfinder und Manager. 1896 veröffentlichte er “The Commercial Organization of Factories” („A handbook for the use of manufacturers, directors, auditors, engineers, managers, secretaries, accountants, cashiers, estimate clerks, prime cost clerks, bookkeepers, draughtsmen, students, pupils, etc.”), das auf ca. 500 Seiten erstmalig alle Aspekte des Managements einer Fabrik behandelt. Zu nebenstehendem Organigramm schreibt er:



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Staff_Organisation_Diagram,_1896.jpg

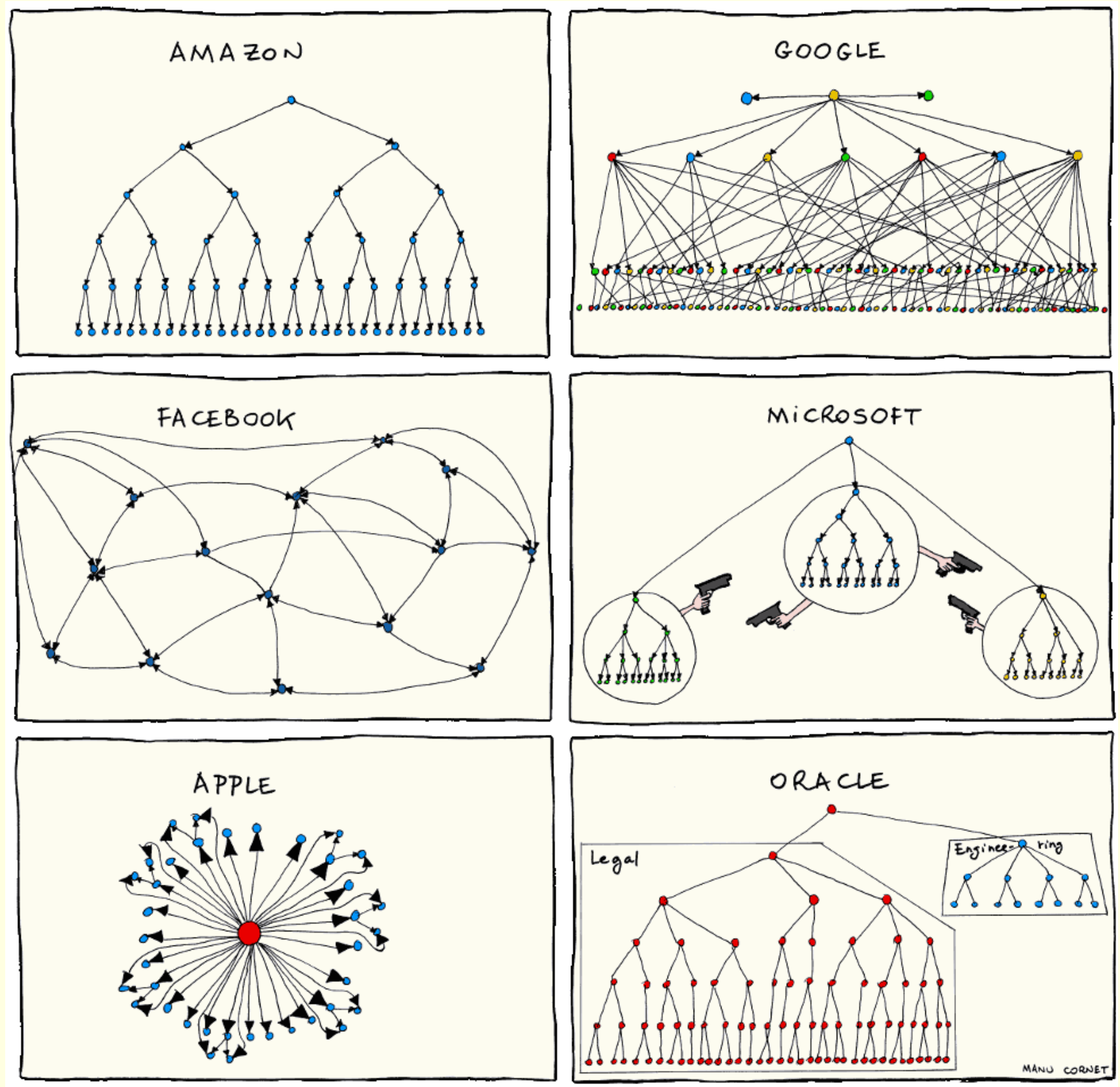
“Some officials being disposed, not infrequently, to regard themselves as equal, if not superior to men who are really their masters, it is essential to the well-being of all industrial concerns to have a definite organisation under which responsibility may not only be fixed, but the relative positions or rank of the officials clearly defined. For this purpose it is necessary to have recourse to a diagram such as the Specimen... The diagram should be carefully drawn in bold lines and clear letters... It should then be framed and placed in a conspicuous position in the general offices.”

Oft sind Firmen hierarchisch organisiert – das Militär lässt grüssen. Es ergibt sich dann eine klassische Baumstruktur, mit Firmenchef(in), Generaldirektor(in) oder CEO an der Spitze (die so gesehen die Baumwurzel darstellt). Es existieren allerdings vielfältige Abwandlungen und auch ganz andere Organisationsformen (wie z.B. die Matrixorganisation, bei der typischerweise zwischen disziplinarischer Linienfunktion und fachlicher Weisungsbefugnis unterschieden wird):

Dem französischen Softwareentwickler und freiberuflichen Cartoonisten Manu Cornet gelang 2011 mit einer Karikatur zur Organisation der grossen Silicon-Valley-Konzerne ein Volltreffer – sein Comic ging viral und die New York Times druckte ihn im Grossformat.

Während dabei Amazon als perfekt durchorganisierte Baumstruktur (bzw. „Business-Pyramide“) daherkommt, scheint Facebook konträr organisiert zu sein: Symmetrische Beziehungen in Kreisen ohne Oben oder Unten… Bei Google wird das Führungstrio Eric Schmidt, Larry Page und Sergey Brin hervorgehoben, von denen aber nur einer Führung zeigt. Oracle erscheint als Rechtsabteilung mit Technikanhang, und bei Microsoft bekämpfen sich abgeschottete Teilbereiche gegenseitig.

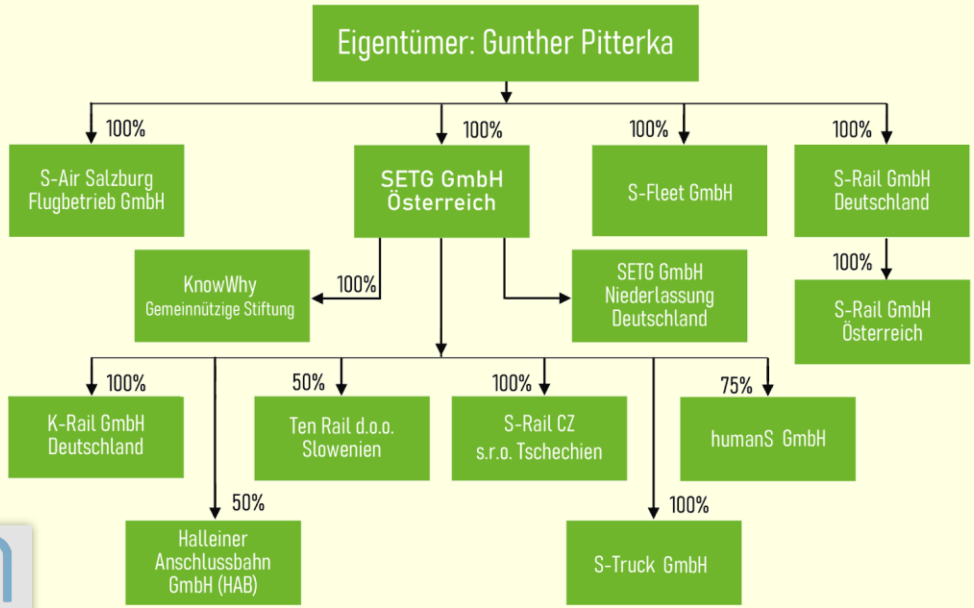
Manuel („Manu“) Cornet, Jahrg. 1981, studierte Physik und Informatik an der École normale supérieure in Paris und arbeitete von 2007 bis 2021 bei Google sowie anschliessend bei Twitter. Wie viele andere wurde er bei Twitter nach der Übernahme der Firma durch Elon Musk Ende 2022 entlassen.

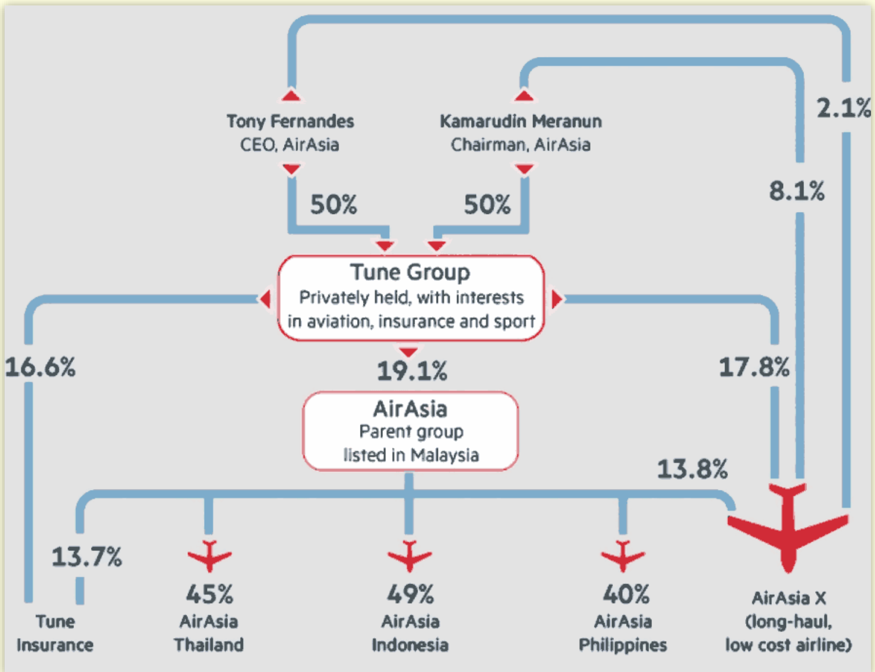


https://goomics.net/62/

► Firmenbeteiligungen

Mit ihren (rekursiven) Tochterfirmen bildet eine Firma typischerweise einen Baum. Nicht immer ist man allerdings zu 100% alleine an einer anderen Firma beteiligt, oft werden auch Gemeinschaftsunternehmen (“joint venture“) mit geteilter wirtschaftlicher Kontrolle gegründet. In nebenstehendem Organigramm gehört die human-S GmbH nur zu 75% der Salzburger Eisenbahn Transport Logistik GmbH (SETG), die restlichen 25% sind in der Graphik nicht angegeben (sie werden von Geschäftsführer Attila Lobos gehalten).

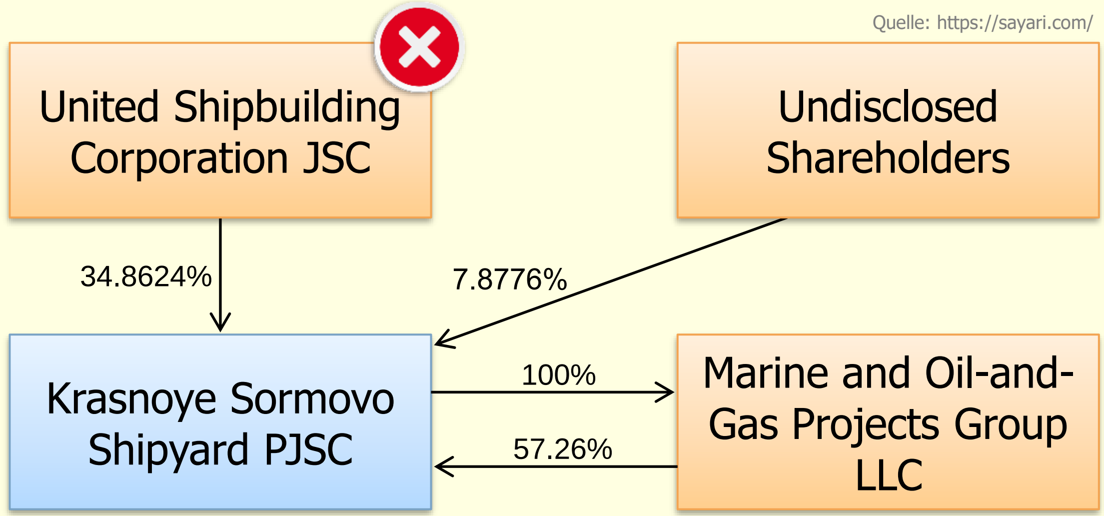




Manchmal sind die Beteiligungsverhältnisse aber auch komplizierter. Nebenstehende Graphik der Financial Times zeigt den Besitz wesentlicher Aktienanteile der Air Asia und mit ihr verbundener Unternehmen. CEO Tony Fernandes ist nicht nur mit 2.1% direkt an „Air Asia X“ beteiligt, sondern über die „Tune Group“ noch mit weiteren 50% × 17.8% = 8.9% und doppelt indirekt via „Parent Group“ zusätzliche noch mit 50% × 19.1% × 13.8% = 1.3179%. Die Gesamtbeteiligung an einem Unternehmen ist z.B. für steuerliche Belange relevant.

Die Struktur ist zyklenfrei, aber wegen der diversen „Seitenarme“ handelt es sich nicht mehr um einen Baum.

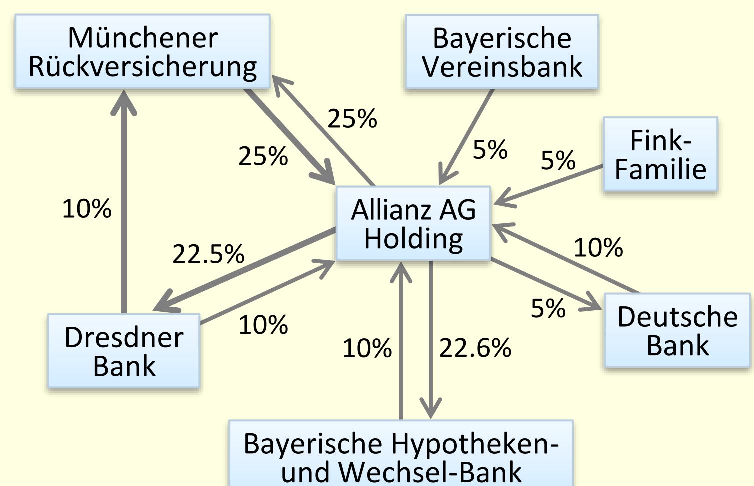
Hier wird es nun interessant: Die russische United Shipbuilding Corporation (JSC) produziert Kriegsschiffe, sie wurde daher von der EU, der Schweiz, Japan und den USA sanktioniert. Nach den vereinbarten Regeln wird auch jede Firma, an der ein sanktioniertes Unternehmen mit über 50% beteiligt ist, sanktioniert. Bei den unteren Firmen ist hier zu 100% aufgeschlüsselt, wer an ihnen beteiligt ist (34.8624% + 7.8776% + 57.26% = 100%). Sind bezüglich PJSC Sanktionen geboten?



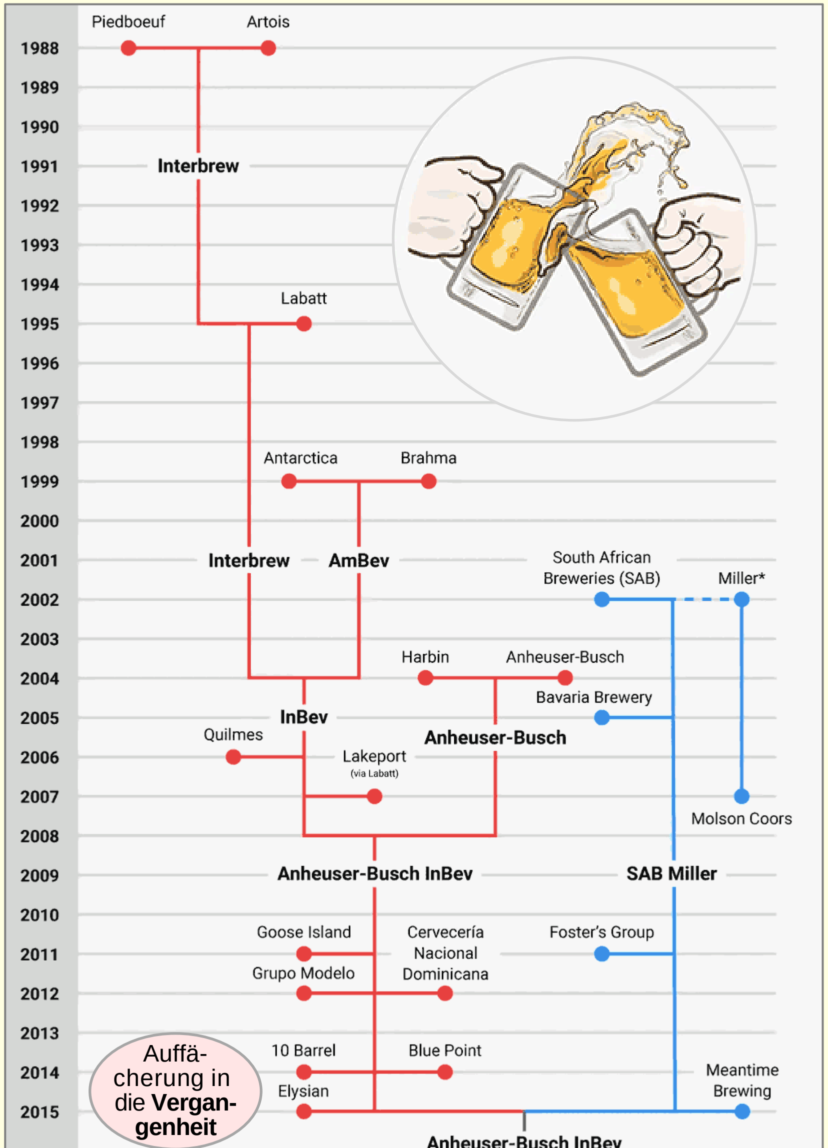
Zunächst sieht es so aus, als ob mit der 34.8624%-Beteiligung durch die JSC die Krasnoye Sormovo Shipyard PJSC nicht betroffen sei. Allerdings enthält der Beteiligungsgraph einen Zyklus. Berücksichtigt man dies, dann errechnet sich (als Übungsaufgabe!) die Beteiligung von JSC zu 81.57% – also zu deutlich mehr als 50%!

Zyklen, oder komplexe zyklische Teilgraphen, sind auch bei Steuerbetrügern seit Jahrzehnten ein beliebtes Konstrukt zur Verschleierung der tatsächlichen Besitzverhältnisse. Wenn die intermediären Firmen in Steueroasen liegen, die keine Auskunft über dortige (Briefkasten)firmen oder deren Besitzverhältnisse bzw. Beteiligungen an anderen Firmen geben, dann erscheint eine effektiv hohe Beteiligung auf dem Papier als klein und steuerlich irrelevant. Nur gelegentlich (z.B. bei den „Panama-Papers“) wird so etwas, meist durch Verrat, aufgedeckt.

Nicht nur um die Besitzverhältnisse zu verschleiern, sondern auch aus anderen Gründen sind Beteiligungszyklen in einigen Branchen beliebt; das nebenstehende Bild zeigt ein Beispiel aus dem Jahr 2000. Heute sind viele grosse Banken, Versicherungen, Energiekonzerne etc. global und in wesentlich grösserem Umfang systemisch miteinander verflochten.



► Firmenzusammenschlüsse und -übernahmen



https://i.insider.com/5643925fbd86ef16008c940c

In der Brauereiwirtschaft sind die Markenzyklen sehr lang und die Kundentreue ist relativ hoch. Eine neue Marke einzuführen, ist nahezu unmöglich und wäre mit immensen Kosten verbunden. Fast die einzige Möglichkeit, in einem neuen Markt Fuss zu fassen, ist die Übernahme oder Kooperation mit einer bestehenden Brauerei und die Nutzung ihrer etablierten Marken.

1366 wurde Den Hoorn im heutigen Belgien gegründet, 1717 wurde die Brauerei von Sebastien Artois übernommen, der den Namen von Den Hoorn in Artois änderte. Artois übernahm 1952 Leffe in Belgien, 1968 Dommelsch in den Niederlanden und 1970 Motte Cordonier in Frankreich. 1984 übernahm Piedboeuf aus Belgien die belgische Marke Lamot.

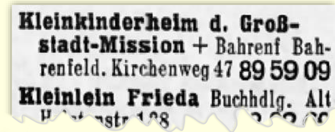
← 1988 schlossen sich Artois und Piedboeuf zusammen und es entstand Interbrew. Interbrew übernahm 1989 die belgische Marke Hoegaarden und 1990 die ebenfalls belgische Marke Belle-Vue. 2002 übernahm Interbrew Diebels, Beck's und die Gilde-Gruppe, 2003 die serbische Apatinska pivara, die Spaten-Löwenbräu-Gruppe (inkl. Franziskaner, Löwenbräu und anderen), 2004 die Dinkelacker-Gruppe (Schwaben-Bräu u. a.) sowie 2004 die Zhejiang Shiliang Brewery Company Ltd. in China. Durch den Zusammenschluss von Interbrew mit der brasilianischen Ambev entstand 2004 Inbev.

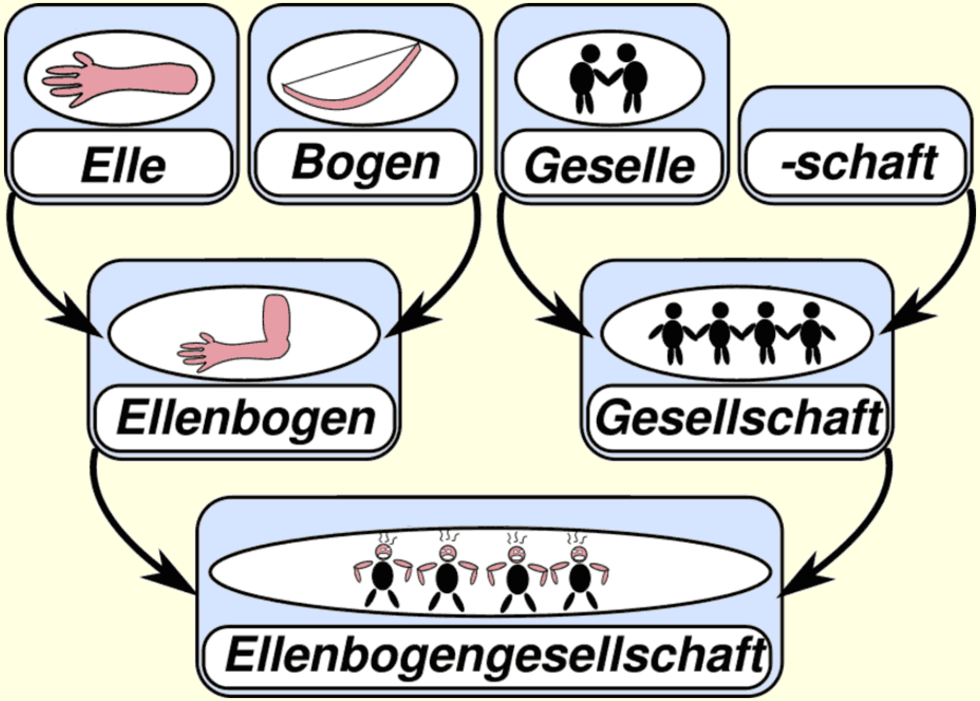
Im Jahr 2008 machte die belgische Inbev der amerikanischen Anheuser-Busch-Brauerei (mit der bekannten Marke Budweiser) ein Übernahmeangebot, das die amerikanische Öffentlichkeit als Angriff auf die nationale Identität wertete. Zahlreiche Politiker und Gewerkschaftsvertreter der Vereinigten Staaten lehnten die Übernahme ab. Nachdem jedoch Inbev das Angebot verbessert hatte und bereit war, den Aktionären 70 US-Dollar pro Aktie zu zahlen, stimmte der Verwaltungsrat der Übernahme zu; Inbev firmierte zu Anheuser-Busch Inbev um. Der Gesamtkaufpreis entsprach einem Volumen von rund 52 Milliarden Dollar. 2016 wurde der grosse südafrikanische Rivale SAB Miller für 107 Milliarden Dollar gekauft; Anheuser-Busch InBev ist nun der weltweit grösste Brauereikonzern (2022: 595 Mio. Hektoliter Bier, Jahresumsatz knapp 58 Mrd. US-Dollar).

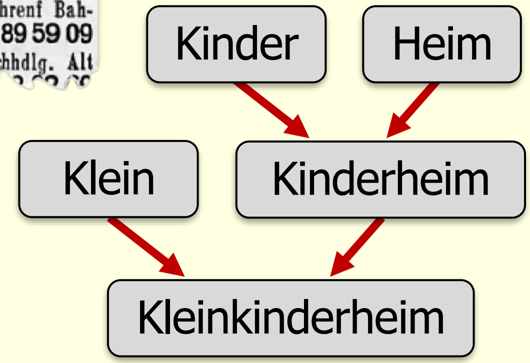
Die Baumstruktur gleicht einem System zusammenfliessender Flüsse.

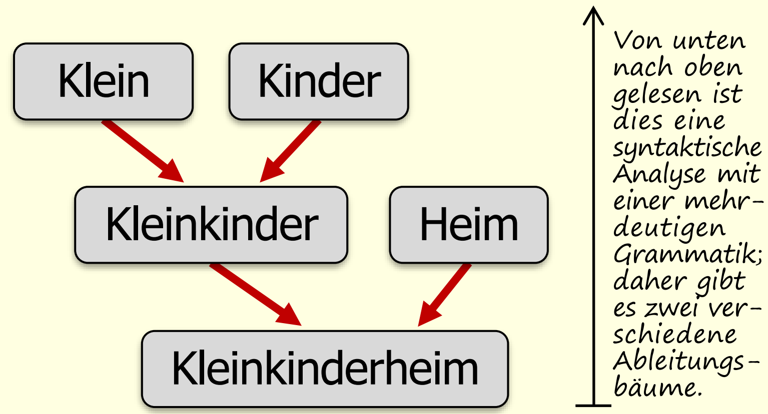
[Informationen laut Wikipedia]

► Nominalkomposita


Kleinkinderheim d. Groß-
stadt-Mission + Bahrenf Bah-
renfeld. Kirchenweg 47 89 59 09
Kleinlein Frieda Buchhdlg. Alt







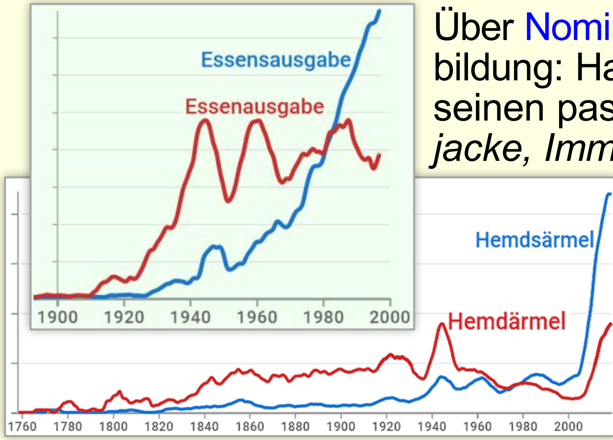
Im Deutschen können zwei Substantive oft zu einem neuen Substantiv (Nominalkompositum) kombiniert werden, und dies lässt sich u.U. weiter iterieren („Bundesausbildungsförderungsgesetz“). Aber ist „Kleinkinderheim“ ein Heim für Kleinkinder oder ein kleines Heim für Kinder? Es ist eben (Klein+Kinder)+Heim etwas anderes als Klein+(Kinder+Heim); die Assoziativität gilt nicht! Früher war übrigens das Wort „Mädchenhandelsschule“ ein beliebtes Beispiel – nicht immer wurden diese Schultypen mit Bindestrich („Mädchen-Handelsschule“) geschrieben – aber dies ist mittlerweile aus der Zeit gefallen. Dafür gibt es nun Kreationen wie „Kinderwunschbehandlung“ oder ein „Schönes-Wochenende-Ticket“ bei der Deutschen Bahn.

https://idsl1.phil-fak.uni-koeln.de/fileadmin/_migrated/content_uploads/Einfuehrungsskript_Kirchhoff_von_Heusinger.pdf

← *Dieses Schild einer Döner-Imbissstube gibt Anlass zu tiefschürfenden Überlegungen: Wie leitet sich die Bedeutung eines Kompositums aus seinen Komponenten ab?*

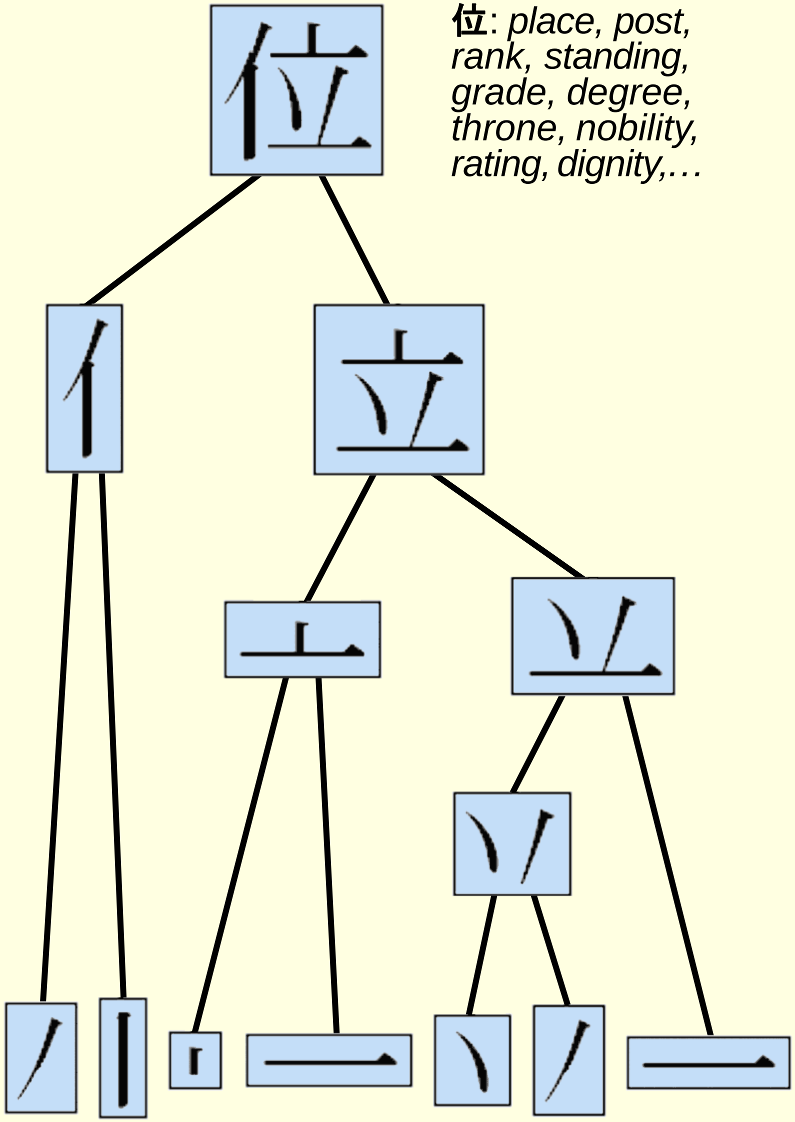
Randalf 👠 UA 🕊️ ☮️ 🎶 🎹 🕯️
@randalf_XLNZR
Wir haben neulich im #Restaurant von der Kinderkarte ein #Kinderschnitzel bestellt. Der Kellner brachte uns ein Rinderschnitzel. Am Ende haben wir uns auf #Kalbsschnitzel geeinigt.
Wir sind ja kompromissbereit.
2:00 PM · Aug 18, 2018

Weitere semantisch nicht ganz klare Zusammensetzungen aus drei Komponenten sind z.B. „Hauptverkaufsstelle" oder „Stehbierhalle". Bei nur zwei Komponenten scheint es einfacher zu sein, die Bedeutung zu ermitteln: „Fassbier" ist eine Art Bier und „Bierfass" eine (besondere) Art Fass. Die letzte Komponente bestimmt die „Art", die erste Komponente modifiziert oder spezialisiert sie. Aber wenn ein Wasserstrahl ein Strahl aus Wasser ist, dann ist ein Sonnenstrahl noch kein Strahl aus Sonnen… So einfach lässt sich also nicht angeben, in welcher Weise bzw. mit welcher Bedeutung die erste Komponente die zweite modifiziert – es scheint vieles möglich, die deutsche Sprache ist hier offen, flexibel und unscharf, während in vielen anderen Sprachen dafür unterschiedliche Teilwörter oder verschiedene Präpositionen verwendet werden, die die Mehrdeutigkeiten einschränken (z.B. water jet, ray of sunshine, escalope *pour* enfants, escalope *de* bœuf). Kommutativ ist eine Zusammensetzung natürlich fast nie, wie Wandschrank – Schrankwand, Standpunkt – Punktstand, Schottenmuster – Musterschotten, Amtskirche – Kirchenamt, Kuhmilch – Milchkuh, Toilettenpapier – Papiertoiletten oder Lückenbildung – Bildungslücken demonstrieren (aber: Funkamateur = Amateurfunker!). Nett und absurd klingen Kastenbrief, Ballfuss, Gartenkinder, Lochsommer, Dienermuseum, Taktiksalami oder Tuchkopf.



Über Nominalkomposita ist schon viel geschrieben worden; das Buch „Deutsche Wortbildung: Hauptteil 4: Substantivkomposita“ hat immerhin 863 Seiten. Damit kann man seinen passiven Wortschatz um Wörter wie *Hosenmädchen, Henkelkorb, Draussenjacke, Immersäufer, Gesundfutter oder Dringlichschalter* erweitern – oder aber in Unterunterunterkapitel 5.5.2.1 etwas über die unparadigmische s-Fuge lernen. (Oder doch nicht? Man liest dort: „…nach wie vor ungeklärt, ab wann die s-Fuge auch unparadigmisch erscheint“.) Jedenfalls hätte man gerne eine Regel für folgendes: Wieso Anrufbeantworter statt Anruf**s**beanworter; Vertrieb**s**kosten statt Vertriebkosten – und heisst es *Zug**s**ausfall* oder *Zugausfall*? *Adventkalender* oder *Advent**s**kalender*? *Hemd**s**ärmel* oder *Hemdärmel*? *Einkommensteuer* oder *Einkommen**s**steuer*? *Schweine**e**braten* oder *Schwein**s**braten*? *Semmelknödel* oder *Semmel**n**knödel**n***? Vor allem aber: Universitätstrasse oder Universität**s**strasse? Das ETH-Departement für Informatik befindet sich schliesslich dort! Das Strassenschild bei der ETH nennt die erste Variante, 850m weiter oben am Rigiplatz befindet sich aber ein Schild mit der zweiten Variante. Besucher, die zum Informatik-Departement wollten, haben schon unwissentlich die zweite Variante des Strassennamens bei Google eingegeben und wurden dann zum Rigiplatz geleitet, auch wenn es dort dies so nur als „Point of Interest“ gibt und auch keine Hausnummer 6 (bzw. ETH-Departement Informatik) gibt…

► Struktur von Kanji-Zeichen



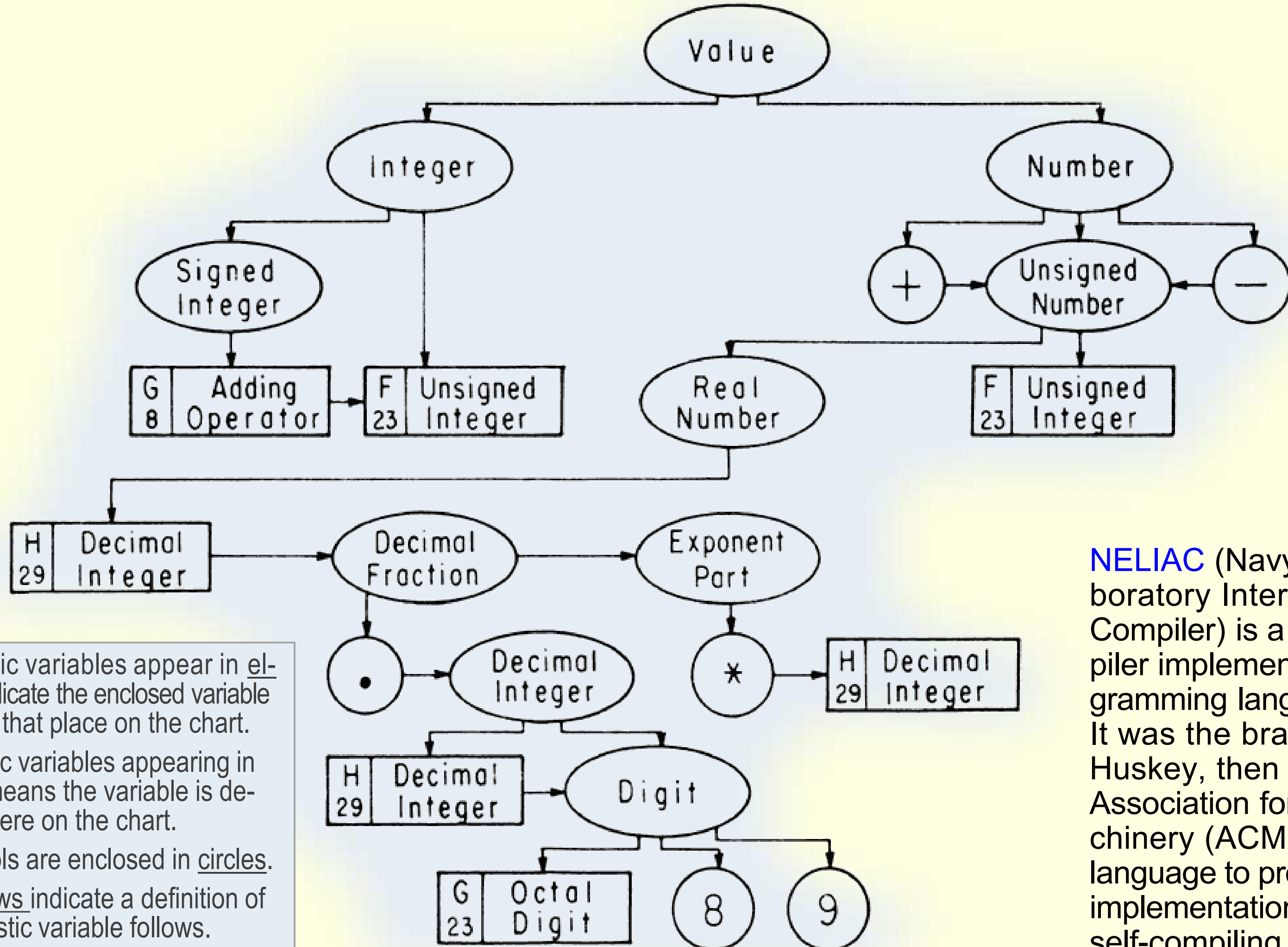
位: *place, post, rank, standing, grade, degree, throne, nobility, rating, dignity,…*

A new approach to online recognition of handwritten Kanji characters focusing on their hierarchical structure: A stochastic context-free grammar is introduced to represent the Kanji character generating process in combination with Hidden Markov Models (HMM) representing Kanji sub-strokes and to improve the recognition accuracy of important and frequently used Kanji characters in which inter-stroke relative positions play important roles. Combining the stroke likelihood and the relative-position likelihood between character-parts in the parsing process is expected to compensate their ambiguities.

Kanji are composed of some character-parts, i.e., combination of two or more strokes. For example, the Kanji “位” consists of character-parts “亻” and “立”, themselves composed of smaller character-parts which can finally be divided into strokes.

[Ota, I., Yamamoto, R., Sako, S., Sagayama, S. (2007): Online handwritten kanji recognition based on inter-stroke grammar. ICDAR 2007, V. 2,1188-1192]

► NELIAC Syntactical Chart (Ausschnitt, 1962)



Harry D. Huskey, Ralph Love, and Niklaus Wirth: A syntactic description of BC NELIAC. *CACM* 6.7 (1963): 367-375.

Metalinguistic variables appear in ellipses and indicate the enclosed variable is defined at that place on the chart.

Metalinguistic variables appearing in rectangles means the variable is defined elsewhere on the chart.

Basic symbols are enclosed in circles.

Vertical arrows indicate a definition of a metalinguistic variable follows.

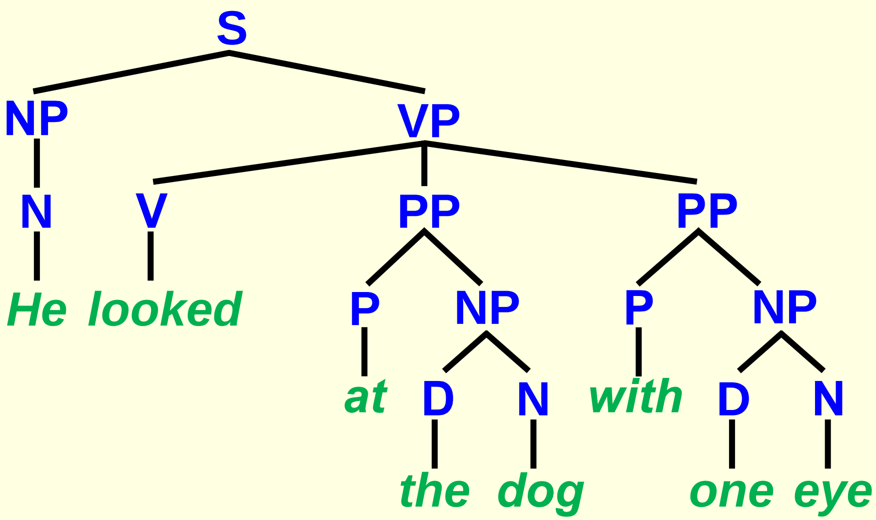
Horizontal arrows connect the basic symbols metalinguistic variables which form a definition.

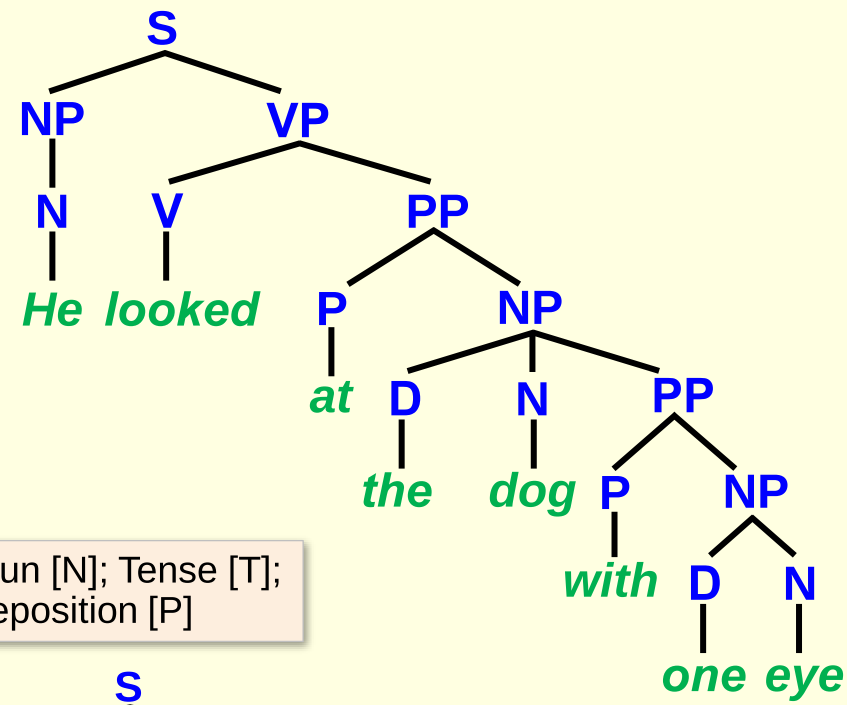
NELIAC (Navy Electronics Laboratory International ALGOL Compiler) is a dialect and compiler implementation of the programming language ALGOL 58. It was the brainchild of Harry Huskey, then chairman of the Association for Computing Machinery (ACM). It was the first language to provide a bootstrap implementation: the compiler is self-compiling and written in its own language.

I read a book about evolution {in 10 minutes. / in the last million years.}

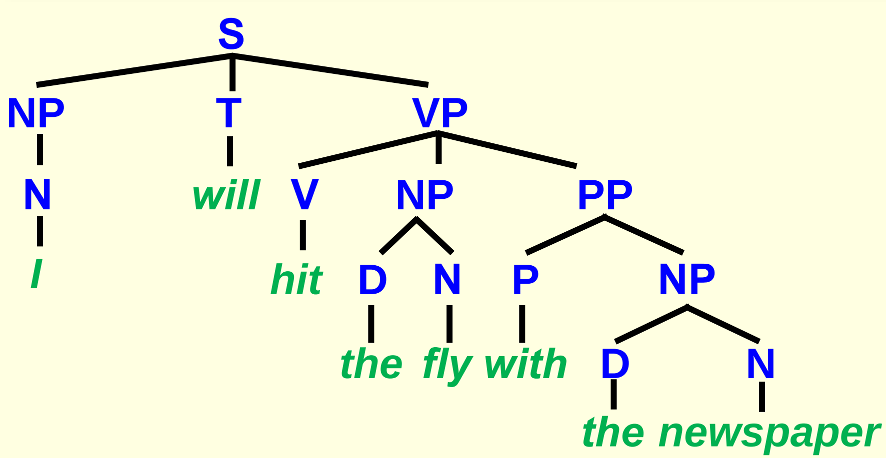
► Syntaxbäume

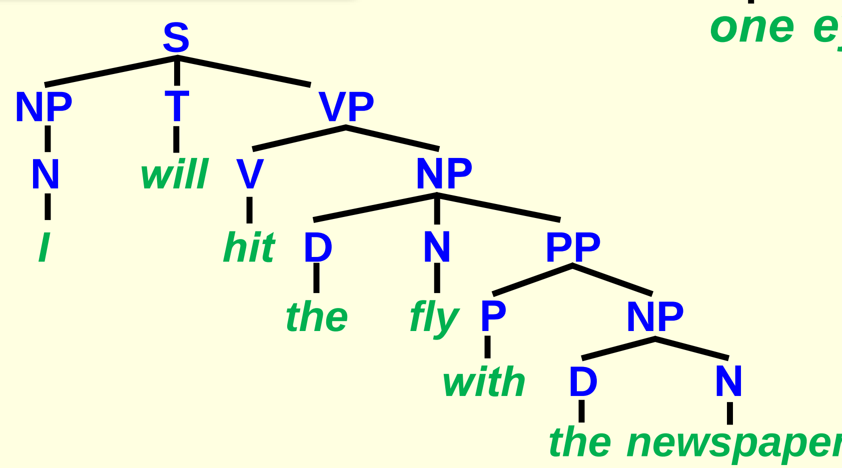
charakterisieren die bedeutungsbestimmende Satzstruktur



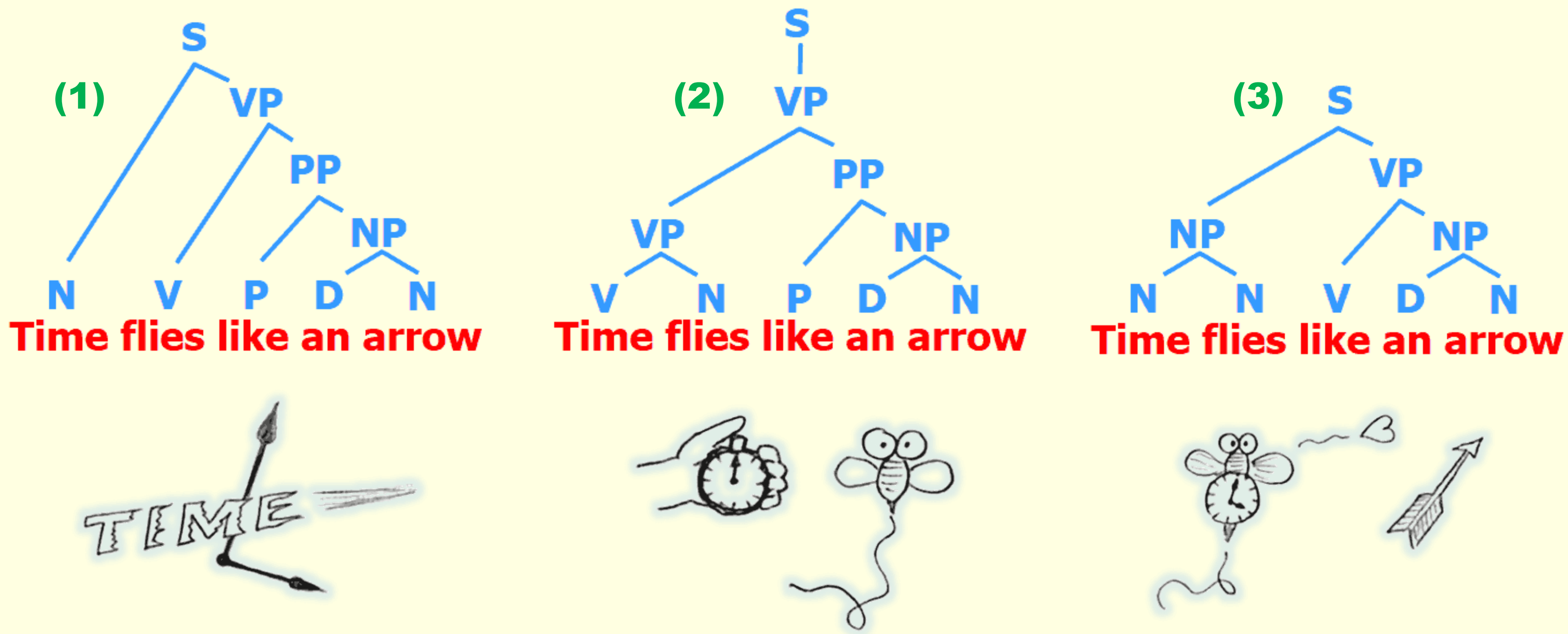


Sentence [S]; Noun Phrase [NP]; Verb Phrase [VP]; Noun [N]; Tense [T]; Verb [V]; Prepositional Phrase [PP]; Determiner [D]; Preposition [P]





Stichwort „Mehrdeutigkeit"



Der bekannte Satz „Time flies like an arrow" ist ein besonders interessantes Beispiel, da sowohl „time" als auch „flies" Substantiv oder aber Verb sein kann und „like" entweder als Verb oder als Präposition fungieren kann. Wenn der Satz im Sinne von „Tempus fugit" gemeint ist, dann trifft die Phrasenstruktur (1) zu. Wäre er im Sinne von „Fruit flies like a banana" gemeint, dann wäre (3) die korrekte Struktur; bei „Time races with a stopwatch!" hingegen (2). Im Prinzip könnte „like" auch ein Substantiv sein („She has many *likes* and dislikes about her job where she is helping Facebook users to get more *likes* on pages"); im vorliegenden Kontext erscheint das allerdings nicht sinnvoll. Immerhin fanden Tüftler, vereint mit Experten, elf verschiedene Interpretationen des Satzes!

Stichwort „Mehrdeutigkeit"

Wenn ein Wort (bzw. ein „lexikalisches token") in verschiedene Kategorien wie „Verb", „Präposition" etc. fallen kann, dann spricht man von lexikalischer Mehrdeutigkeit. Der Bremer Linguist Karl Heinz Wagner illustrierte die breite lexikalische Mehrdeutigkeit des Englischen an folgendem „extremen, aber nicht seltenen" Beispiel von „round":

- Liverpool was eliminated in the last round.	*Nomen*
- The cowboy started to round up the cattle.	*Verb*
- I want to buy a round table.	*Adjektiv*
- We are going on a cruise round the world.	*Präposition*
- A bucket of cold water soon brought him round.	*Partikel*
- The tree measured six feet round.	*Adverb*

Tatsächlich kann im Englischen fast jedes Nomen als Verb oder als Adjektiv fungieren. Analysiert man, z.B. zum Zweck der automatischen Übersetzung, sprachliche Texte „bottom up", beginnend mit einer lexikalischen Analyse, bei welcher Wörter mit ihren möglichen grammatikalischen Kategorien attribuiert werden, so stellen die ganzen Ambivalenzen die nachfolgenden Analysephasen vor eine ziemliche Herausforderung. Auch „harmlos" aussehende Phrasen wie „I like swimming" sind evtl. ambivalent. So könnte hier „swimming" ein (verbales) Nomen darstellen (wie bei „I like tennis") oder ein Gerundivum (wie bei „I like getting up late"). Aber ist das überhaupt relevant? Dazu überlege man sich am Beispiel „He noticed her shaking hands", dass das Wort „shaking" als Adjektiv fungieren könnte (wie z.B. „tiny") oder als Gerundivum (wie z.B. „taking") – gibt es dabei einen Bedeutungsunterschied, der bei einer Übersetzung relevant wäre? Wäre sowohl „Er bemerkte ihr Händeschütteln" als auch „…ihre zitternden Hände" korrekt?

Stichwort „Mehrdeutigkeit"

> Alleen sind nicht gefährlich – Rasen ist gefährlich!
> *Warnschild an Strassen in Brandenburg; dort steht „rasen" regelwidrig mit kleinem r, damit die Aussage eindeutig wird.*

> Wie viele Deutsche vertragen Schweizer Unis?
> *Frankfurter Allgemeinen Zeitung (FAZ), 22. Januar 2008*

Zurück zu den syntaktischen Mehrdeutigkeiten, die es natürlich auch im Deutschen zuhauf gibt:

„Sie traf den Mann mit der Pistole."

Ist „traf mit der Pistole" oder „Mann mit der Pistole" gemeint? Speziell im Deutschen gibt es manchmal auch Mehrdeutigkeiten bzgl. Subjekt und Objekt eines Satzes, die einem oft nicht klar werden, weil man aufgrund der unmittelbar mitschwingenden Satz- und Wortbedeutung alternative syntaktische Gliederungen meist gar nicht bewusst erwägt:

„Saftige Steaks machen auch viele Studentinnen an."

Der Duden nennt Beispiele: „Er macht jedes Mädchen in der Disco an. Die Musik hat ihn angemacht. Sie machen den Salat mit Essig und Öl an."

Eine andere Form von Mehrdeutigkeit, die z.B. automatischen Übersetzungssystemen sehr zu schaffen machen, sind semantischer Art, zu deren Disambiguierung man mehr Kontext und manchmal auch „Weltwissen" benötigt. Wie ist das Relativpronomen „sie" hier zuzuordnen bzw. ins Französische zu übersetzen – mit „ils" oder „elles"?:

„Die Buben wollten die Mädchen ins Kino einladen, aber sie hatten kein {Geld / Interesse}."

„Google Translate" wählt in beiden Fällen „ils"; vertauscht man „Buben" und „Mädchen", liefern beide Fälle „elles". Bei dem leichteren Satz „We gave the monkeys the bananas – they were {ripe / hungry}" werden hingegen beide Alternativen korrekt übersetzt: "Nous avons donné aux singes les bananes – {*elles* étaient mûres / *ils* avaient faim}".

Gelegentlich ist sogar der situative Kontext relevant – muss man hier bei der Übersetzung ins Englische „lunch" oder „dinner" verwenden?:

„Wir machen eine Pause – wollen wir zusammen essen gehen?"

Aber es geht ja auch so (Google): "We take a break – do we want to go out to eat together?"

> Herr Blatter liess Herrn Platini Millionen Schweizer Franken zahlen.
> *(Ihn oder ihm zahlen lassen?)*

Stichwort „Mehrdeutigkeit"

“Dogs that let their masters or mistresses run free in the forest are potential carriers.”

Micro-soft

Google

“Dogs that are allowed to run free in the woods are potential carriers.”

„Hunde, die Herrchen oder Frauchen im Wald frei laufen lassen, sind potenzielle Überträger.“
Diese Neuigkeit zum Fuchsbandwurm verkündete die „Neu-Ulmer Zeitung“ am 11.02.2023.

„Weltwissen“ benötigt man wohl auch, um diesen Satz richtig zu verstehen bzw. zu übersetzen:
„The man saw the horse with the telescope.“

Aber ist auch hier „Weltwissen“ gefragt oder genügt vielleicht so etwas wie „Sprachwissen“?:
„We will meet the man you told us about {yesterday / tomorrow}.“
„Google Translate“ übersetzt jedenfalls elegant: „Wir werden den Mann treffen, von dem Sie uns gestern erzählt haben“ / „Wir werden den Mann, von dem Sie uns erzählt haben, morgen treffen.“


Diebesbande bestiehlt Senioren mit Rollatoren

Hamburger Abendblatt, 20.3.23

Und bei Sätzen mit Redewendungen und potentiellen Metaphern wie
„Wollen Sie mich auf den Arm nehmen?“
ist bezüglich der pragmatischen Ambivalenz besondere Vorsicht angebracht!


Polizei sucht nach Frau mit Helikopter

Pforzheimer Zeitung, 13.5.2023

„Als Schwarze Frau haben Haare eine spirituelle Bedeutung“, sagte Halle Bailey in einem Interview mit „The Face“.
(Süddeutsche Zeitung, 24.2.23; vgl.: „Als Schmuck haben Haare…")
Im Original: “As a Black woman, hair is spiritual.”


Katzen töten viel mehr Vögel als Windräder

Nidwaldner Zeitung, 4.4.2023

Stichwort „Mehrdeutigkeit"

Radfahrer in Findorff von Auto verfolgt und verprügelt

Weser-Kurier, 20.9.24

Auto fährt nach Zusammenstoß mit Fahrrad davon

Rheinische Post

Übrigens: In der Schule warnte unser Deutschlehrer, es muss um 1967 gewesen sein, vor der Abschaffung des Buchstaben „ß“ und Ersatz durch „ss“ mit diesem abschreckenden Beispiel:

„Trinke Bier in Maßen!“

Und tatsächlich warb im Mai 2020 der SRF1-Fernsehkanal für die Sendung „Alles in Butter“ ganz unbedarft auf diese Weise:

„Butter und Schmalz sind, in Massen genossen, sogar gesünder als Margarine.“

ſs ß ß ß ß ç ë

Das „ß“ war bis ins 18. Jahrhundert in einigen Sprachen und Schriften als Ligatur aus „langem s“ („ſ“) und „rundem s“ gebräuchlich, hielt sich aber nur im Deutschen, dort dann als eigenständiger Buchstabe. Am 20. Nov. 1938 meldet die NZZ hinsichtlich Zürcher Schulen: „…wurde dargetan, daß die S-Regeln eine Qual für Lehrer und Schüler seien, viele Korrekturen und viel Aerger zur Folge hätten und daß von den Erwachsenen schließlich doch nur ein kleiner Teil wisse, wenn man das Schleifen-S anwenden müsse. Der Erziehungsrat beschloß deshalb, die Lehrkräfte aller Schulstufen anzuweisen, im Unterricht das ß oder sz durch ss zu ersetzen.“ Die eher konservative NZZ selbst behielt das „ß“ allerdings bis zum 4. Nov. 1974 bei. Die Schweizerische Bundeskanzlei schrieb in ihrem Leitfaden zur deutschen Rechtschreibung: „Die Fälle, wo man Flosse und Floße verwechseln könnte, sind selten. Nur bei Masse und Maße wäre man ab und zu froh, man könnte den Unterschied im Schriftbild signalisieren.“

Gerüchteweise wurde das „ß“ allerdings in Wahrheit nicht zum Wohle von Schülern und Lehrern abgeschafft, sondern es wurde ein geduldiges Opfer der schweizerischen Mehrsprachigkeit: Als mechanische Schreibmaschinen aufkamen, musste für die mehrsprachige Bundesverwaltung eine Einheitstastatur eingeführt werden, sodass ohne Erhöhung der Tastenzahl die deutschen Umlaute wie auch die französischen diakritischen Zeichen (é, à, û, ï, ç etc.) geschrieben werden konnten. Man opferte die Null (und schrieb ersatzweise den Buchstaben O), die 1 (ersatzweise ein kleines L, also „l“) und die grossen Umlaute Ä, Ö, Ü, um Platz für die französischen Zeichen zu schaffen (so ist man in der Schweiz bis heute daran gewöhnt worden, die grossen Umlaute durch nachgestellte e zu ersetzen). Das „ß“ musste entsprechend dem „ç“ weichen, wurde aber nie offiziell abgeschafft.

Das Trema im Französischen, also die zwei Pünktchen z.B. auf e und i („canoë“, „naïf“ etc.), schafften es übrigens nicht auf die Einheitstastatur für Schreibmaschinen. Der Schweizer Essayist, Journalist, Übersetzer und Sprachkundler Eugen Teucher (1910 – 1993) merkte dazu an: „In welschen Zeitungen macht sich Empörung breit; es ist wieder einmal von der unterdrückten Romandie die Rede, und ganz zu Unrecht diesmal nicht, denn der Mais wird im Französischen ‚maïs‘ geschrieben, weil das ï getrennt zu sprechen ist – sonst wird ‚mais‘ (= aber) daraus. Ohne Trema gibt es auf Französisch weder ‚Koitus‘ noch ‚Israel‘, und auch Weihnachten findet nur mit Trema statt: ‚Noël‘.“

Stichwort „Mehrdeutigkeit" – Winograd-Schemata (1)

"It is certainly possible that gender distinctions will be abandoned in the Romance languages, or even that English will have driven all other languages out of existence, sooner than AI systems will be able to do pronoun resolution in Winograd schemas." -- Ernest Davis.

Die obige Bemerkung zum notwendigen „Weltwissen" (etwa für das korrekte Zuordnen von Relativpronomen), das für eine korrekte Übersetzung z.B. vom Deutschen oder Englischen in das Französische (oder viele andere romanische Sprachen) notwendig ist, aber auch Voraussetzung dafür ist, dass sprachliche Äusserungen richtig verstanden werden (etwa zur automatischen Beantwortung von Fragen oder der sprachbezogenen Steuerung maschineller Abläufe) offenbart ein tieferes Problem, als man zunächst vermuten mag. Vereinfacht gesagt, illustriert es den Unterschied zwischen schwacher und starker KI. Zunächst dazu noch einige Beispiele nach obigem Strickmuster aus einer Sammlung, die Ernest Davis zusammengestellt hat:

- Joan and Susan made sure to thank Jim and Mark for all the help **they** had {given / received}.
- The hammer crashed through the table because **it** was made of {styrofoam / cast iron}.
- The sack of potatoes had been placed {above / below} the box of flour, so **it** had to be moved first.
- The vase rolled off the shelf because **it** wasn't {anchored / level}.
- I spread the cloth on the table to {display / cover} **it**.
- There is a pillar between me and the stage and I can't see {**it** / around **it**}.
- The piano won't fit through the doorway because **it** is too {wide / narrow}.
- Ann asked Mary when the store closes {because / but} **she** had forgotten.
- The monkey ate the banana because **it** was {hungry / ripe / teatime}.

Die Microsoft-Korrekturhilfe empfiehlt ein Komma nach „me" – offenbar aufgrund einer falschen Syntaxanalyse „the stage ... can't see". Aber wenn schon, dann steht ein Komma erst nach „stage"!

Aber auch beim Übersetzen Deutsch → Englisch können solche Probleme („ihre" → their / her) auftreten: „Lea entdeckte im Keller fünf verlassene Kätzchen; **ihre** Mutter war {tot / entsetzt}".

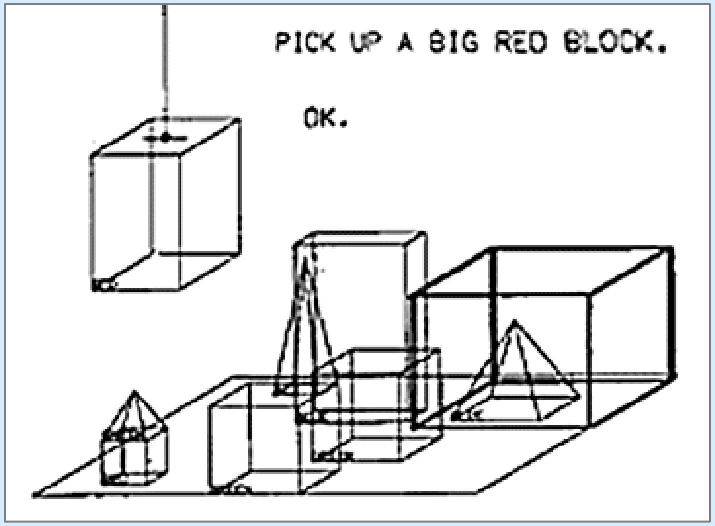
Solche Beispiele, bei denen eine einzige Wortänderung den Sinn so wandelt, dass der grammatikalische Bezug des Pronomens betroffen ist, und wo „Weltwissen" oder „Commonsense" (also gesunder „Menschen"verstand!) notwendig ist, um den Bezug korrekt aufzulösen, werden „Winograd-Schemata" genannt. Terry Winograd (Jahrgang 1946, Promotion am MIT, Professor an der Standford University) hat die linguistische KI, die sich u.a. mit dem Verstehen natür-

Stichwort „Mehrdeutigkeit" – Winograd-Schemata (2)

Kein Bild aus einem alten SF-Film – die Realität sah damals echt so retro aus! (Und eine Afro-Frisur galt als schick, nicht als kulturelle Aneignung.)

licher Sprache befasst, wesentlich geprägt. Er legte 1970 eine vielzitierte Dissertationsschrift vor („Procedures as a Representation for Data in a Computer Program for Understanding Natural Language“), deren Einleitungskapitel mit „Talking to Computers“ überschrieben ist und die schon in der Kurzfassung den Glaubensgrundsatz aufstellt „it is based on the belief that a computer cannot deal reasonably with language unless it can ‘understand’ the subject it is discussing“.

Winograds Dissertation enthält zur Untermauerung dieser These einen Beispielsatz: „The city councilmen refused to give the women a



Terry Winograd im Alter von 26 in einer vom MIT und ABC News produzierten Fernsehdokumentation „What About Tomorrow?“, die am 22. Januar 1973 gesendet wurde. Thema war die zukünftige Partnerschaft von Mensch und Maschine. Die New York Times empfahl die Sendung mit den Worten „Few understand the computer, many fear it. The computer, with its progress and potential, is definitely on our side, but, we learn, there are pitfalls.”

Winograd sitzt hier im MIT AI Lab, im Hintergrund befindet sich ein DEC-PDP-6-Rechner, im Vordergrund ein tty-Terminal und dahinter ein graphischer Bildschirm (DEC-340) – auf diesem System realisierte er sein Programm SHRDLU: eine simulierte und graphisch dargestellte Miniwelt aus Bauklötzen („BLOCKS world“) und einem Roboter, der diese manipulieren kann, wobei man sich in natürlicher Sprache über die Miniwelt „unterhalten“ kann und der Roboter als Inkarnation der künstlichen Intelligenz versucht, zur Ausführung von Kommandos Pläne aus Einzelaktionen zu schmieden.

Stichwort „Mehrdeutigkeit" – Winograd-Schemata (3)

"Language is important and computers can do it, maybe we should try to connect them." -- T. Winograd im Alter von 21 in einem Antrag für ein Fulbright-Stipendium.

permit for a demonstration because **they** {feared violence / advocated revolution}". Um hier „they" richtig ins Französische zu übersetzen, müsse man, so Winograd, wissen, "city councilmen are usually staunch advocates of law and order, but are hardly likely to be revolutionaries". Später schreibt er generalisierend: „There may be several interpretations of a sentence which are all more or less meaningful – and the choice between them will depend on a complex evaluation of our knowledge of the world."

2011 schlug der kanadische Informatiker Hector Levesque solche „Winograd-Schemata" als eine objektivere und weniger täuschungsanfälligere Alternative zum bekannten Turing-Test vor, um festzustellen, ob ein künstliches System ein dem Menschen gleichwertiges Denkvermögen habe, also „wirklich" intelligent im Sinne der starken künstlichen Intelligenz sei.

Gäbe es starke KIs, könnten diese für uns die ganzen lästigen CAPTCHAs lösen oder alternativ sich als Weltdiktator qualifizieren. Wenn die künstliche Intelligenz gar über die menschliche hinausgeht, hätte man eine „artificial super-intelligence". Ernest Davis hat im Rahmen seiner Anthologie „Verses for the Information Age" ein Gedicht „The Singularity" dazu verfasst, dessen erste beiden Strophen so lauten:

The Singularity may soon arrive.
Automata will rule the world alone.
Will human beings manage to survive?

The robot race will cleverly contrive
To build new brains much smarter than their own.
The Singularity will then arrive.

Der Unterschied zwischen menschenanaloger, „starker" KI („artificial general intelligence, AGI") und „schwacher" KI wird von Thomas Rau bei www.herr-rau.de nett so erklärt:

„**Starke KI** ist das, was man aus der Science-Fiction kennt: Intelligente Computer, die die Herrschaft über die Welt oder das Raumschiff an sich reißen möchten, mit charmantem oder fiesem Charakter, oder die sich großmütig für den Menschen opfern und früher oder später die gleichen Rechte wie Menschen zugestanden kriegen. Da soll ein Computer richtig *verstehen,* was um ihn und in ihm vorgeht."

Stichwort „Mehrdeutigkeit" – Winograd-Schemata (4)

As soon as it works, no one calls it AI anymore.
-- John McCarthy

„**Schwache KI** ist all das, von dem man zurzeit hört: Selbstfahrende Autos; Computer, die besser Schach oder Go spielen als Menschen; Computer, die Gesichter erkennen können, Computerspiele spielen oder Texte automatisch übersetzen können, oder die Gesichter in ganzen Filmen durch andere Gesichter ersetzen können, mit Bewegung und allem. Schwach deshalb, weil die Computer diese Leistungen vollbringen, ohne dabei wirklich zu verstehen, was sie da machen."

Wie gut sind nun maschinelle Übersetzungssysteme bei den Winograd-Schemata, also bei der (scheinbaren, expliziten, impliziten…?) Verwendung von Weltwissen derzeit? Im Januar 2020 testete Ernest Davis 37 englische Satzpaare mit den beiden Systemen Google Translate und DeepL auf die Fähigkeit, das Pronomen in der französischen Übersetzung korrekt wiederzugeben. Ergebnis: Die beiden Systeme sind praktisch gleich gut bzw. schlecht: In nur drei bzw. vier Fällen konnten sie den Bezug der beiden Satzvarianten korrekt auflösen; in allen anderen Fällen war jeweils mindestens ein Bezug falsch. Auch wenn in den letzten Jahren die maschinelle Übersetzung grosse Fortschritte gemacht hat: Die Systeme haben noch immer so gut wie keinen Schimmer davon, was sie da übersetzen – schwache KI also, trotz beeindruckender Leistung insgesamt! Die Frage bleibt, ob man, zumindest theoretisch, mit inkrementellen Verbesserungen am bestehenden Ansatz dem Idealziel beliebig nahe kommen kann und ob es so zu einem Qualitätssprung von „schwach" nach „stark" kommen kann…

Insofern war es überraschend, als plötzlich Systeme auftauchten, die bei einem standardmässig verwendeten Datensatz von Winograd-Schemata die Bezüge der Pronomina in den Beispielsätzen grösstenteils korrekt auflösten; ohne Weltwissen oder weiteren Kontext sollten es ja eigentlich nur 50% korrekte Zufallstreffer sein. Leora Morgenstern, Wissenschaftlerin am Palo Alto Research Center von Xerox, schrieb dazu: „By using deep learning frameworks, which combine a transformer architecture, statistical natural language processing techniques, and a massive pre-trained language model, AI researchers rapidly developed high-performing systems […] while hardly moving the needle on more general AI measures."

Es ist vor allem das „self attention", das die meist korrekt Auflösung der Pronominabezüge ermöglicht.

Stichwort „Mehrdeutigkeit“ – Winograd-Schemata (5)

Sie fährt fort: „Excelling at a test often does not translate into excelling at the skills the test purports to measure. This is true not only of humans but also of AI systems.“ Aber wie hatten die Systeme es geschafft, sich offenbar ohne Weltwissen durch den Test zu “mogeln”, obwohl die Winograd-Schemata ja gerade das Vorhandensein von Weltwissen überprüfen sollten?

Eine Forschungsgruppe vom „Allen Institute for AI“ in Seattle analysierte dies. Die ersten Zeilen ihres papers dazu lauten: „Commonsense reasoning remains a major challenge in AI, and yet, […] the recent neural language models have reported above 90% accuracy on […] a commonsense benchmark originally designed to be unsolvable for statistical models that rely simply on word associations. This raises an important question—whether these models have truly acquired robust commonsense capabilities or they rely on spurious biases in the dataset that lead to an overestimation of the true capabilities of machine commonsense. To investigate this question, we introduce WinoGrande, a large-scale dataset of 44k problems, […] adjusted to improve both the scale and the hardness of the dataset.“ [Keisuke Sakaguchi et al.: WinoGrande: An Adversarial Winograd Schema Challenge at Scale. CACM, Sep. 2021, DOI 10.1145/3474381]

Tatsächlich liegt es an den „spurious biases“, die die Autoren von Beispielsätzen unwissentlich einbringen, und die von den neueren Systemen ausgenutzt wurden, sodass diese „essentially solving the problems *right*, but for *wrong* reasons“.

Der Beispielsatz „The monkey loved to play with the balls but ignored the blocks because he found **them** {exciting/dull}“ illustriert dies: Aus seiner riesigen Menge von Trainingsdaten lernt das System, dass sowohl „loved“ als auch „exciting“ zu einer als positiv kategorisierten Gruppe von Wörtern gehören; es kann so eine Korrelation herstellen, die die Entscheidung für den Bezug des Pronomens „them“ in die richtige Richtung lenkt.

Aber ist dies nicht sogar vernünftig? Ein Hauch von „Verständnis“? In anderen Zusammenhängen kann ein solcher gelernter „bias“ jedenfalls unerwünscht sein: Wenn das System aus seinen Trainingsdaten (etwa: allen Public-Domain-Büchern vor 1920) lernt, dass „the doctor“ stark mit „Mann“ korreliert, dann darf man kaum erwarten, dass dies in einem Zweifelsfall mit „die Ärztin“ übersetzt wird; man könnte so einem System einen „gender bias“ unterstellen…

Stichwort „Mehrdeutigkeit" – Arbres à gibier

> What magical trick makes us intelligent? The trick is that there is no trick. The power of intelligence stems from our vast diversity, not from any single, perfect principle. – Marvin Minsky

Eine Bemerkung in eigener Geschichte: Es muss um 1977 gewesen sein. In einer Vorlesung zum Fachgebiet „Linguistische Datenverarbeitung“ lernten wir das Übersetzungssystem „Systran“ kennen. Darunter so wichtige Details, in welchem Bit eines Lexikoneintrags das Genus eines Substantivs gespeichert ist. Das System gibt es heute noch (www.systransoft.com), aber bestimmt gleicht kein einziges Bit mehr dem damaligen System. Jedenfalls probierten wir es damals gleich aus: Wir brachten einen kleinen unverdächtig erscheinenden englischen Text über Spielbäume auf Lochkarten, gaben diese im Rechenzentrum ab und erhielten Stunden später die französische Übersetzung auf Endlospapier ausgedruckt.

Sorry, the page you requested has moved

→ Systran (1998): *Traurig ist die Seite, die Sie angefordert haben, bewogen worden*

→ Systran / Google Translate (2020): *Die von Ihnen angeforderte Seite wurde verschoben*

Das Ergebnis: Der Text „Game Trees. In general, it is not possible for a computer program to minimax-evaluate the complete game tree…“ wurde übersetzt mit „Arbres de gibier. Dans le Général...“. Und ähnlich absurd ging es weiter. Vermutlich waren wir nach dem Besuch der abendlichen Mensa schon in etwas angeheiterter Stimmung, aber jedenfalls lagen wir vor Lachen tatsächlich am Boden! Ein schneller Test mit dem heutigen Systran-System zeigt den Fortschritt der letzten 43 Jahre (u.a. „en général“, statt „dans le Général“), vor allem aber zeigt es den internen Kampf des Systems mit „gibier“ versus „jeu“ und das Ringen um die angemessene Präposition „du“, „de“, „à“. Am Ende trifft es mit „Arbres à gibier“ für den Titel aber dann doch die falsche Entscheidung, nachdem es sich selbst für das „Agribusiness“-Modell entschieden hat.

Model: Agribusiness

En général, il n'est pas possible pour un programme informatique de minimiser **l**~~-~~**'**évalu**ati**~~e~~**o**~~r~~**n de** l'arbre ~~du~~**complet** ~~jeu~~**du** ~~complet~~**gibier**

Stichwort „Mehrdeutigkeit" – Das Milchmädchen und der Pizzaboy

In einem deutschen Aussagesatz aus Subjekt, Prädikat und Objekt steht das Subjekt stets im Nominativ, das Objekt im Akkusativ, Dativ oder Genitiv. Die Standardreihenfolge der Satzteile ist in 90% aller Hauptsätze Subjekt, Verb, Objekt (SPO): *Der Hund biss den Pizzaboy*. Die Satzteile sind jedoch verschiebbar, der Satz könnte auch lauten: *Den Pizzaboy biss der Hund*. Subjekt und Objekt im Satz bleiben gleich, die Bedeutung bleibt gleich, aber es hat sich die Reihenfolge zu OPS verändert.

Bei einem Zusammenfallen von grammatikalischen Wortformen lässt sich am Artikel allerdings nicht erkennen, welcher Satzteil als Nominativ das Subjekt und welcher als Nicht-Nominativ das Objekt darstellt: *Die Katze biss das Milchmädchen* (SPO) vs. *Das Milchmädchen biss die Katze* (OPS).

Das Englische ist restriktiver, es hat die Fälle verloren und sich deshalb auf eine starre Wortstellung zurückgezogen – das Subjekt muss in der Regel vor dem Verb stehen: *The cat bit the milkmaid* bzw. *The milkmaid bit the cat* sind semantisch eindeutig.

Übersetzungssysteme müssen in solchen Fällen Farbe bekennen und die SPO-OPS-Mehrdeutigkeit „richtig" auflösen…

Den Pizzaboy biss der Hund
Google / Microsoft / DeepL: The dog bit the pizza boy

Den Pizzaboy biss der Hund, das Milchmädchen die Katze
Google: The dog bit the pizza boy, the cat bit the milkmaid
Bing: The dog bit the pizza boy, the milkmaid bit the cat
DeepL: The pizza boy bit the dog, the milkmaid bit the cat
LanguageTool: Möglicher Tippfehler gefunden: Pizzaboten
LanguageTool: Es scheint ein Komma zu fehlen: Milchmädchen,

Sehr hübsche Interpretation!

Das Milchmädchen biss die Katze, den Pizzaboy der Hund
Google: The cat bit the milkmaid and the dog bit the pizza boy
Bing: The milkmaid bit the cat, the pizza boy bit the dog
DeepL: The milkmaid bit the cat, the pizza boy the dog


Prähistorisch

Die Pizzaboys bissen die Hunde
Google / Microsoft / DeepL wählen jeweils die naheliegende und syntaktisch korrekte, aber inhaltlich absurde SPO-Interpretation.

Stichwort „Mehrdeutigkeit“ – I’m cutting up a lawyer for lunch

Auch die bewusst auf „Provokation“ angelegten Tests von Ernest Davis führen erwartungsgemäss oft zu erheiternden Ergebnissen. Ein paar Kostproben vom Mai 2020:

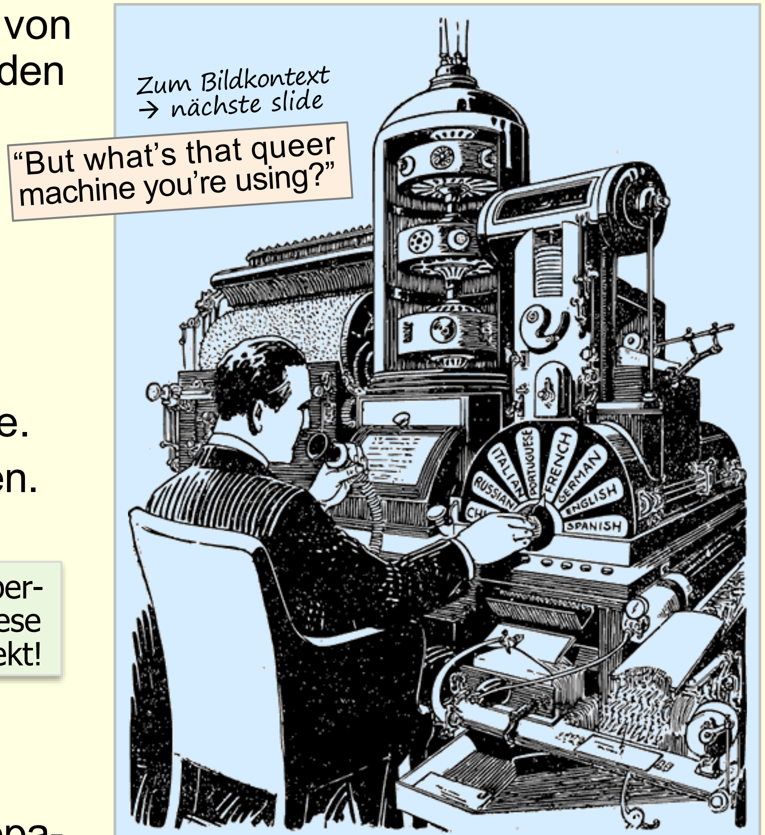
- **Je découpe un avocat pour le déjeuner.**
- Google: I’m cutting up an avocado for lunch.
- Bing: I’m cutting up a lawyer for lunch.

- **Your wife says you never buy her flowers.**
- Google: Ihre Frau sagt, Sie kaufen ihre Blumen nie.
- Bing: Ihre Frau sagt, dass Sie nie ihre Blumen kaufen.

- **The dog is pregnant.**
- Google/Bing/Systran: Le chien [statt korrekt „la chienne“] est enceinte.

Ab Mai 2023 übersetzt Google diese drei Sätze korrekt!

- **The plumber who we called to fix the dishwasher doesn’t work any longer.**
- Google: Le plombier que nous avons appelé pour réparer le lave-vaisselle ne fonctionne [statt „travaille“] plus.



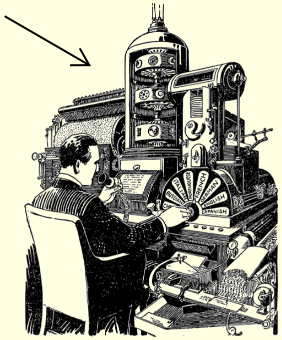
All my French business letters are dictated to it in English, and the French translations it makes are wonderfully good.

- **The workers at the canning factory wash fish, skin fish, bone fish, and can fish.**
- DeepL [→FRA]: Les travailleurs de la conserverie lavent les poissons, les dépouillent, les désossent et les mettent en conserve.
- DeepL [→DEU]: Die Beschäftigten in der Konservenfabrik waschen Fisch, Fisch mit Haut und Knochen und können fischen.

DR. HACKENSAW'S SECRETS

Clement Fezandié, Amazing Stories 1(3), 280-284, 1926 (gekürzter Auszug)

Das Bild stammt von dem bekannten österr.-amerikanischen SF-Illustrator Frank R. Paul



"You must have made a lot of inventions in your life-time!" observed Pep.

"Yes, hundreds of them," returned the doctor.

"As I happen to have some spare time now, I can show you a few, if you care to see them. The first one you see is what I call a 'Dictation Typewriter.' My object was to do away entirely with the young lady. An employer is often obliged to let his stenographer see letters which he would prefer to keep confidential. Then too, think of the sums spent yearly for stenographers and typists. Go into any large business house and you will see a roomful of girls busily typewriting, when the work could be automatically done by machinery. I wanted a vocal typewriter — one that could be worked entirely by the voice. When the letter was spoken the vibration of the diaphragm would turn on the proper current to strike the letter. I made my first machine to write Italian, as in that language, words are spelt as they are pronounced. But I found that even in English there were not so many syllables that sound alike and are spelt differently, and I realized it would be a very easy matter for the dictator to learn to pronounce them slightly different. A man could learn the proper pronunciation in an hour and the machine would then spell each properly.

I was so delighted with my success that I didn't stop there. I resolved to go a step further and build a typewriter that would translate my dictation automatically into several different languages. I dictated in English and the machine, at my dictation typewrote copies in English, French, German and whatever other language I desired."

"But," objected Pep, "that is impossible! You can't make a machine think! You can't translate without thinking and no steel springs or electric currents can ever be made to think!"

Doctor Hackensaw laughed, "That isn't the first impossible thing that I've made possible. Pep," said he. "As a matter of fact, the thing is simple in theory—though it is complex in practice. In French every noun is either masculine or feminine, and its adjectives must agree with the noun in gender. In French, too, most adjectives follow the noun instead of preceding it as in English. Also, French verbs must agree with their subject. All these difficulties, however, I overcome by an arrangement by which no typewriting is done before a complete sentence is dictated.

This machine you see here, is only useful for commercial purposes. All my French business letters are dictated to it in English, and the French translations it makes are wonderfully good. Some day, when I have time, I shall construct a translating machine that will make really literary translations."

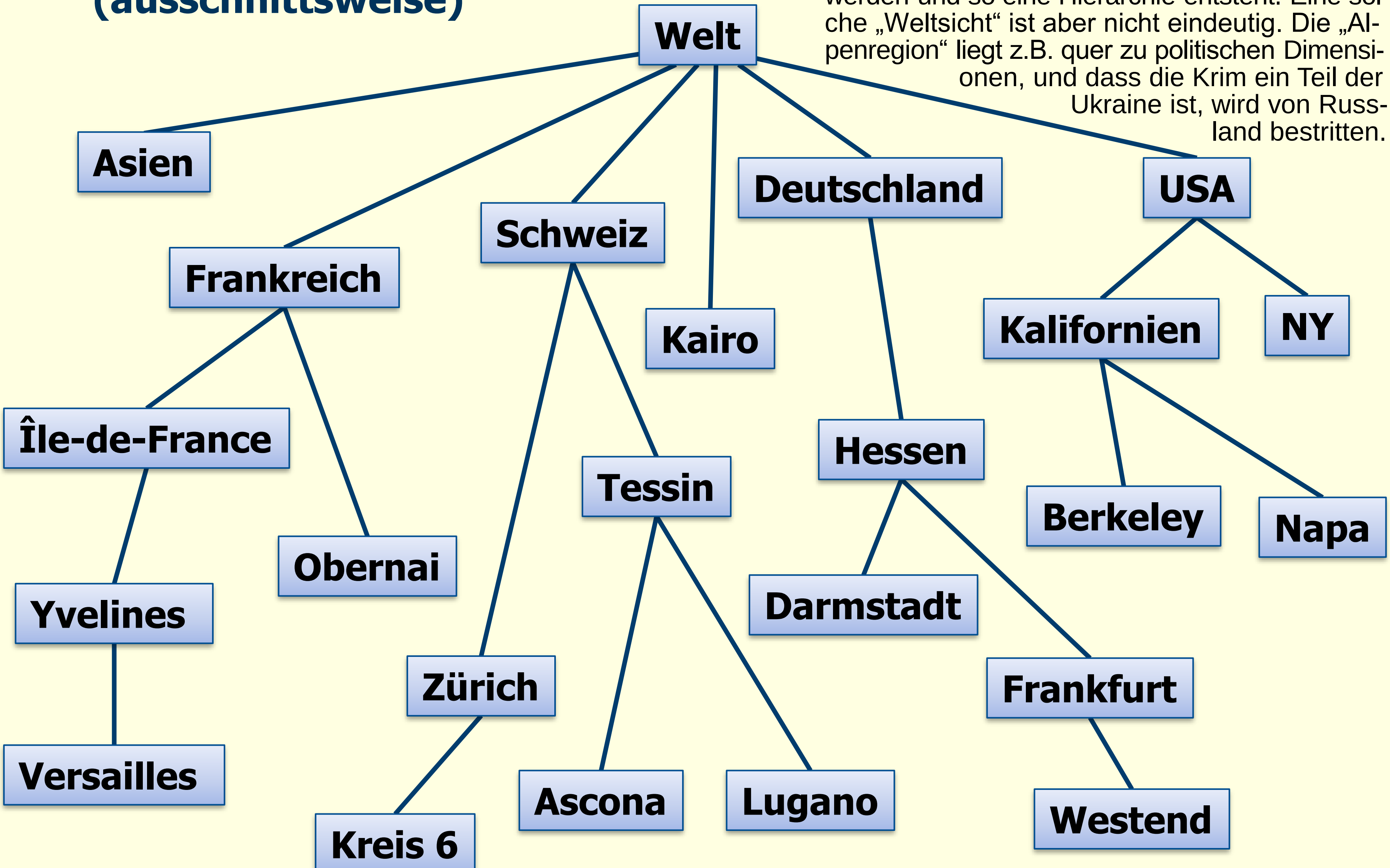
"And that very peculiar machine next to the sandwich canning machine?" asked Pep.

"That," replied Doctor Haekensaw proudly, "is one of my greatest triumphs in inventing. That is an Automatic Judge. Our courts are now all overcrowded with cases. This machine will automatically listen to the pleadings of the contending parties and give a just decision. In fact, I'll guarantee the decisions of the machine to be equitable in 999 cases out of a thousand—which is a larger proportion than any judge I ever heard of can boast."

"How ridiculous!" retorted Pep, "Whoever heard of an 'automatic judge!' Why such a thing is impossible! A machine can't possibly think—or have judgment!"

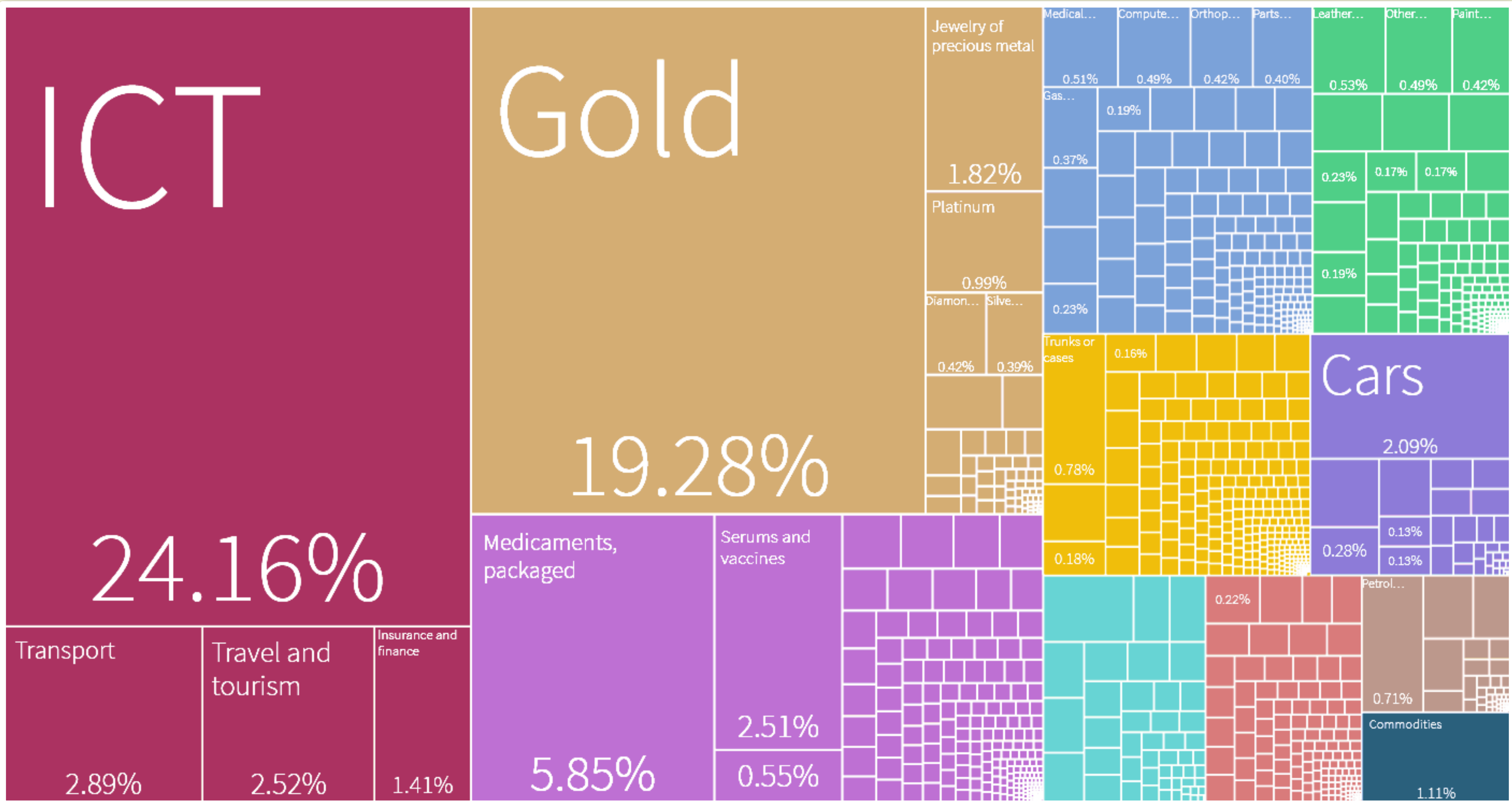
► Die Welt
(ausschnittsweise)

Es ist aus naheliegenden praktischen Gründen vorteilhaft, wenn geographische Gebiete, z.B. Verwaltungseinheiten, intern weiter partitioniert werden und so eine Hierarchie entsteht. Eine solche „Weltsicht“ ist aber nicht eindeutig. Die „Alpenregion“ liegt z.B. quer zu politischen Dimensionen, und dass die Krim ein Teil der Ukraine ist, wird von Russland bestritten.



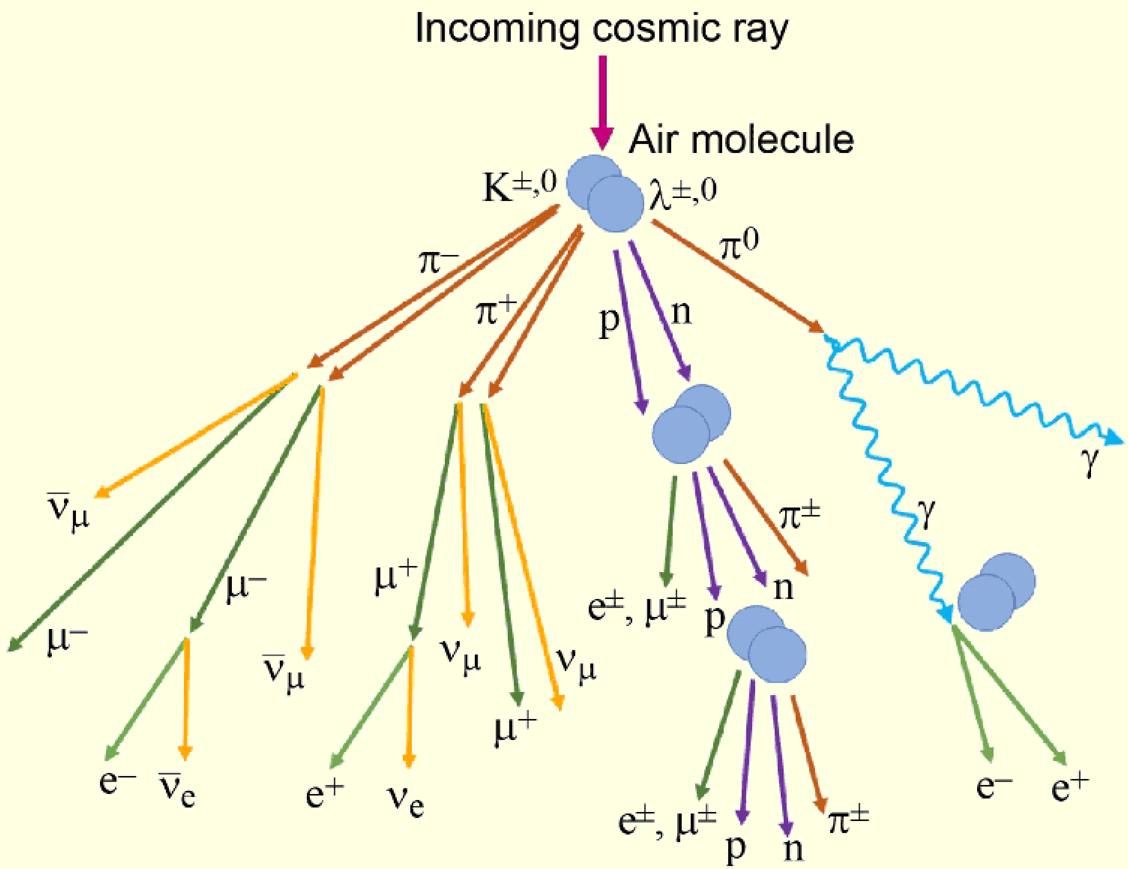
► Importe der Schweiz, hierarchisch gegliedert

The Atlas of Economic Complexity, https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=41



Darstellung des Baums als verschachteltes Mengendiagramm. Oberste Ebene: Services, Stone, Chemicals, Machinery, Agriculture, Metals, Textiles, Minerals, Electronics, Vehicles, Other **(Für das Jahr 2020)**

► Cosmic Shower

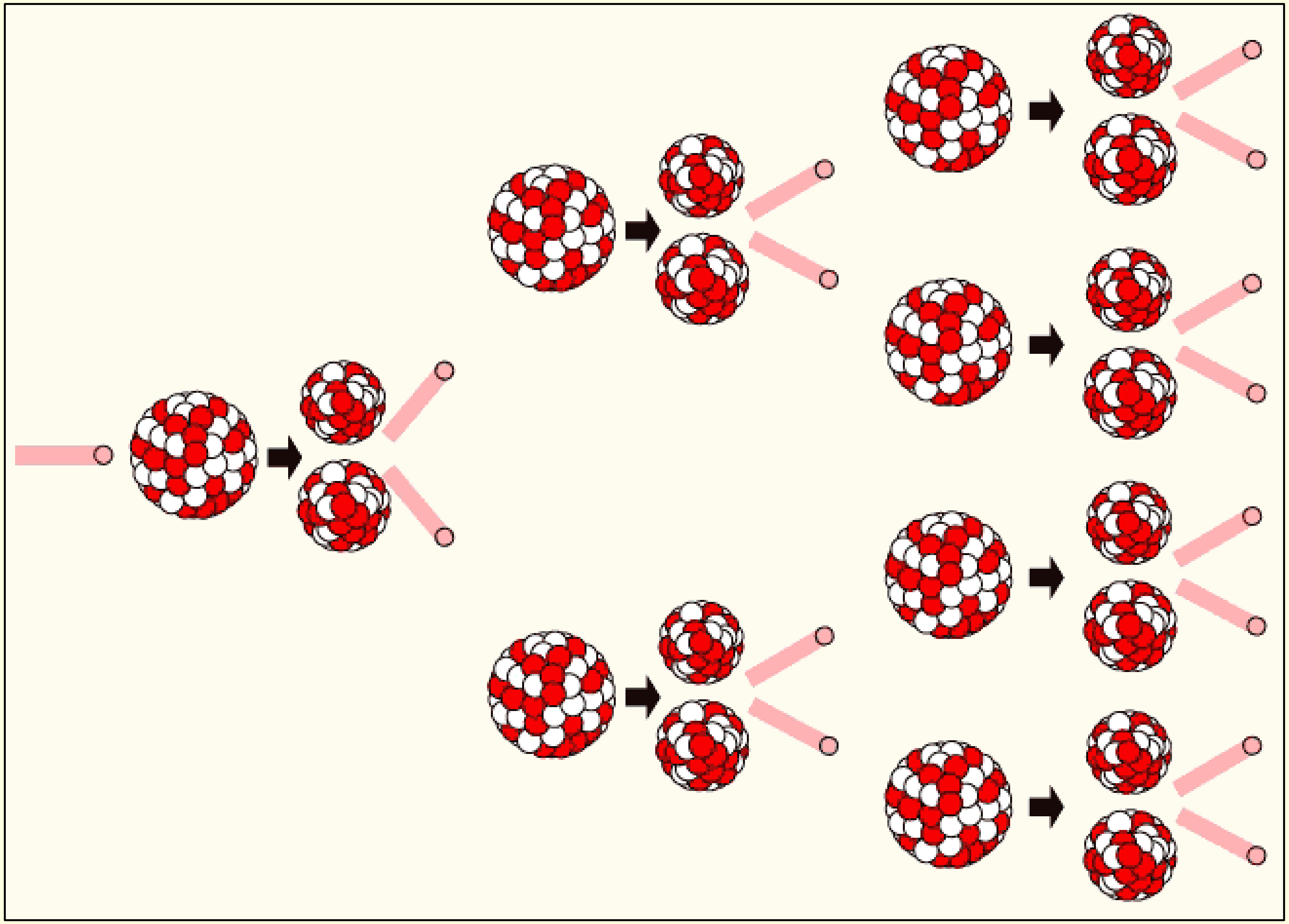


$K^{\pm,0}$	kaons
$\lambda^{\pm,0}$	lambda baryons
$\pi^{0,\pm}$	pions
p	protons
n	neutrons
ν_e, $\bar{\nu}_e$	electron neutrinos
ν_μ, $\bar{\nu}_\mu$	muon neutrinos
$\mu^\pm$	muons
e^+	positrons
e^-	electrons
γ	gamma rays

The form of space radiation with the broadest impact as seen on Earth are the generic “cosmic” rays detected from the ground up to the lower troposphere at elevations less than 5.5 km. These “rays” are mostly subatomic particles, primarily muons and neutrinos produced by interactions of incoming protons in the air. Muons ($\mu^\pm$) and neutrinos ($\nu,\bar{\nu}$) are the decay products of short-lived pions ($\pi^\pm$), and muons decay into electrons (e^-), positrons (e^+), and more neutrinos.

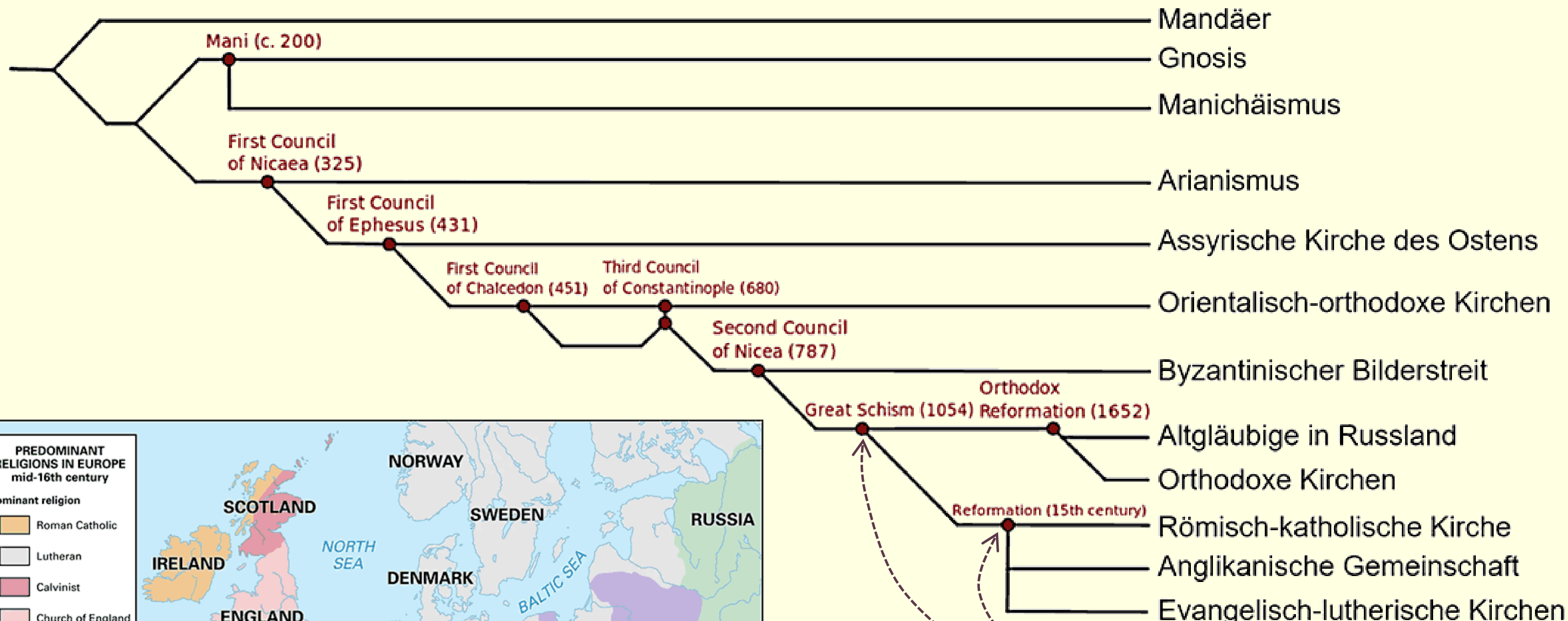
[Bild- und Textquelle: NASA/TP—2020-220002]

► Atomspaltung und Kettenreaktion



Peter Kurzweil: Chemie – Grundlagen, Aufbauwissen, Anwendungen und Experimente. Springer, 2015.

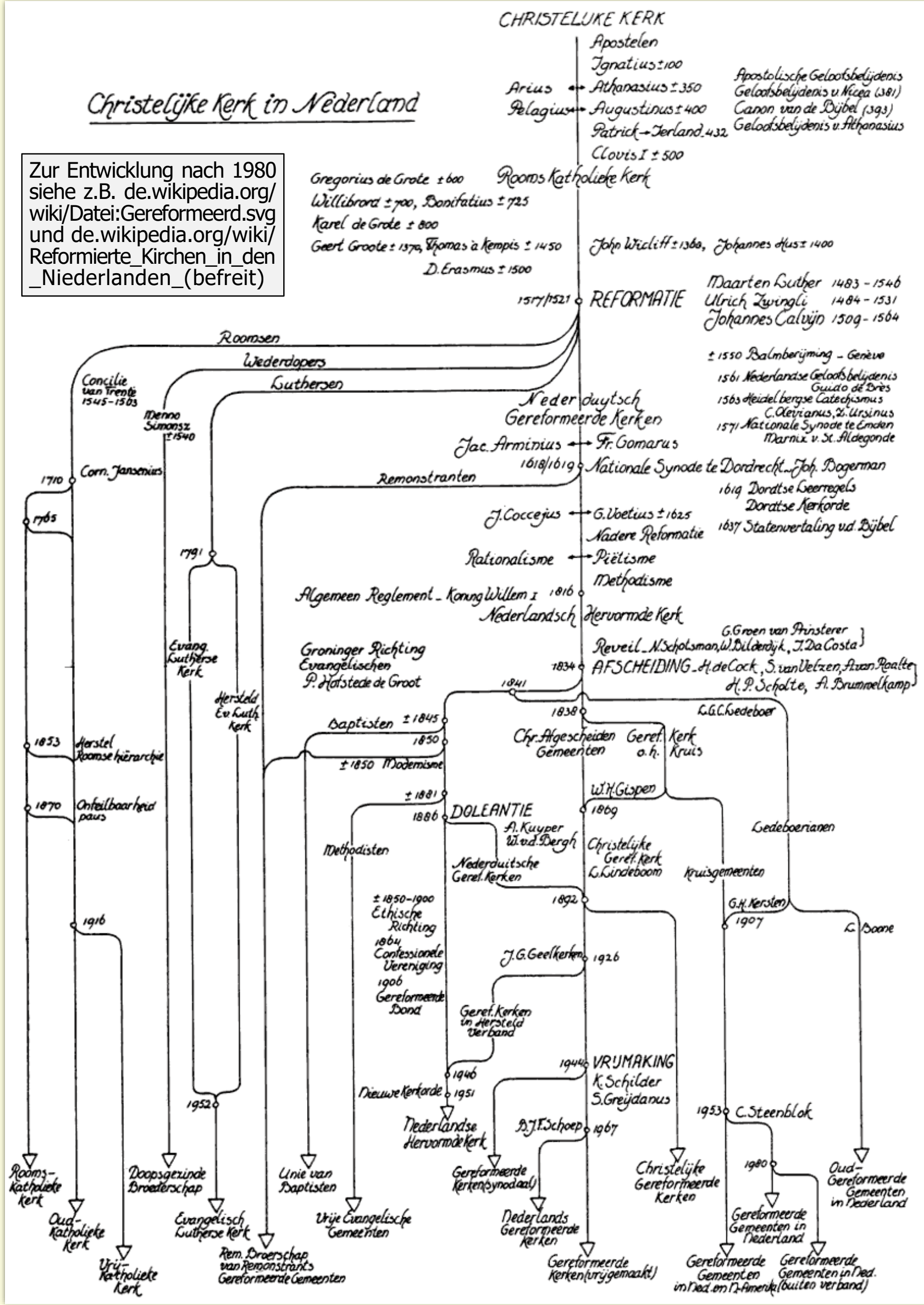
► Kirchenspaltung



https://de.wikipedia.org/wiki/Schisma

www.britannica.com/summary/Reformation-Key-Facts

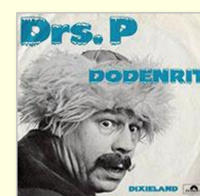
Schon vor dem sogen. morgenländischen Schisma von 1054 (mit der Aufspaltung in die römische Westkirche und die orthodoxe Ostkirche) bzw. der protestantischen Reformation (Luther, Zwingli, Calvin) kam es zu Spaltungen in diverse Glaubensrichtungen.



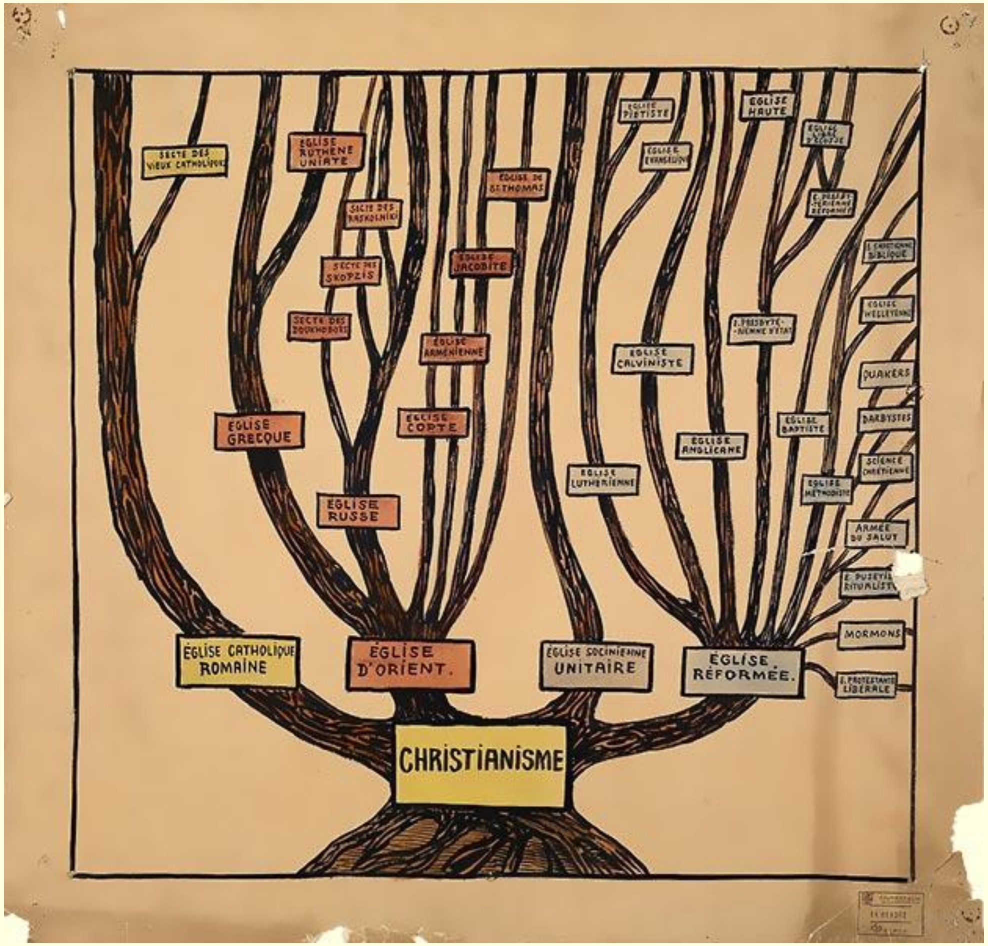
Der 1978 geborene Schriftsteller und Theologe Reinier Sonneveld aus den Niederlanden berichtet, wie er in jungen Jahren im Religionsunterricht über die Kirchenspaltung belehrt wurde. Er kommentiert dies etwas zynisch so:

„Nehmen wir also ein Lineal und ziehen schnurstracks eine Gerade von den Aposteln vor 2000 Jahren bis in die Gegenwart, zur einzig wahren Kirche, den „reformierten Kirchen (befreit)“… Wie misslich, dass sich 1517 die Katholiken von uns trennten. Wie bitter, dass sich 1834 die Reformierten von uns abgespalten haben. Und dann sagten sich 1944 auch noch diese Synodalen von uns los. … Wie im Lied „Dodenrit“ von „Drs. P“: Während einer üblen Kutschenfahrt werden die Passagiere einer nach dem anderen von Wölfen angefallen und aufgefressen.“

Drs. P (eigentlich Heinz Hermann Polzer, 1919 - 2015) war ein in den Niederlanden und Belgien beliebter schweizerisch-niederländischer Autor, Dichter, Kabarettist, Komponist, Pianist und Sänger. In Rotterdam ist eine Strasse („Drs. P-kade“) nach ihm benannt. Seine Ballade „Dodenrit“ (Todesfahrt) schaffte es 1974 in die niederländische Hitparade. Es handelt von einer russischen Familie im 19. Jahrhundert, die in Sibirien an einem Wintertag bei Schnee und 30 Grad Kälte mit einer Kutsche durch den schier endlosen Wald nach Omsk reist. Von hungrigen Wölfen gejagt, wird ein Passagier nach dem anderen geopfert, um Zeit zu schinden. Am Ende aber muss, kurz vor Omsk, auch noch der letzte daran glauben.

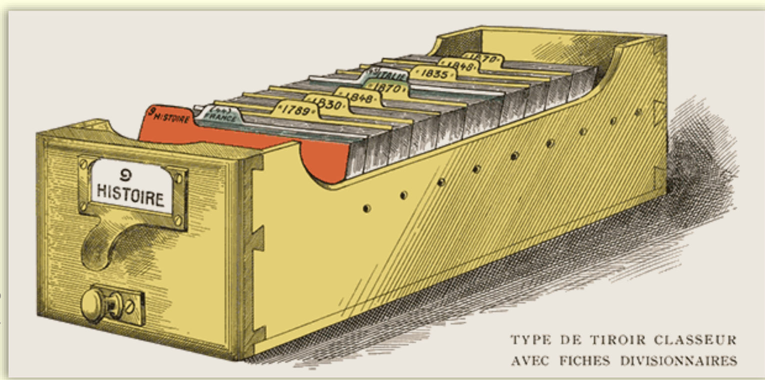


We rijden met de trojka door 't eindeloze woud
Het vriest een graad of dertig, het is winter en vrij koud
De paardehoeven knersen in de pasgevallen sneeuw
't Is avond in Siberie, en nergens is een leeuw...



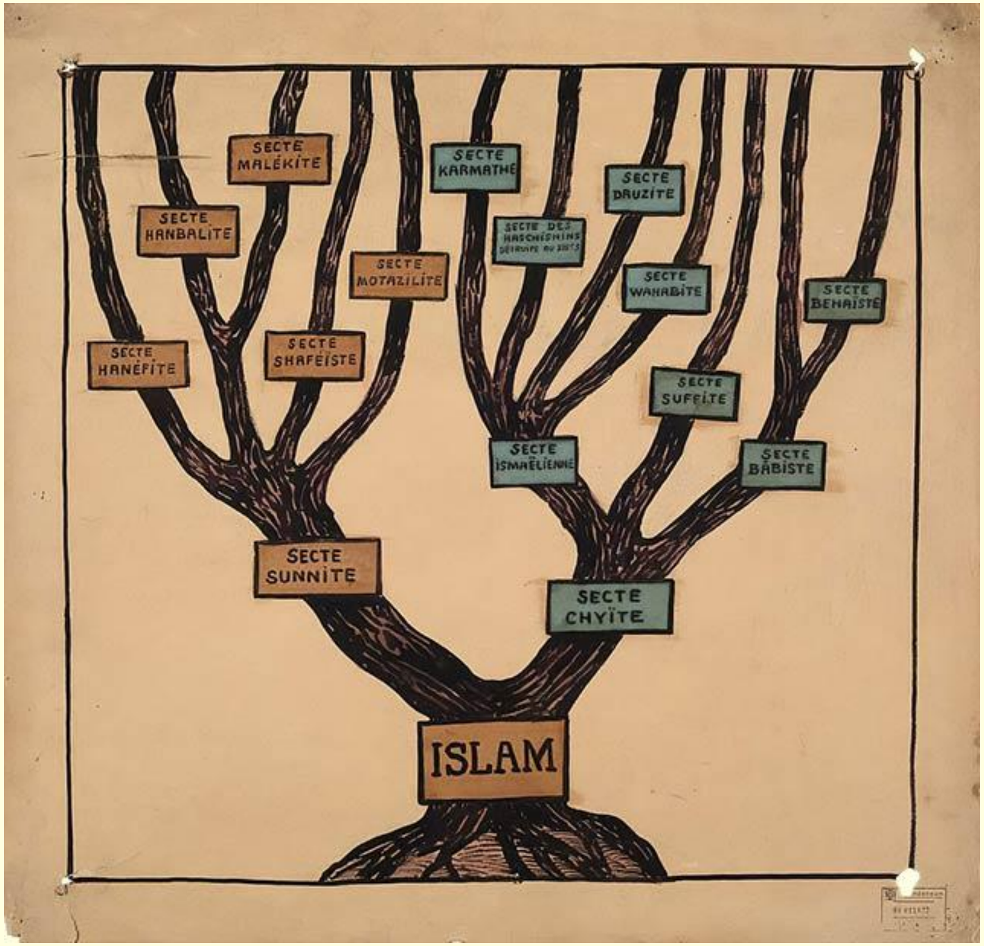
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christianisme.jpg

Paul Otlet (1868 – 1944) war ein utopischer und visionärer belgischer Dokumentations- und Informationswissenschaftler. 1920 begann er damit, eine „Encyclopedia Universalis Mundaneum“ zu erstellen. Es sollte eine Enzyklopädie ganz neuen Typs sein: Nicht mehr in Form von Buchbänden, sondern als strukturierte Sammlung einzelner, standardisierter Blätter im Format 64 cm x 67 cm, die neben Text vor allem leicht erfassbare Infographiken und Fotografien enthalten sollten. Auf diese Weise konnten einzelne Informationen sehr schnell aktualisiert werden – dies dauerte bei klassischen Lexika mehrere Jahre und wurde nur umständlich durch Nachtragsbände adressiert. Das Wissen konnte so nicht nur laufend erweitert werden, sondern es konnten auch unabhängig mehrere Beteiligte gleichzeitig an der Fortentwicklung arbeiten. Es entstanden auf diese Weise mehrere tausend Infoblätter; links ein Beispiel mit der Darstellung der Evolution der christlichen Kirche. Natürlich gab es entsprechende Darstellungen (und zusätzlich ergänzende Informationen in Textform) auch für andere Glaubensrichtungen (vgl. nächsten slide: „Islam“).

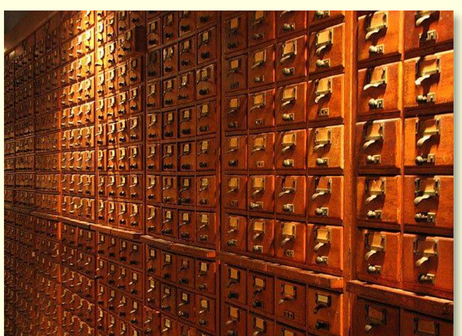


www.spiegel.de/fotostrecke/

Die Enzyklopädie war Teil eines grösseren Projekts: Schon 1898 gründete Otlet zusammen mit dem Juristen und Politiker Henri La Fontaine (1854 – 1943, Friedensnobelpreis 1913) das „Mundaneum“ in Brüssel: Ein Gebäude mit mehreren Lese- und Arbeitsräumen, welches in Schubfächern eine Bibliografie auf Karteikarten zugänglich



https://jenikirbyhistory.getarchive.net/media/islam-2-89788e



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Drawers.jpg

https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Mundaneum.jpg

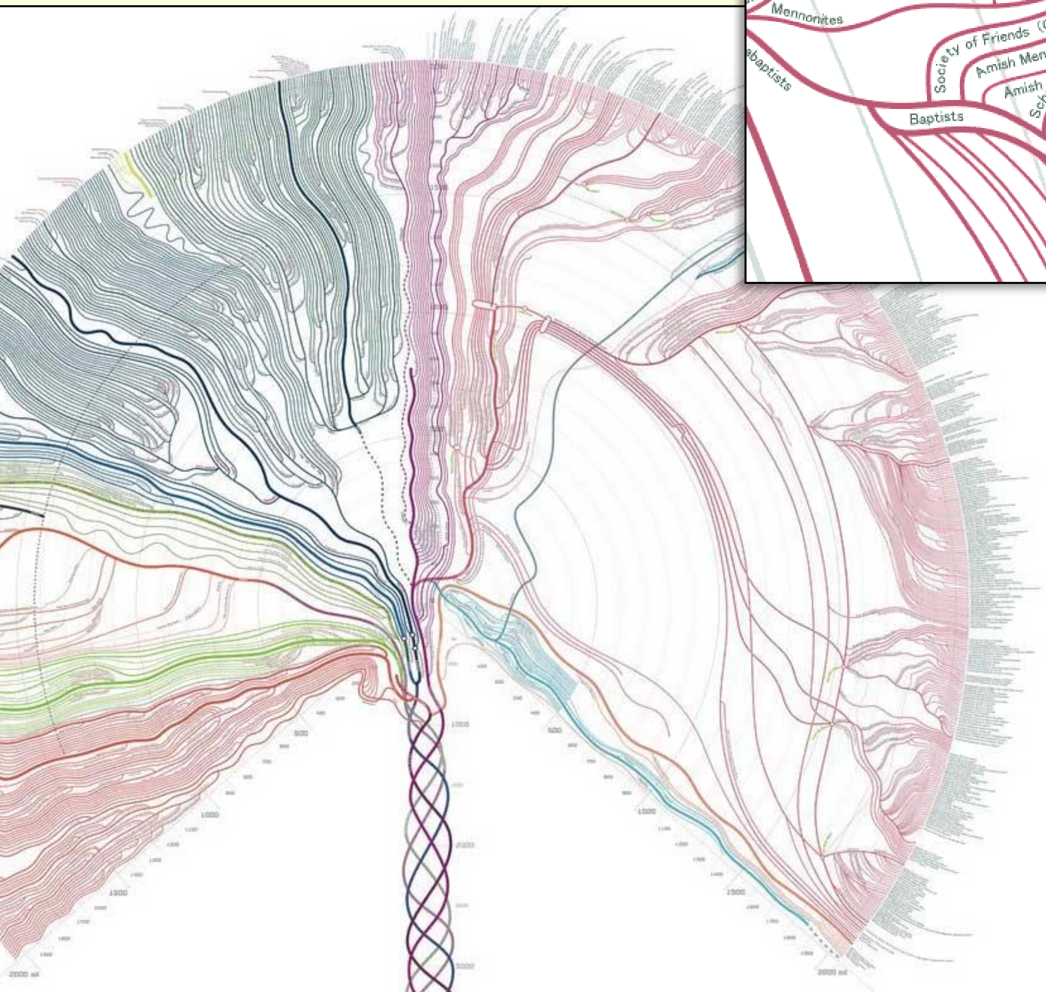
macht, die (im idealen Endzustand) das gesamte Schrifttum der Welt verzeichnen soll. Immerhin wurden für dieses „Répertoire Bibliographique Universel“ mit Hilfe vieler Freiwilliger etwa 12 Millionen Karteikarten handschriftlich angefertigt. Um die vorhandene Information auffindbar und zugänglich zu machen, konzipierte Otlet auch eine innovative Klassifikationsmethode.

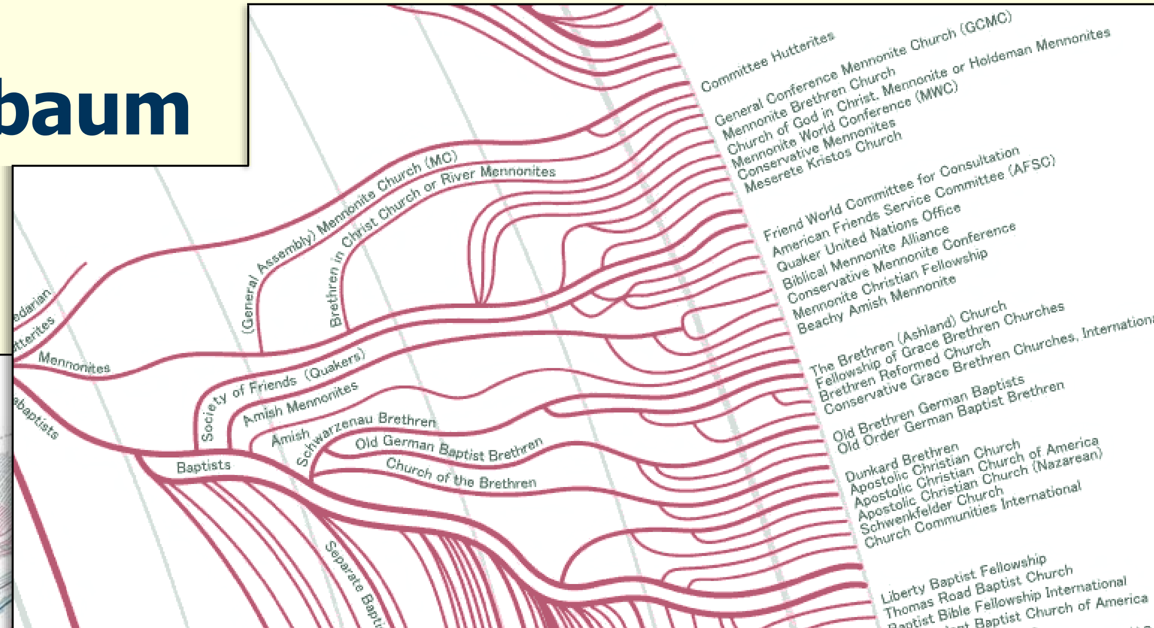
Im Rückblick erscheint das Mundaneum als erste, allerdings „analoge“, Suchmaschine. 2013 wurde es von der UNESCO zum Weltkulturerbe erklärt. Das Magazin „Der Spiegel“ erläuterte:

„Wer eine Frage hatte, sandte einen Brief an das Mundaneum, wo Bibliothekare sich durch den Superkatalog wühlten, um die Anfrage zu beantworten – handschriftlich und per Post, für fünf Centimes pro Karteikarte. Allein im Jahr 1912 wurden 1500 Anfragen gestellt, zu allen erdenklichen Themen, von Bumerang bis zum bulgarischen Finanzwesen. Rückblickend erscheint das Mundaneum wie […] ein Papier-Google. Statt aus riesigen Serverfarmen bestand es aus einem schier endlosen Spalier hölzerner Karteikästen. In mancherlei Hinsicht war sein ‚mechanisches Gehirn‘ nicht nur seiner eigenen Zeit voraus, sondern sogar noch der heutigen. Otlet wollte zum Beispiel Informationshappen nicht nur einfach verlinken wie im World Wide Web. Er schlug vielmehr intelligente Links vor, die zusätzlich auch Informationen über Wahrheitsgehalt und Kontext beinhalten.“

www.mondotheque.be

► Weltreligionenbaum





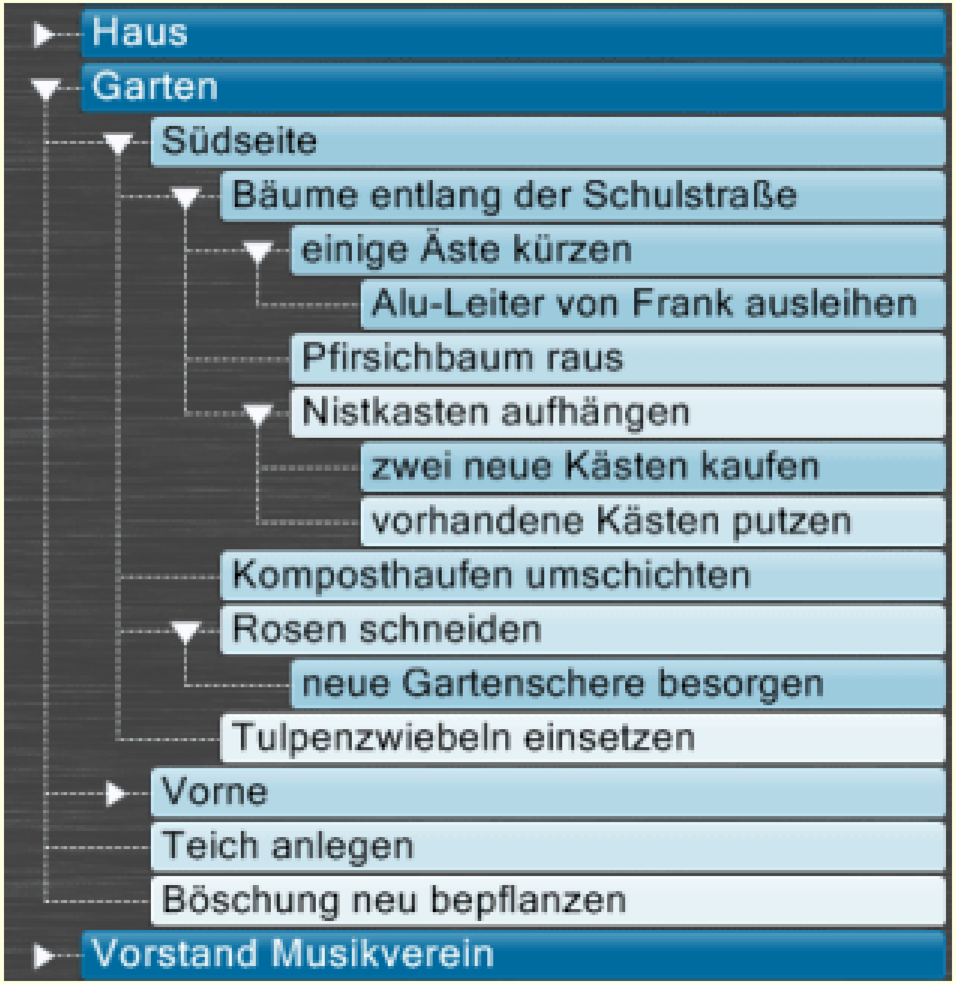
Kann man ernsthaft versuchen, die Religionen der Welt auf einige wenige „Stammreligionen“ zurückzuführen?

„The 40 Foundation“ veröffentlichte diesen Baum der Religionen der Welt. „An image of finest details, 13824 x 9792 px in resolution, 37.90 MB in size.”

https://the40foundation.org/world-religions-tree.html

xx

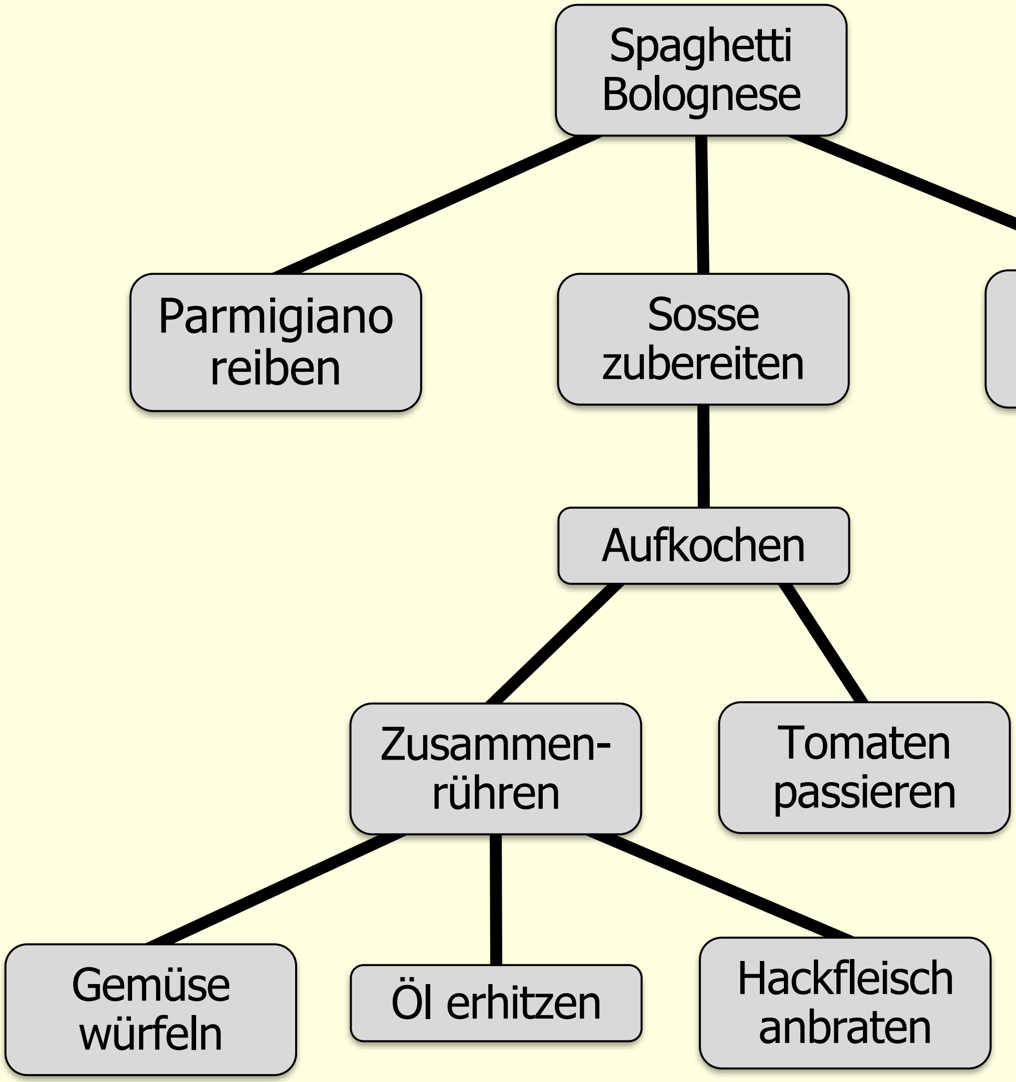
► Ziele und Teilziele



„Wenn eine Aufgabe zu gross ist, macht man mehrere kleine Aufgaben daraus. Alles, was unangenehm oder undurchschaubar ist, klären wir durch Aufteilen und Gliedern. Teilziele und Aufgaben haben eine Struktur wie ein Baum.“

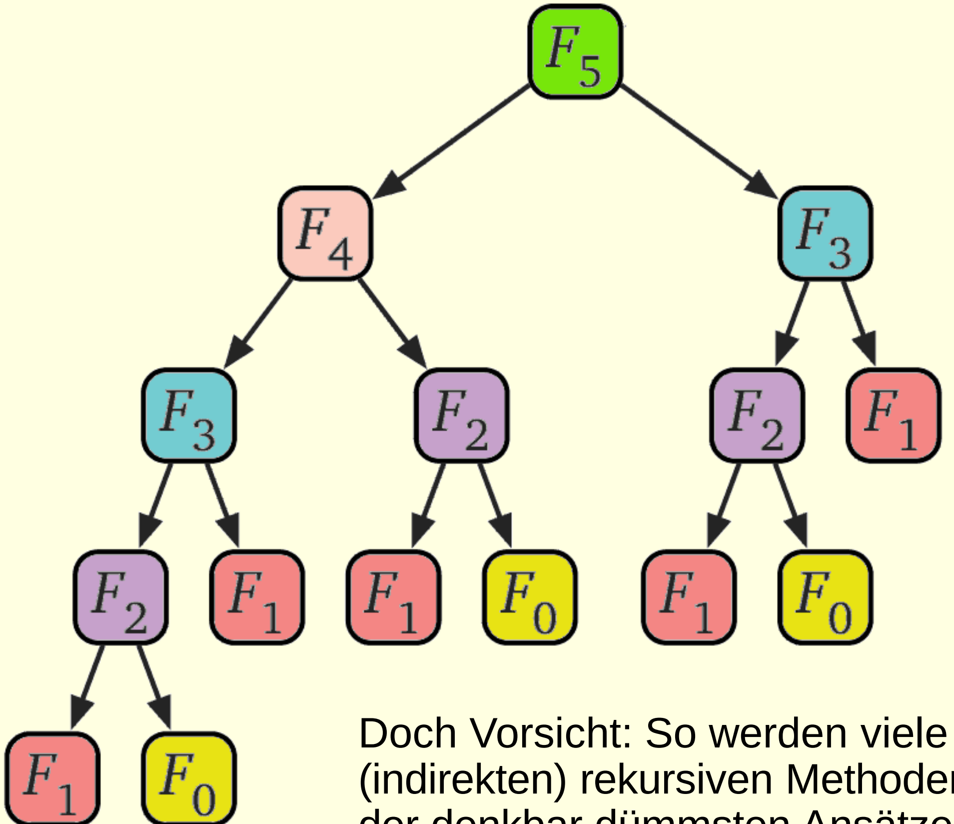
www.meineziele.info

► Funktionsbaum



Ein Funktionsbaum beschreibt die Abhängigkeit von Funktionen eines Systems untereinander bzw. zeigt, welche anderen Aufgaben für eine bestimmte Aufgabe auch noch (evtl. vorgängig) bearbeitet werden müssen.

► Fibonacci-Rekursionsbaum



Die Fibonacci-Folge 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13,... ist in rekursiver Weise so definiert:

$F_0 = F_1 = 1;$

$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$ für $n \geq 2$.

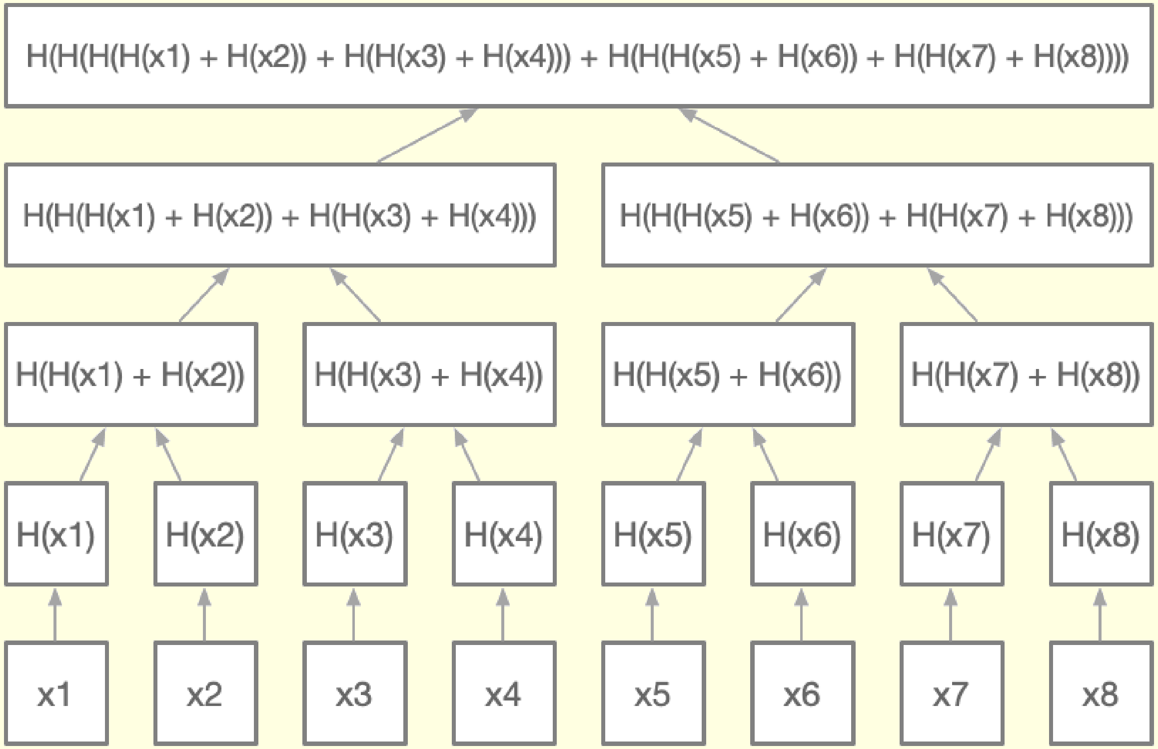
Man kann dies unmittelbar in eine rekursive Java-Methode zur Berechnung der n-ten Fibonacci-Zahl umsetzen:

```
public static int fib(int n)
{  if (n < 2) return 1;
   return fib(n-1) + fib(n-2);
}
```

Doch Vorsicht: So werden viele Werte mehrfach berechnet, die Zahl der (indirekten) rekursiven Methodenaufrufe wächst exponentiell! Es ist einer der denkbar dümmsten Ansätze zur Berechnung einer Fibonacci-Zahl F_n. Viel klüger ist es, die Folge nicht rekursiv, sondern bottom-up iterativ zu berechnen. Man merkt sich die beiden zuletzt berechneten Werte und addiert diese im nächsten Schritt. Auf diese Weise wird jede Zahl nur ein einziges Mal berechnet, und man könnte sich sogar alle Werte in einer Tabelle merken und diese am Ende ausgeben: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,…

► Ein Hash-Baum

„Blockchains, Quantenvergaser, Schwarzlöcheremitter, Schrödingerpartikeldiffusionatoren, Nullpunktsenergiespitzen und Unschärferelationierbarkeit braucht man nicht dafür.“ – Kommentar bei www.zeit.de zum Artikel „Braucht das digitale Zeugnis eine Blockchain?“



Der bekannte Sicherheitsexperte Bruce Schneier ist bzgl. Blockchain skeptisch:

Jedes Unternehmen, das heute auf die Blockchain setzt, könnte eigentlich auf sie verzichten. Niemand hatte jemals ein Problem, für das die Blockchain eine Lösung ist. Stattdessen nehmen die Leute die Technologie und machen sich auf die Suche nach Problemen.

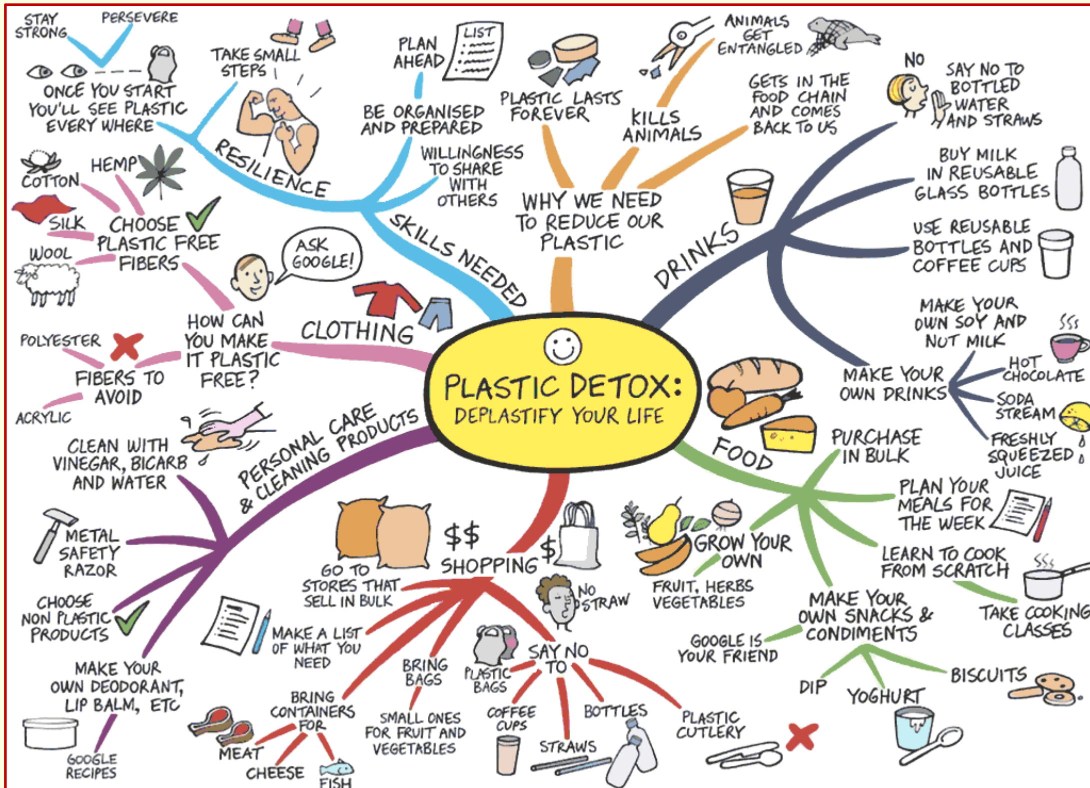
Frage: Was ist mit den hunderten Firmen, die – gerade in der Schweiz – Blockchain-Lösungen entwickeln?

Bruce Schneier: *Für die ist die Technologie in erster Linie ein PR-Instrument. Sie werden die Blockchain wieder fallen lassen, wenn klar wird, dass sie keinen Mehrwert bringt.*

www.netzwoche.ch, 6.2.2019

Ein Hash-Baum ist ein Baum aus kryptographischen Hashwerten von Datenblöcken. Die Blockchain bei der Kryptowährung Bitcoin (und einigen anderen Distributed-Ledger-Technologien) ist aus Effizienzgründen in Wirklichkeit (d.h. bzgl. der implementierten Datenstruktur) keine lineare „Kette“ von kryptographisch integritätsgesicherten Blöcken, sondern ein solcher Baum. Der Hauptunterschied zur linearen Liste ist, dass die relativ kurzen Zweige des Baums einzeln heruntergeladen und schnell auf Integrität geprüft werden können.

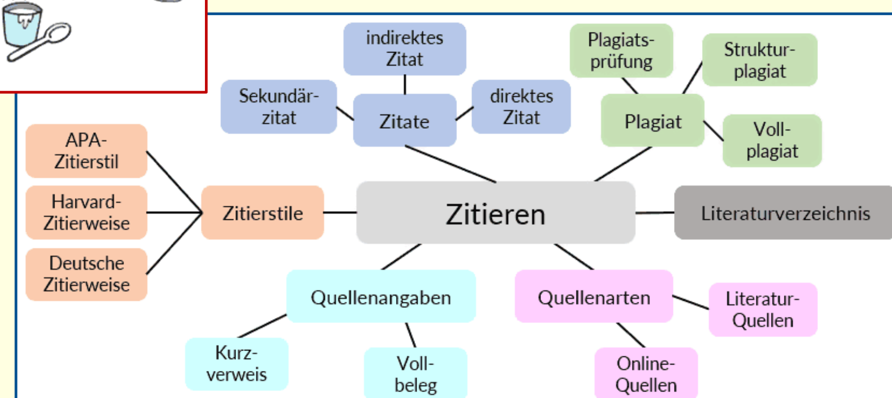
► Mindmaps



www.pinterest.de/pin/660269995338554602/

Mindmaps haben typischerweise eine Baumstruktur: Ein Aspekt verzweigt nach aussen in Teil-aspekte oder lässt einen Zusatz-aspekt, einen zusammenhängen-den Gedanken oder ein verwand-tes Thema heraussspriessen.

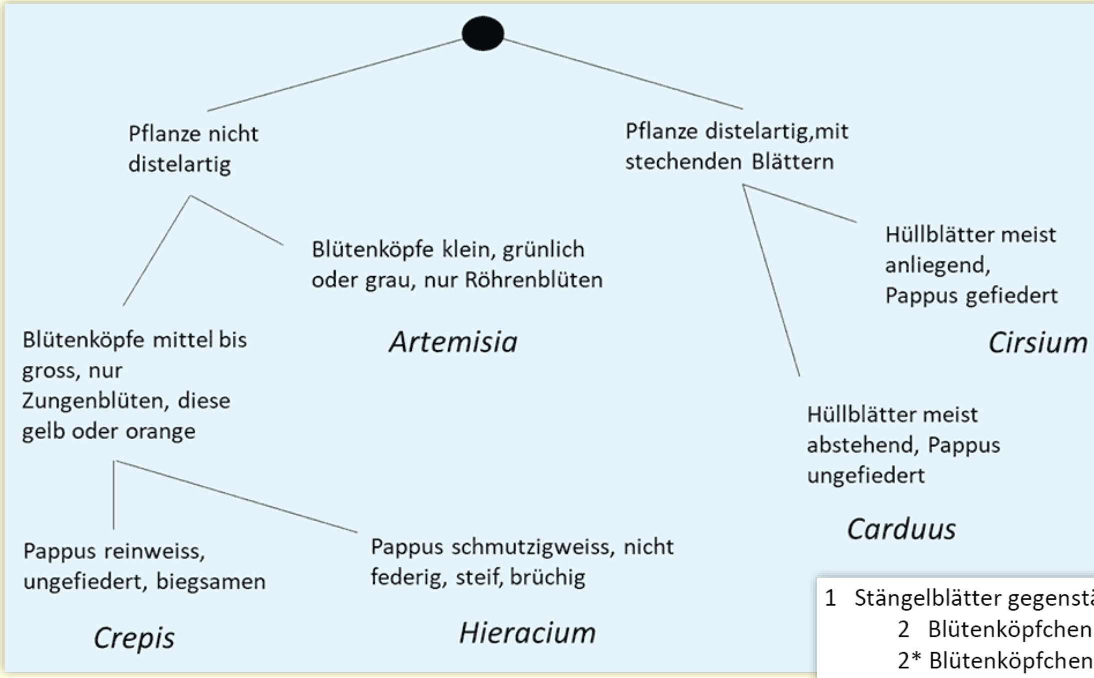
Im Unterschied zu semantischen Netzen oder Ontologien kommt den Kanten im Allgemeinen keine spezifische Bedeutung zu.



www.bachelorprint.de/methodik/mind-map/

► Bestimmungsbaum

Aber auch in der Zoologie, der Mineralogie etc. – und sogar zur Bestimmung von Fossilien, Flugzeug- und Lokomotivtypen.

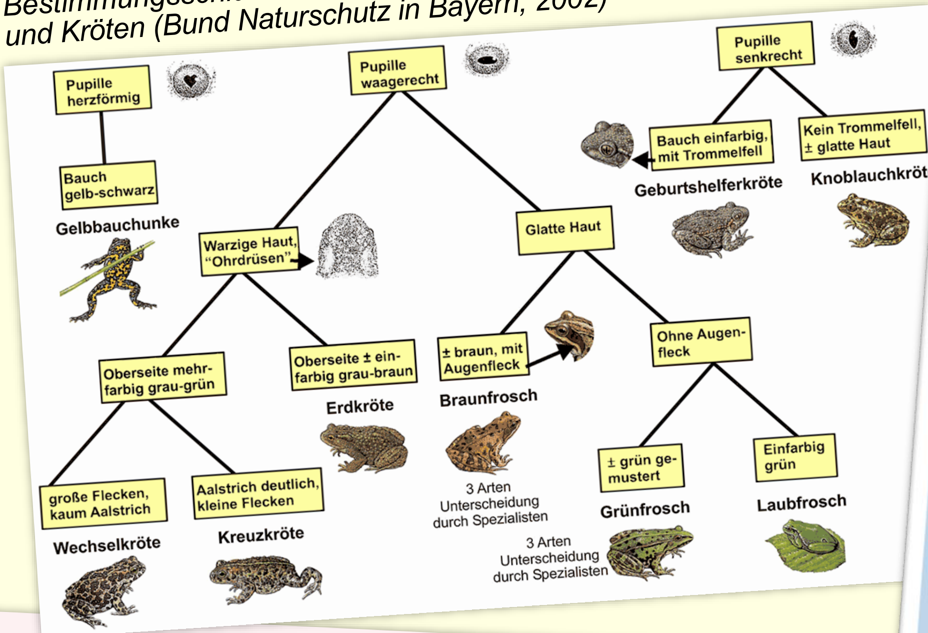


Um in der Botanik eine Pflanze aus einer gegebenen Menge von Arten (bzw. Gattungen, Familien etc.) zu identifizieren, verwendet man „Bestimmungsschlüssel“. Diese bestehen aus einer Aufzählung von Merkmalen und evtl. gegenläufigen Merkmalen. Oft sind die Bestimmungsschlüssel dichotom, sodass sich ein Binärbaum ergibt. Die Kunst besteht darin, solche Merkmale zu finden, die kurze Bestimmungswege ergeben; dabei müssen nicht unbedingt die systematischen Verwandtschaftsverhältnisse respektiert werden. Der Schlüssel kann „grafisch“ oder in „Zeilenform“ dargestellt werden.

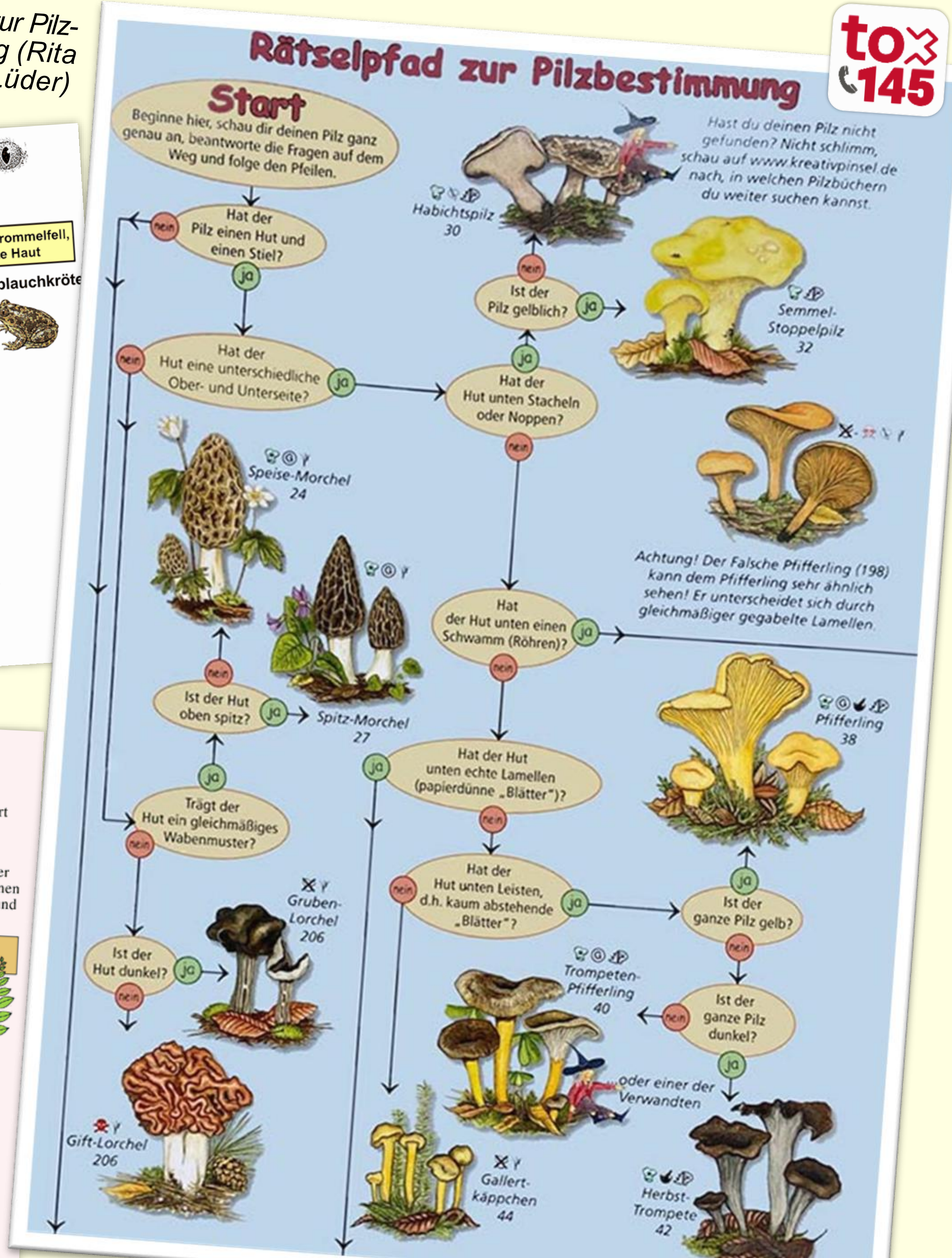
1 Stängelblätter gegenständig 2
  2 Blütenköpfchen wenigblütig (nur 4-6 Blüten) .... *Eupatorium cannabinum*
  2* Blütenköpfchen vielblütig (mehr als 6 Blüten) .... *Knautia arvensis*
1* Stängelblätter wechselständig oder fehlend 3
  3 Blüten gelb oder orange 4
    4* Pappusborsten ungefiedert 5
      5. Stängel hohl 6
        6. Frucht flach, ungeschnäbelt .... *Sonchus oleraceus*
        6* Frucht lang geschnäblet .... *Taraxacum officinale* aggr.
      5* Stängel gefüllt, fest 7
        7 Pappus schneeweiss, biegsam 8
          8 Stängel blattlos, Blüten orange .... *Crepis aurea*
          8* Stängel beblättert, Blüten gelb .... *Crepis biennis*
        7* Pappus hellbeige, brüchig .... *Hieracium pilosella*
    4. Pappusborsten gefiedert .... *Leontodon helveticus*
  3* Blüten blau .... *Cichorium intybus*

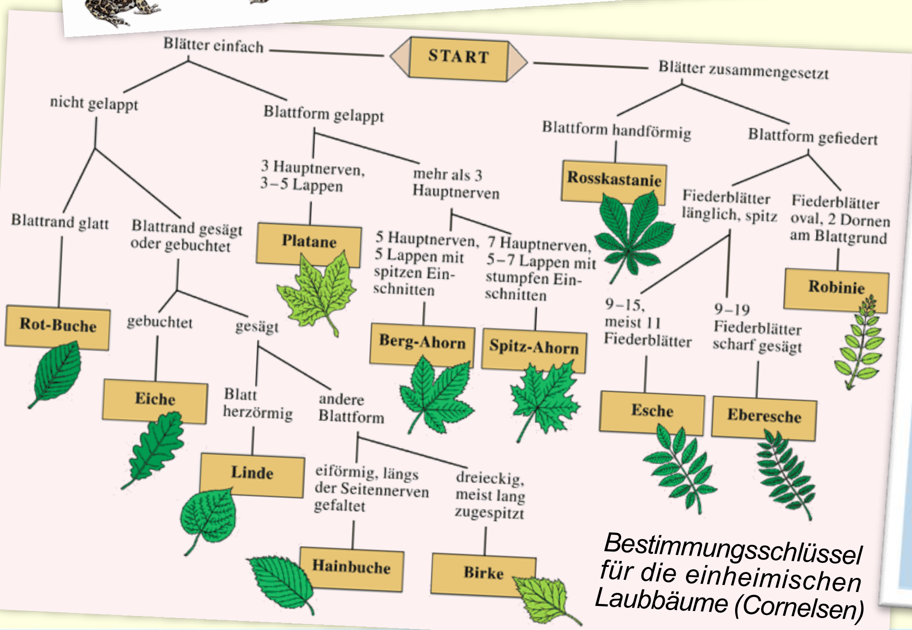
www.infoflora.ch/de/assets/content/documents/certifications/certiwiki_key_development_DE_20230414.pdf

Bestimmungsschlüssel für bayerische Frösche und Kröten (Bund Naturschutz in Bayern, 2002)



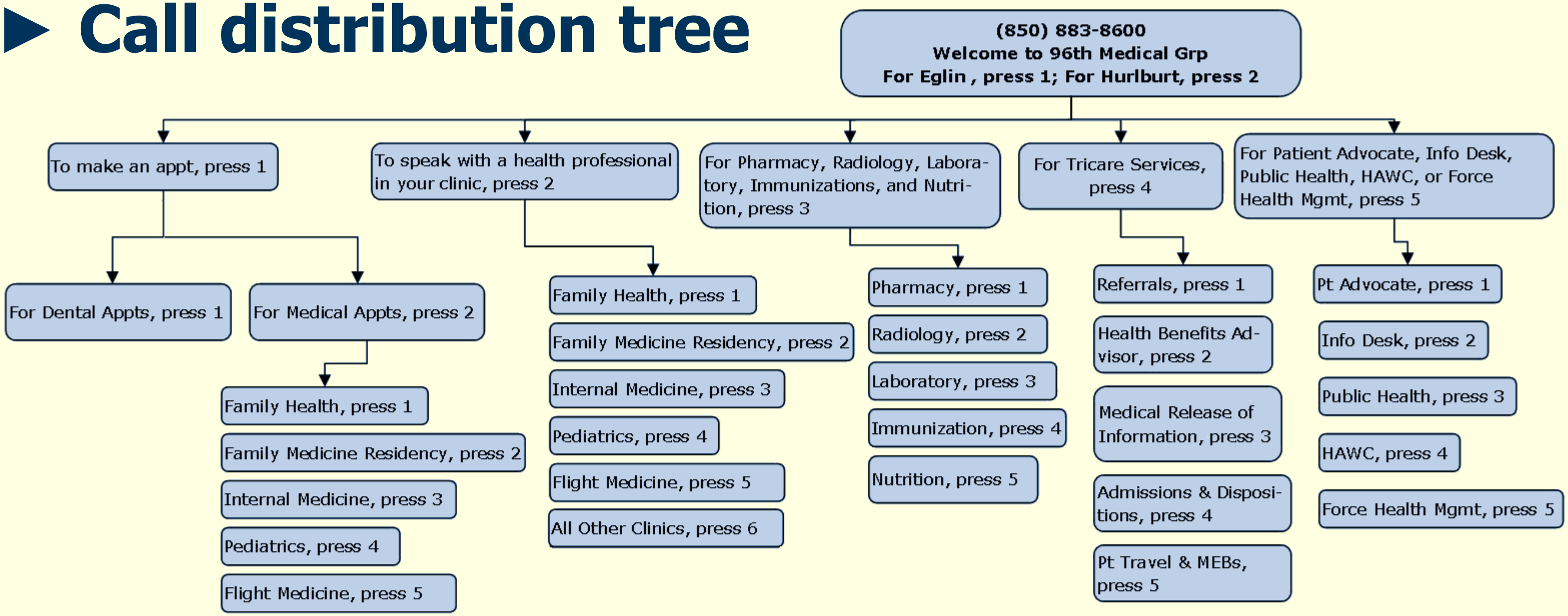
Rätselpfad zur Pilzbestimmung (Rita und Frank Lüder)





Bestimmungsschlüssel für die einheimischen Laubbäume (Cornelsen)

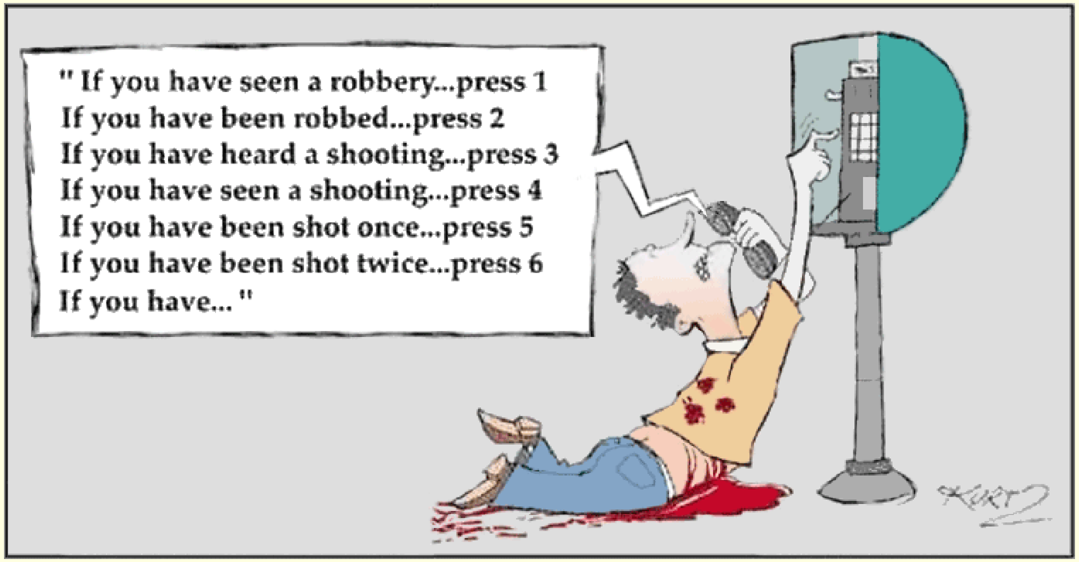
► Call distribution tree



https://media.defense.gov/2008/Feb/07/2000658222/-1/-1/0/080207-F-6367W-001.JPG

Die Eglin Air Force Base ist ein 1876 km² grosser Stützpunkt der United States Air Force im Nordwesten Floridas. Für die rund 15000 Beschäftigten plus Familienangehörige und Veteranen existiert auf der Base ein kleines Krankenhaus, betrieben von der „96th Medical Group“.

Für die ca. 500 Telefonanrufe wurde im Jahr 2008 ein Dispatch-System implementiert, das Anrufe zur gewünschten Untereinheit weitervermittelt.



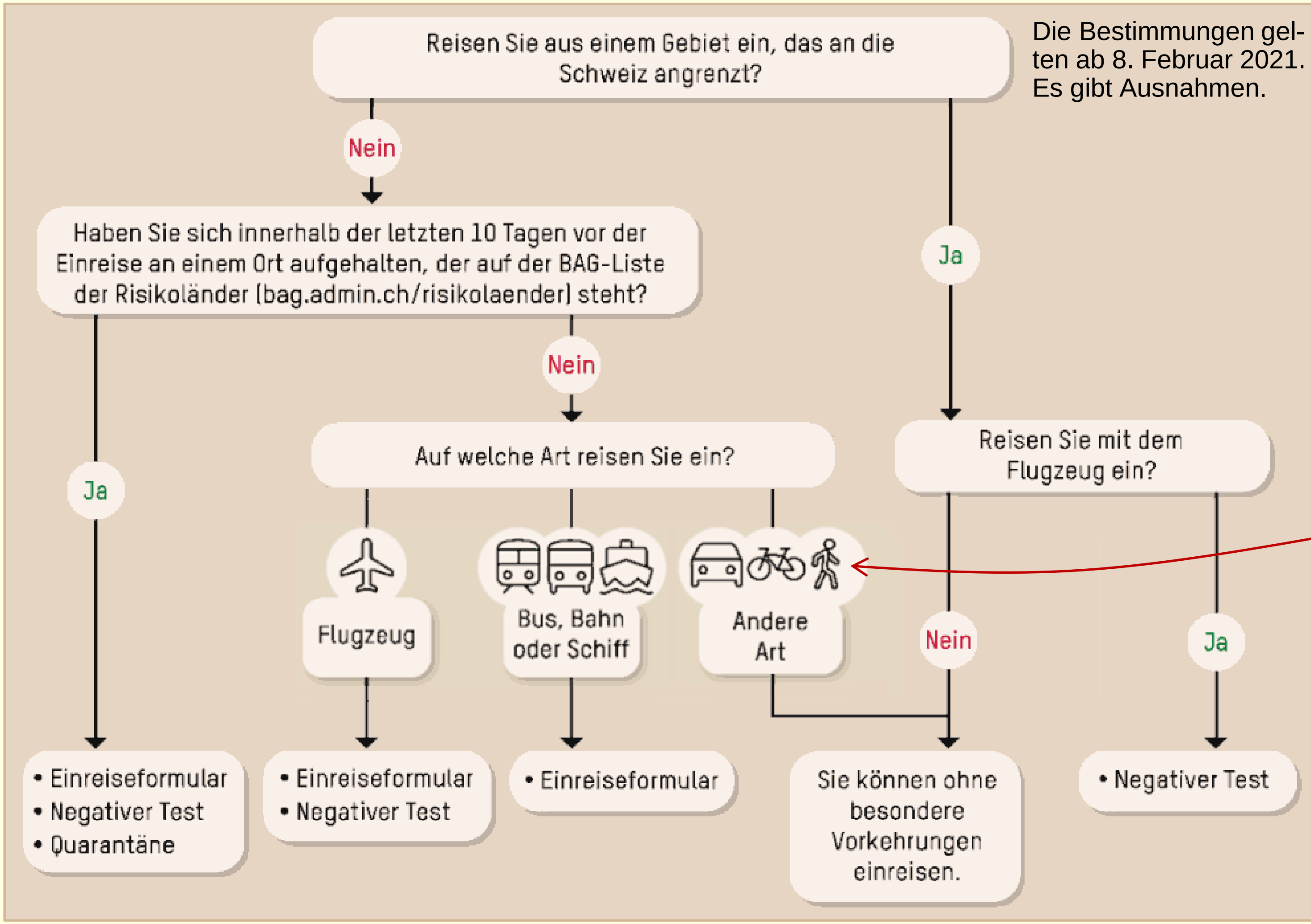
www.tanyapretorius.co.za/pics/funny%20pics/south%20african%20humor/

► Entscheidungsbaum

…für Einreisende in COVID-Zeiten

www.bag.admin.ch/bag/de/home/krankheiten/ausbrueche-epidemien-pandemien/aktuelle-ausbrueche-epidemien/novel-cov/empfehlungen-fuer-reisende/quarantaene-einreisende/_jcr_content/par/image/image.imagespooler.png/1612974145011/1024.2000/Regeln-Einreise_DE.png

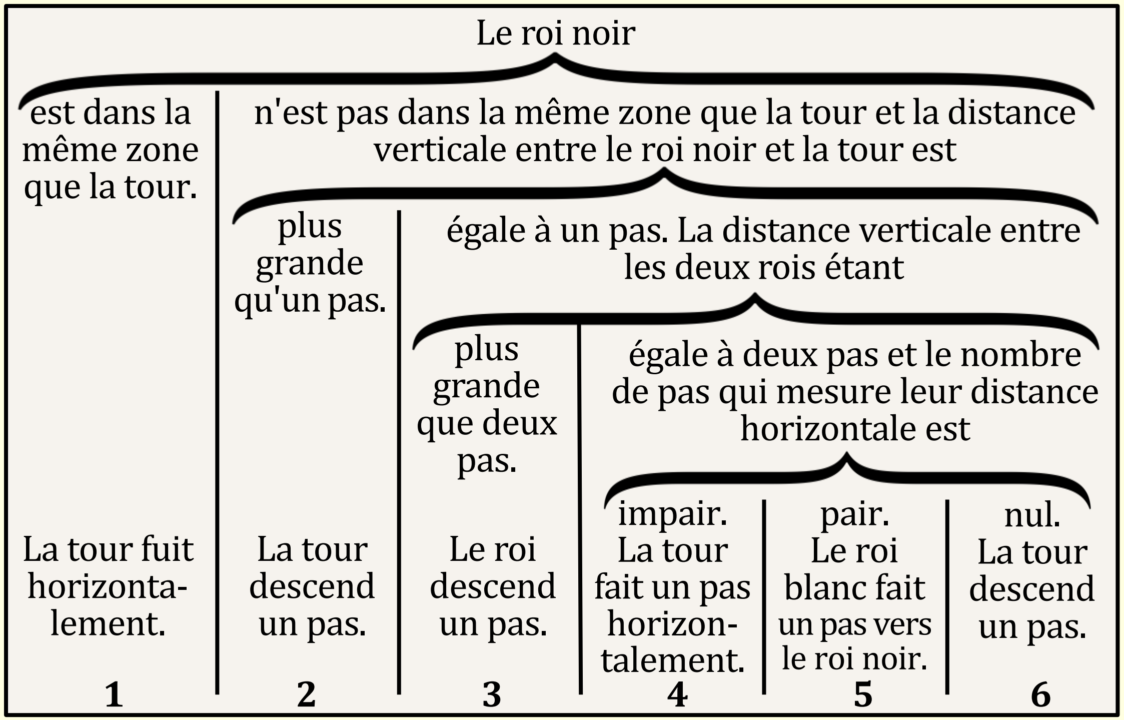
RFC7230: It is recommended that all HTTP senders and recipients support, at a minimum, request-line lengths of 8000 octets.



Per pedes aus einem Land einzureisen, das nicht an die Schweiz angrenzt, das ist tapfer!

(Von Schengen, Luxemburg, bis Kleinhüningen bei Basel marschiert man über 50 Stunden; gerechnet ohne Pause!)

Entscheidungsbaum beim elektromechanischen Schachautomaten von Torres Quevedo für das Endspiel Turm und König gegen König (1912)


Le roi noir

est dans la même zone que la tour. — La tour fuit horizontalement. **1**

n'est pas dans la même zone que la tour et la distance verticale entre le roi noir et la tour est

plus grande qu'un pas. — La tour descend un pas. **2**

égale à un pas. La distance verticale entre les deux rois étant

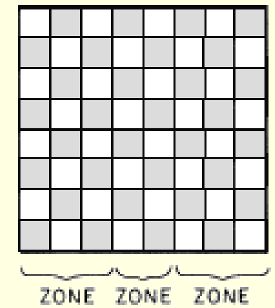
plus grande que deux pas. — Le roi descend un pas. **3**

égale à deux pas et le nombre de pas qui mesure leur distance horizontale est

impair. La tour fait un pas horizontalement. **4**

pair. Le roi blanc fait un pas vers le roi noir. **5**

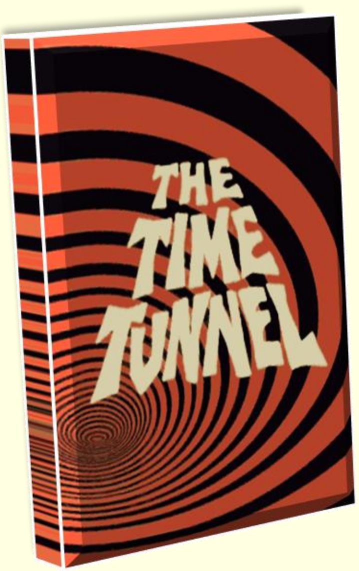
nul. La tour descend un pas. **6**

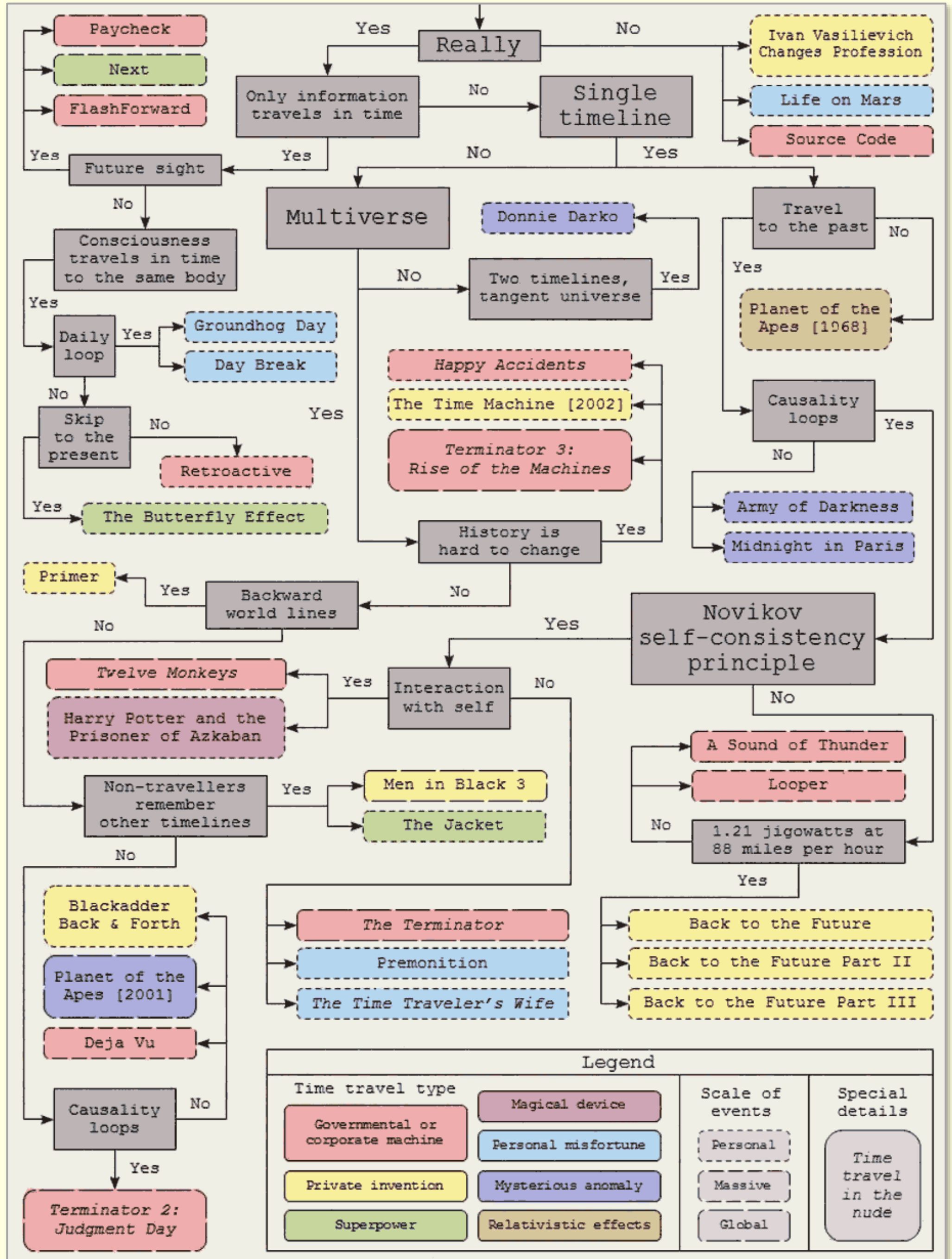


> Il faut, en outre, et c'est là pour M. Torrès le problème principal de l'automatique, que les automates soient capables de *discernement*; qu'ils puissent, à chaque moment, en tenant compte des impressions qu'ils reçoivent, ou même de celles qu'ils ont reçues auparavant, commander l'opération voulue.

Der Wissenschaftler Henri Vigneron beschreibt 1914 in einem Artikel der Zeitschrift „La Nature“ den Schachautomaten („merveille d’ingéniosité“) des spanischen Ingenieurs Torres Quevedo, der einer Einladung nach Paris gefolgt war, um einige seiner Geräte und Erfindungen an der Sorbonne auszustellen und vorzuführen. Er gibt den Entscheidungsbaum an als graphisch strukturierte Regeln, „que doit toujours suivre l‘automate et qui déterminent, dans chaque cas, les opérations qu‘il doit faire.“ Man kann den Entscheidungsbaum im algorithmischen Sinne aber auch als ein Flussdiagramm lesen. (Auf den Schachautomaten gehen wir später ein.)

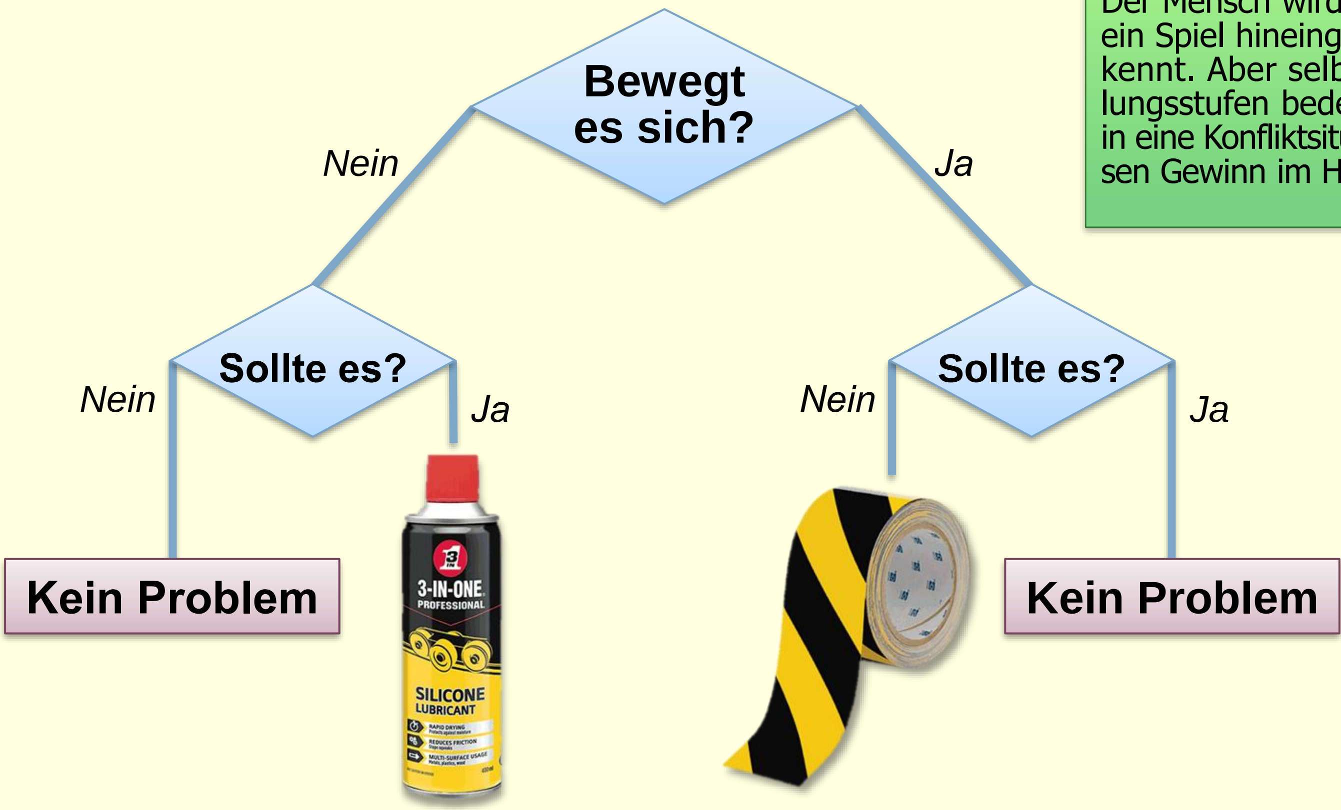
Entscheidungsbaum für Zeitreisende und Sciencefiction-Fans:
Time Travel in Movies



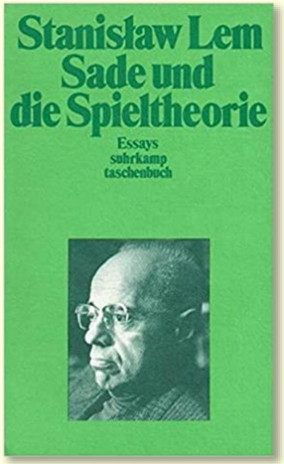


https://i.redd.it/d4j67bm20x751.jpg

Entscheidungsbaum
für Techniker



Der Mensch trifft, solange er lebt, im Denken wie im Handeln, ständig Entscheidungen. Diese Entscheidungen stützt er nie auf vollständige Erkenntnis des zu Entscheidenden. Wer aufgrund unvollständiger Informationen entscheiden muss, riskiert etwas. Das ist die typische Situation des Spiels. Der Mensch wird, wenn er auf die Welt kommt, in ein Spiel hineingeworfen, dessen Regeln er nicht kennt. Aber selbst auf den niedrigsten Entwicklungsstufen bedeutet das Leben die Verwicklung in eine Konfliktsituation und damit in ein Spiel, dessen Gewinn im Hinausschieben des Todes besteht.
– *Stanisław Lem*

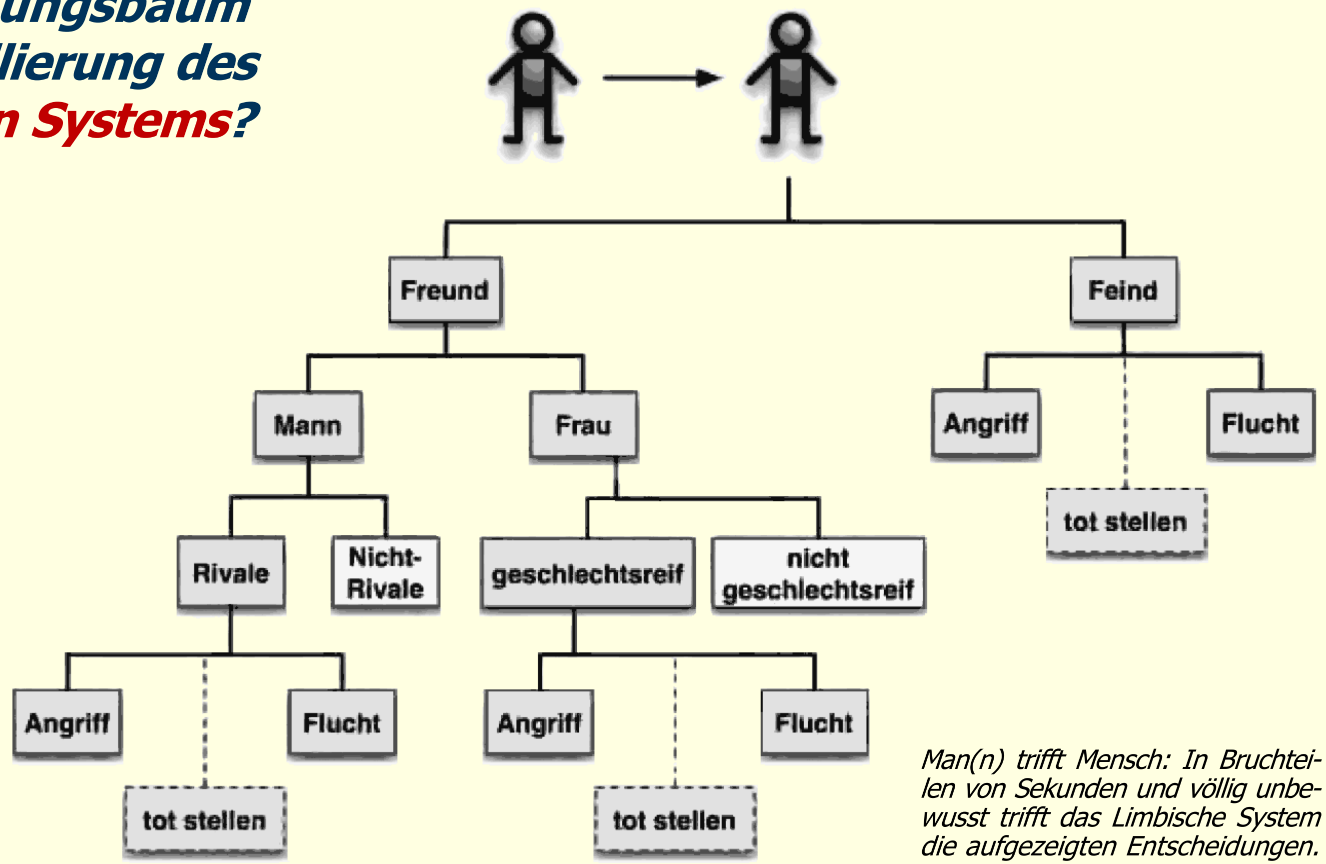


Die Art und Weise, in der eine Entscheidung getroffen wird, lässt sich an einem Entscheidungsbaum direkt ablesen. Daher sind die ihnen zugrundeliegenden „Modelle" auch für Fachfremde sofort verständlich.

Hingegen können die Support Vector Machines der KI komplexe Modelle liefern, insbesondere wenn die Anzahl der Dimensionen gross ist und nichtlineare Funktionen für die Trenngrenzen der Merkmale verwendet werden. Solche Modelle und ihre „Entscheidungen" lassen sich dann nicht einfach interpretieren, erklären oder verstehen.

…ein Spiel, dessen Gewinn im Hinausschieben des Todes besteht. – *Stanisław Lem*

Entscheidungsbaum zur Modellierung des limbischen Systems?



Man(n) trifft Mensch: In Bruchteilen von Sekunden und völlig unbewusst trifft das Limbische System die aufgezeigten Entscheidungen.

„Eine rein sachliche Entscheidung gibt es nicht. … Das limbische System trifft unbewusst und ohne dass wir dies beeinflussen können, im Bruchteil von Sekunden ständig überlebenswichtige Entscheidungen: Gut für uns oder schlecht für uns. … Have lunch or be lunch.“

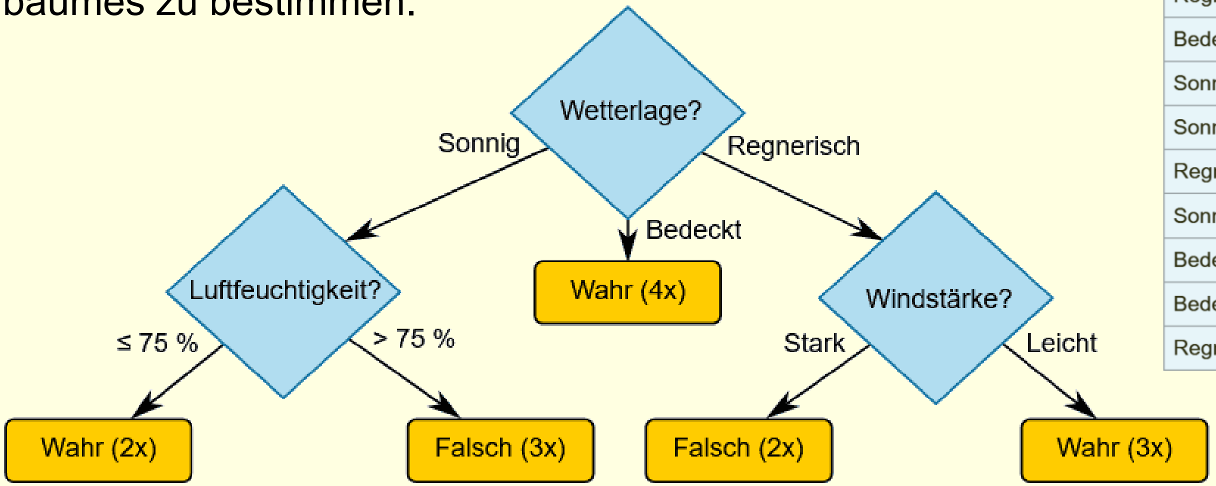
Anne M. Schüller: Erfolgreich verhandeln – erfolgreich verkaufen: wie Sie Menschen und Märkte gewinnen. BusinessVillage, Göttingen, 2009

► Sarah geht segeln – der C4.5-Algorithmus

Ein Entscheidungsbaumlerner

Beim maschinellen Lernen geht es darum, aus Trainingsdaten eine „Wissensstruktur“ aufzubauen, mit der (zukünftige) Datensätze klassifiziert werden können. Der C4.5-Algorithmus generiert dazu einen Entscheidungsbaum. Wikipedia erläutert: „Dabei wird die Berechnung der Entropie verwendet, um die Reihenfolge der Entscheidungsknoten und deren Abstand zum Wurzelknoten innerhalb des zu generierenden Entscheidungsbaumes zu bestimmen.“

Wetterlage	Temperatur in °C	Luftfeuchtigkeit in %	Windstärke	Sarah geht segeln
Sonnig	29	85	Leicht	Falsch
Sonnig	27	90	Stark	Falsch
Bedeckt	28	78	Leicht	Wahr
Regnerisch	21	96	Leicht	Wahr
Regnerisch	20	80	Leicht	Wahr
Regnerisch	18	70	Stark	Falsch
Bedeckt	17	65	Stark	Wahr
Sonnig	22	95	Leicht	Falsch
Sonnig	21	70	Leicht	Wahr
Regnerisch	24	80	Leicht	Wahr
Sonnig	24	70	Stark	Wahr
Bedeckt	22	90	Stark	Wahr
Bedeckt	27	75	Leicht	Wahr
Regnerisch	21	80	Stark	Falsch



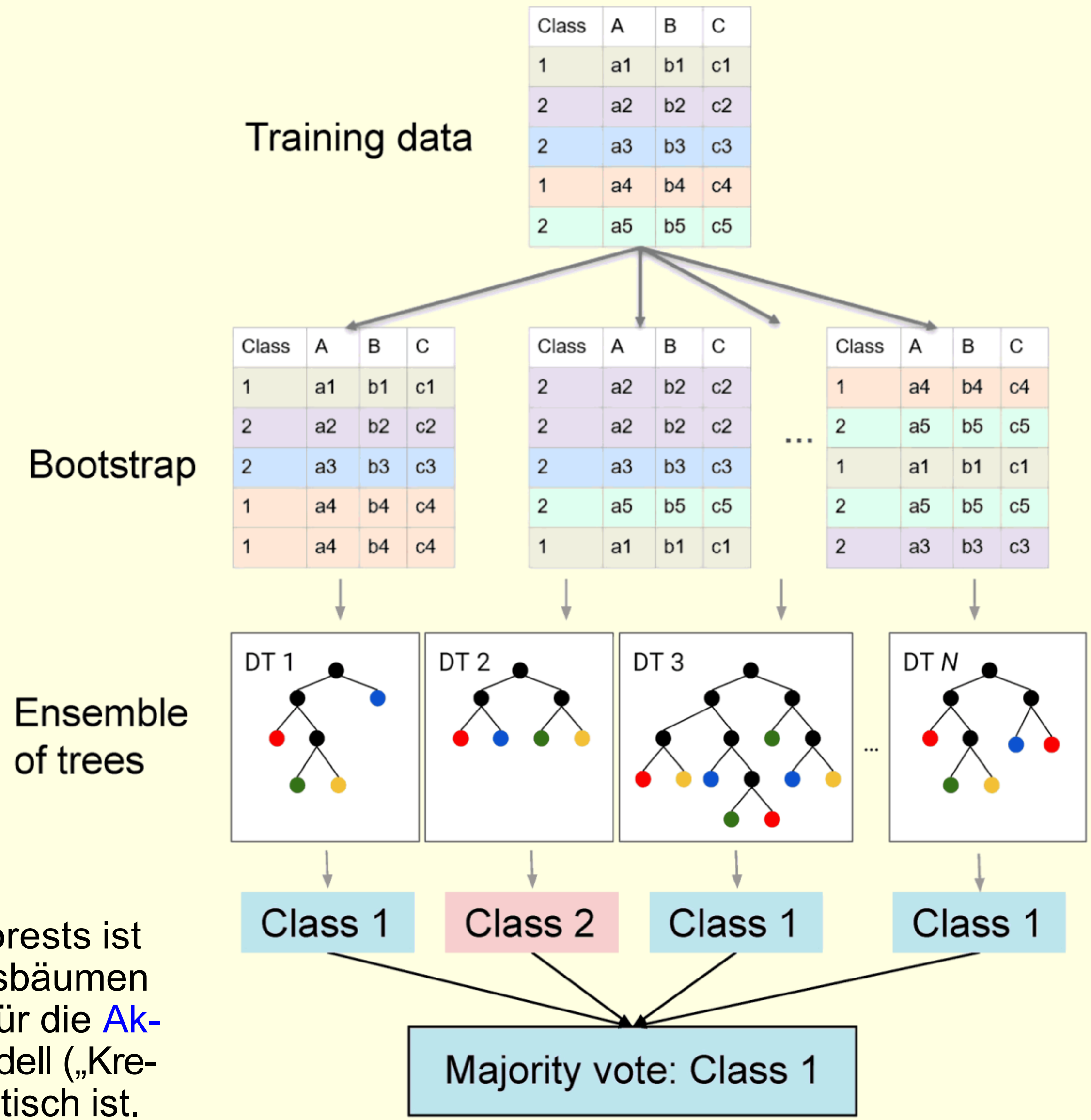
Beispiel: Sarah geht an einigen Tagen segeln, an anderen Tagen nicht. Ob sie an einem bestimmten Tag segeln geht, sei vorwiegend von den in der Tabelle aufgeführten Merkmalen abhängig. C4.5 generiert aus den gegebenen Trainingsdatensätzen von 14 zufälligen Beobachtungstagen obigen Entscheidungsbaum. Die Zahlen an den Blättern nennen die Anzahl der Trainingsdatensätze, die dem jeweiligen Pfad entsprechen. [https://de.wikipedia.org/wiki/C4.5#Beispiel] Lässt sich damit nun Sarahs Segelverhalten verlässlich vorhersagen? (Und ist das Merkmal „Temperatur“ irrelevant?)

► Random Forest

Ein Random Forest besteht aus einem Ensemble mehrerer Entscheidungsbäume. Davon ist während der Lernphase jeder in unkorrelierter Weise („randomisiert“) aus einer spezifischen Teilmenge der Trainingsdaten („Bootstrap“) gewachsen.

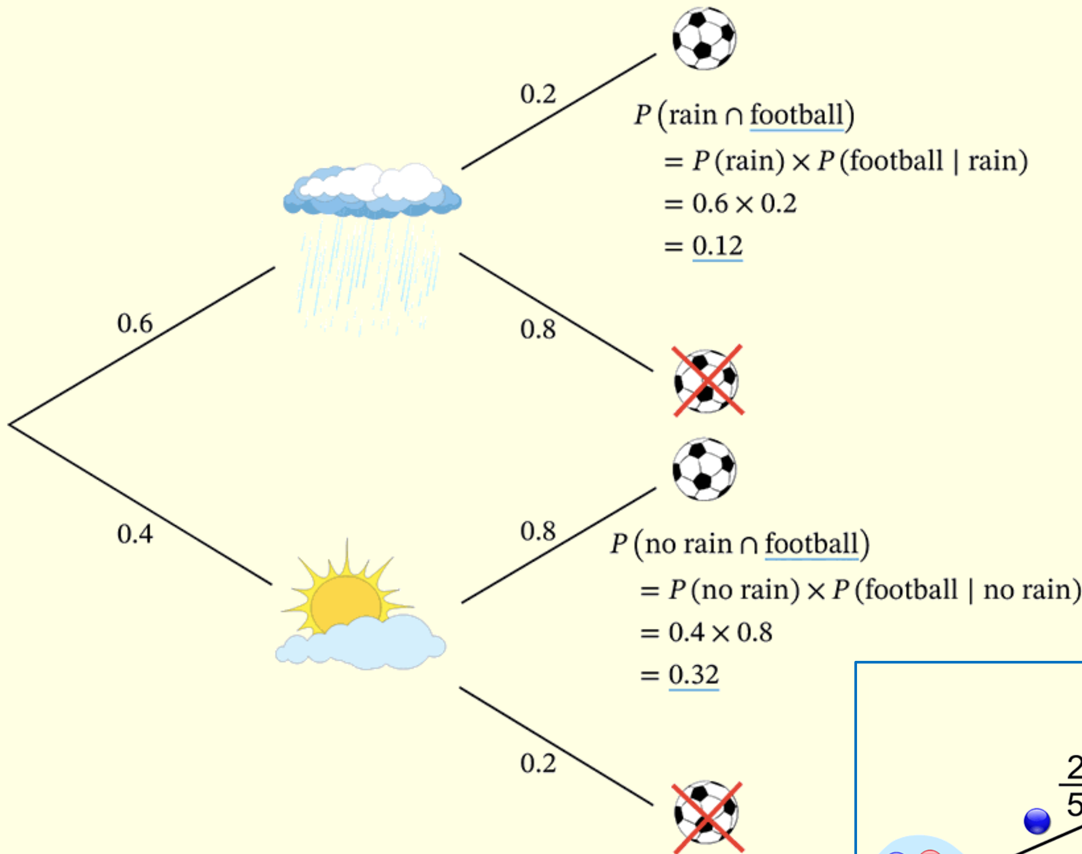
In der Nutzungsphase trifft für die Klassifikation eines Testlings jeder Baum des „Waldes“ eine eigene Entscheidung (unabhängig voneinander und dadurch parallelisierbar); das Ergebnis mit den meisten Stimmen bestimmt die finale Klassifikation – für einige Anwendungen kann auch ein Durchschnittswert der Einzelergebnisse sinnvoll sein.

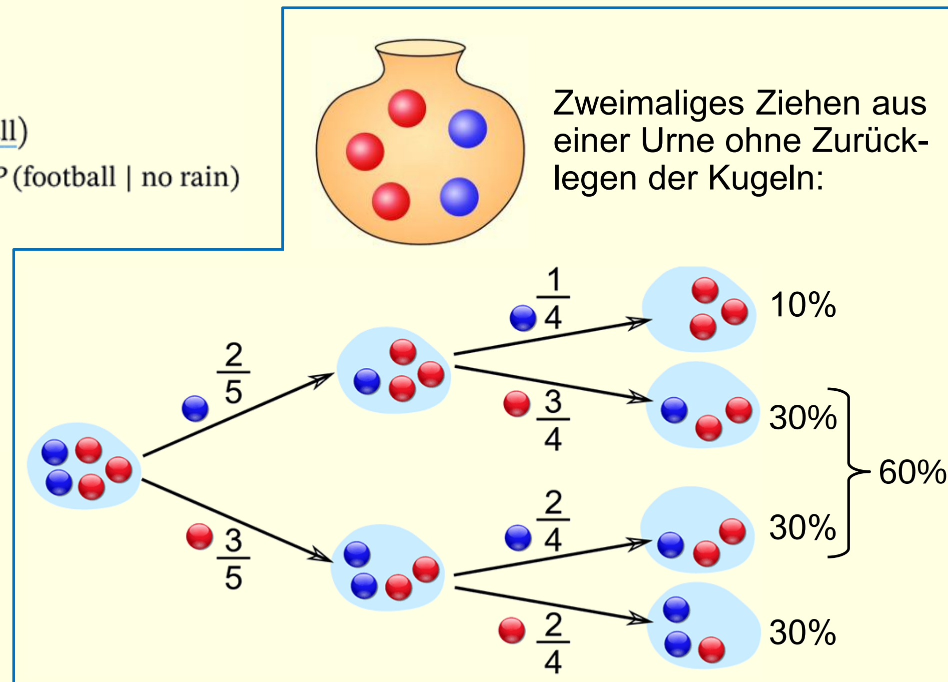
Die Entscheidung eines Random Forests ist gegenüber einfachen Entscheidungsbäumen schwieriger nachzuvollziehen, was für die Akzeptanz und das Vertrauen in das Modell („Kreditantrag abgelehnt!“) evtl. problematisch ist.



https://pages.cms.hu-berlin.de/EOL/geo_rs/fig/s09_rf-concept.png

► Wahrscheinlichkeitsbäume





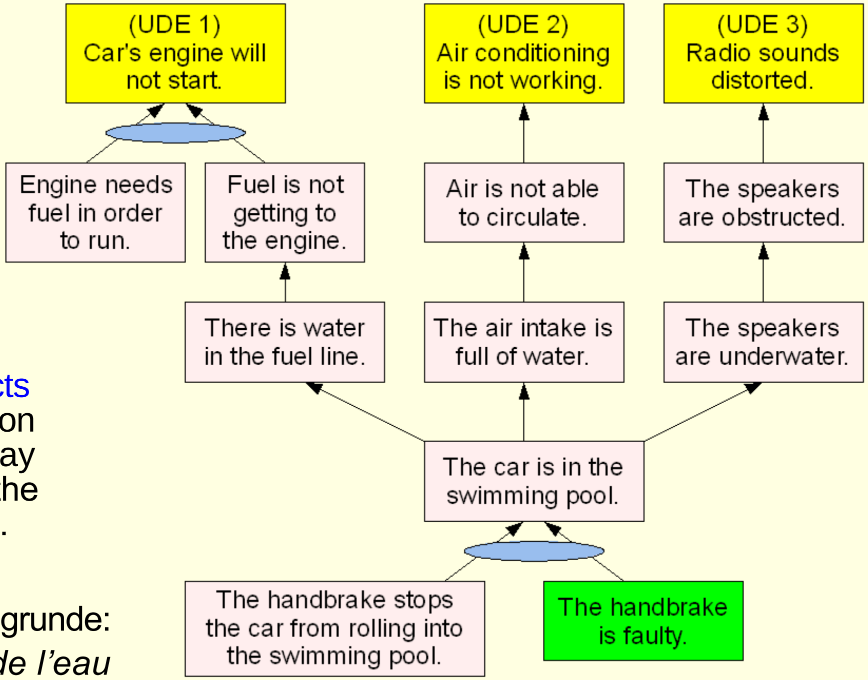
► Current reality tree – The car is in the swimming pool

Ein Current Reality Tree (CRT) (auch *Gegenwartsbaum*) behandelt mehrere Probleme in einem System als Symptome, die sich aus einer oder mehreren Grundursachen bzw. systemischen Kernproblemen ergeben. In einem visuellen Diagramm werden die wichtigsten wahrgenommenen Symptome (zusammen mit sekundären oder versteckten Symptomen, die zu den wahrgenommenen Symptomen führen) eines Problemszenarios und letztendlich die offensichtlichen Grundursachen oder Kernkonflikte beschrieben.

https://de.wikipedia.org/wiki/Current_Reality_Tree

A CRT begins with a list of problems, known as undesirable effects (UDEs). These are assumed to be symptoms of a deeper common cause. To take a somewhat frivolous example, a car owner may have the following UDEs: (1) the car's engine will not start (2) the air conditioning is not working (3) the radio sounds distorted…

https://en.wikipedia.org/wiki/Current_reality_tree_%28theory_of_constraints%29



Dem „somewhat frivolous example“ liegt ein Witz*) aus Abidjan zugrunde:

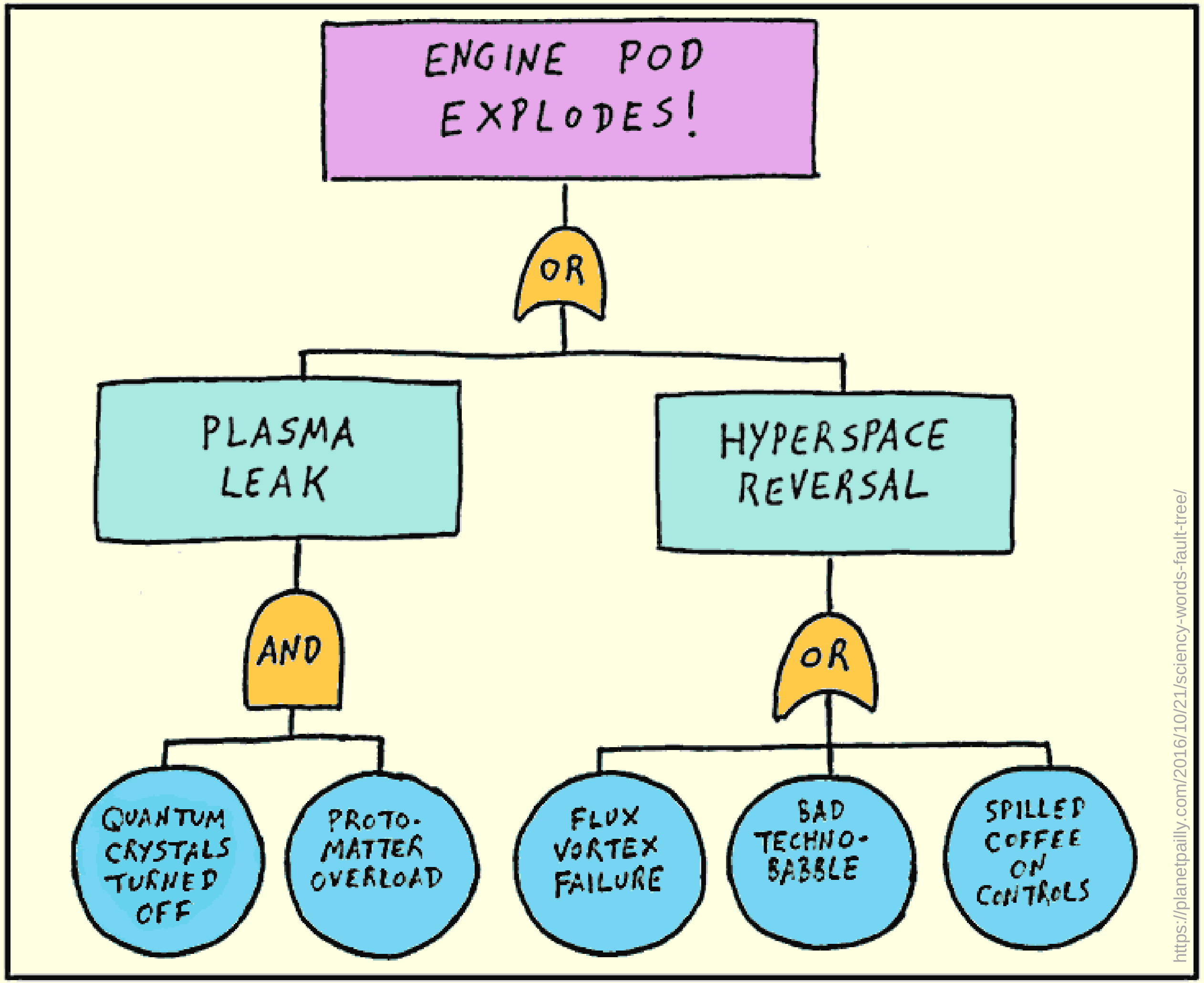
- *La voiture ne veut pas démarrer, dit Fanta à Yoro. Il y a de l'eau dans le carburateur.*
- *De l'eau dans le carburateur? Mais comment peux-tu savoir cela? Tu ne sais même pas ce que c'est qu'un carburateur!*
- *Je te répète, dit Fanta, qu'il y a de l'eau dans le carburateur. J'en suis absolument certaine.*
- *Ok, je vais aller voir ce que je peux faire. Alors, où est la voiture?*
- *Dans la piscine...*

Erzählt wird der Witz typischerweise auf Nouchi, einer auf dem Französischen beruhenden, aber von lokalen Dialekten angereicherten Kreolsprache der Elfenbeinküste.

---

*) Siehe https://afrolegends.com/tag/blague-africaine/ mit einer Anmerkung zu den Stereotypen: „Ça marche : chauvinisme & mécanique auto.“

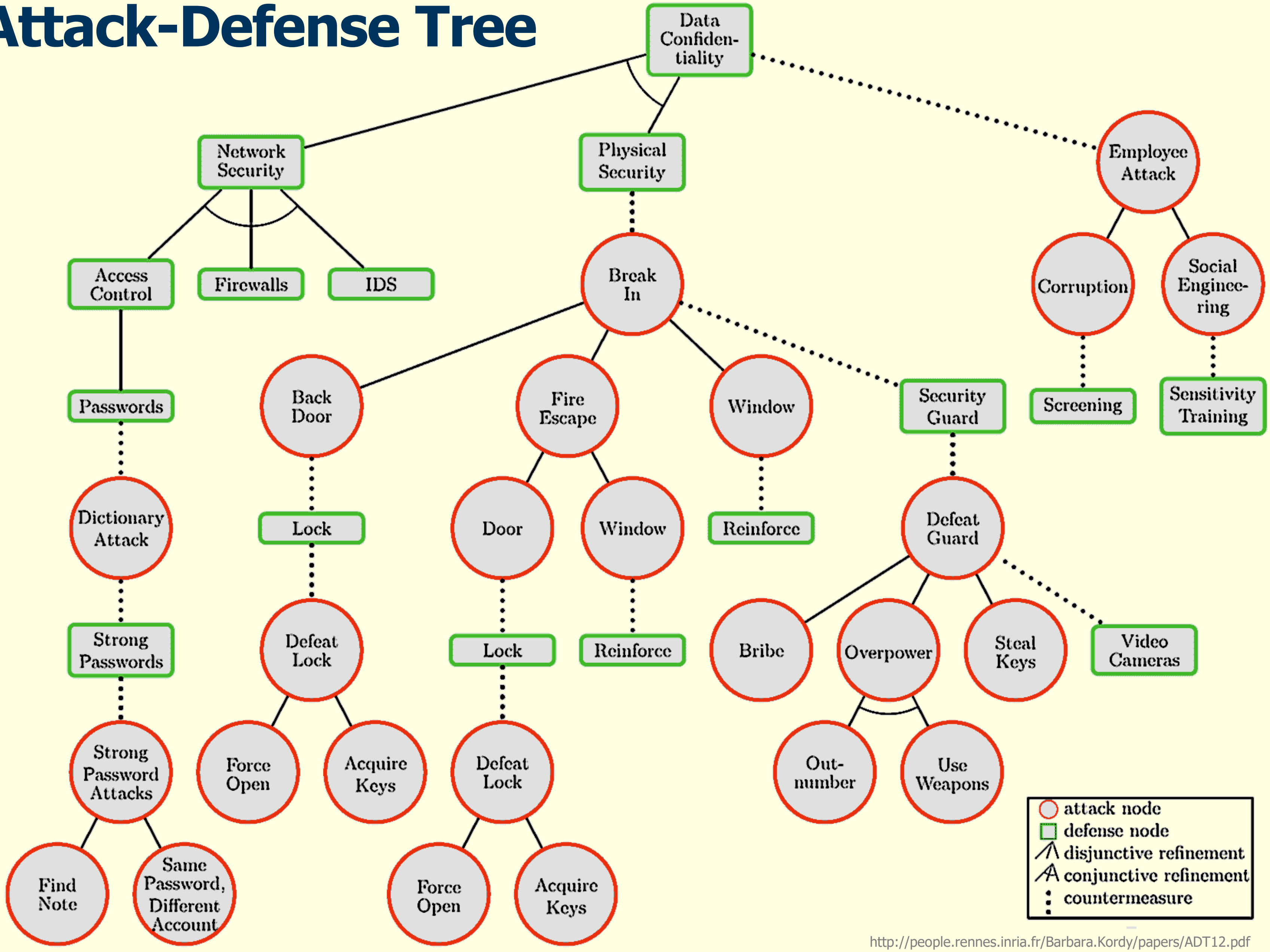
► Fehlerbaum



https://planetpailly.com/2016/10/21/sciency-words-fault-tree/

Ein Und-Oder-Baum!

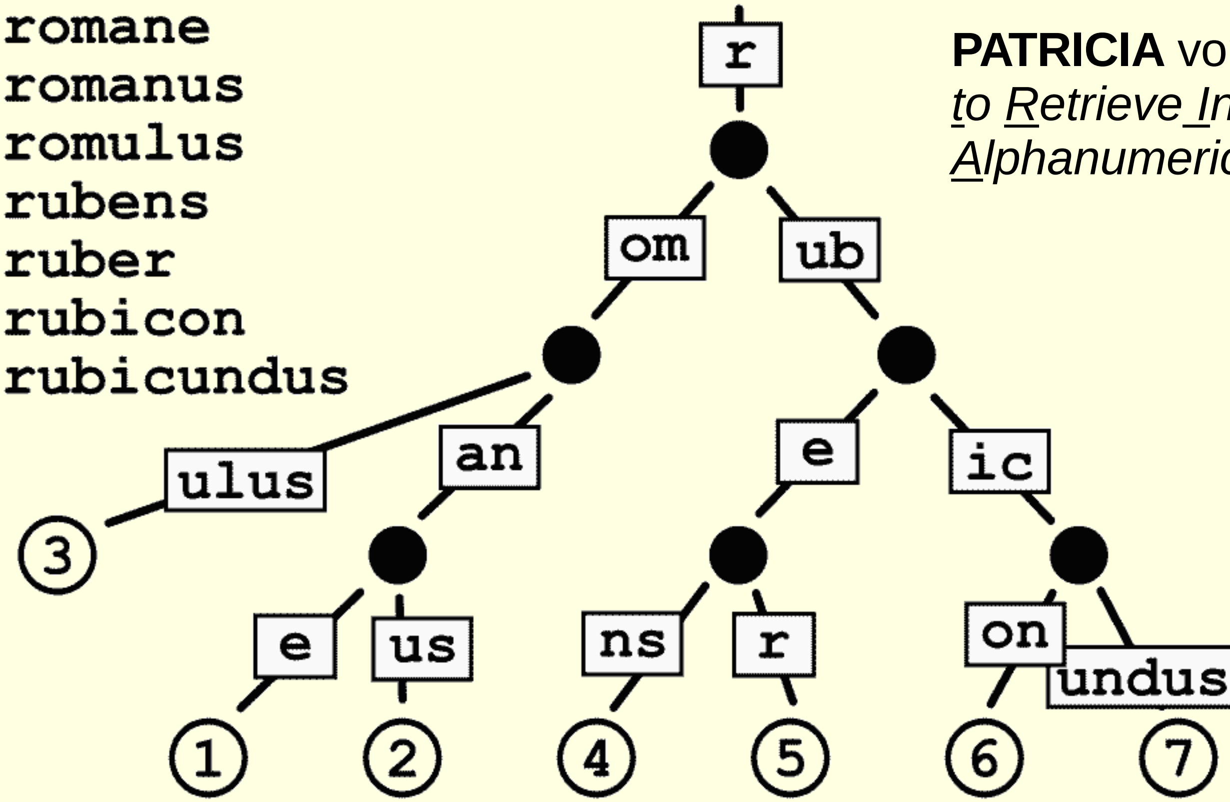
► Attack-Defense Tree



http://people.rennes.inria.fr/Barbara.Kordy/papers/ADT12.pdf

► Patricia-Trie

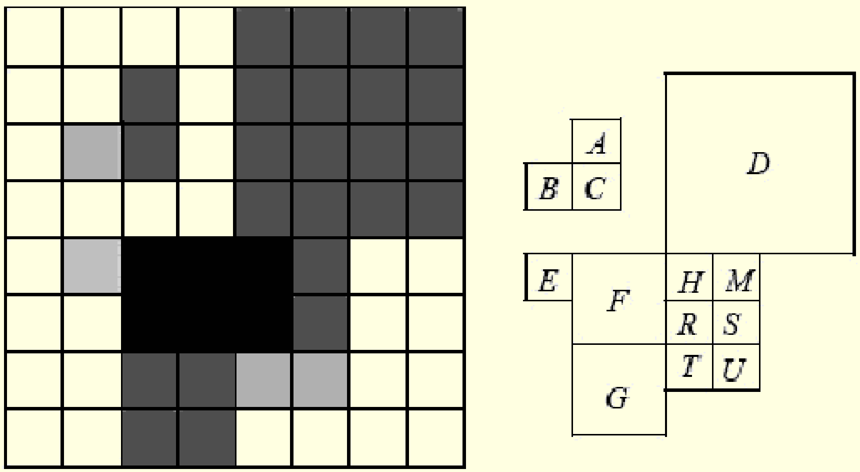
1 romane
2 romanus
3 romulus
4 rubens
5 ruber
6 rubicon
7 rubicundus



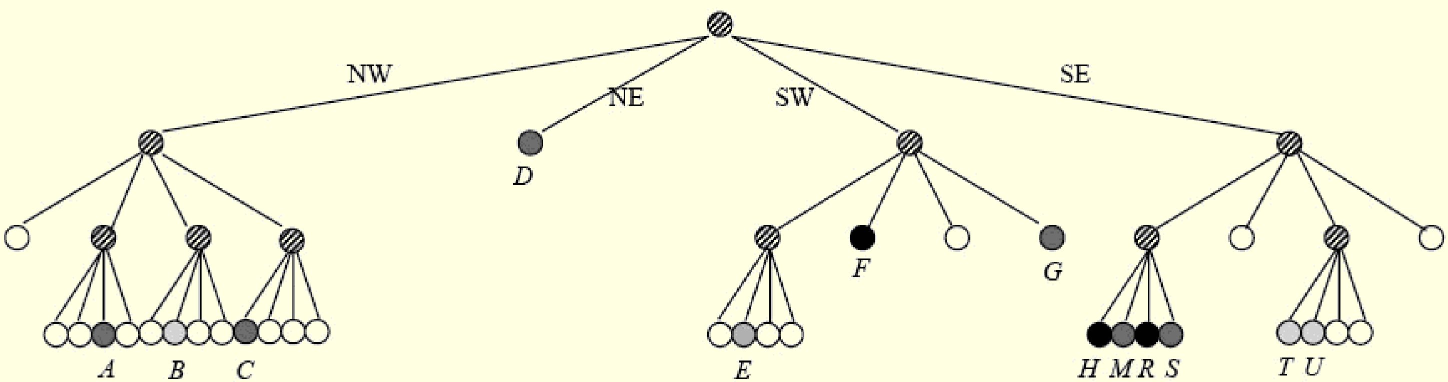
PATRICIA von *Practical Algorithm to Retrieve Information Coded in Alphanumeric;* **trie** von *Retrieval.*

Eine Datenstruktur zur gleichzeitigen Speicherung von mehreren Zeichenketten durch Herausfaktorisieren gemeinsamer Präfixe – eine Anwendung stellt z.B. die effiziente Repräsentation von IP-Adressen bei Internet-Routern dar.

► Quadtrees



Jeder innere Knoten hat vier direkte Nachfolger. In rekursiver Weise wird damit ein zweidimensionaler Raum bis zu einer gewissen Tiefe in je vier Quadranten unterteilt. Es können so z.B. variabel aufgelöste Bilder repräsentiert werden oder Daten zu Teilgebieten gespeichert werden (z.B. die Durchschnittstemperatur auf einer Karte), wo grösseren zusammenhängenden Teilgebieten der gleiche Wert zukommt.

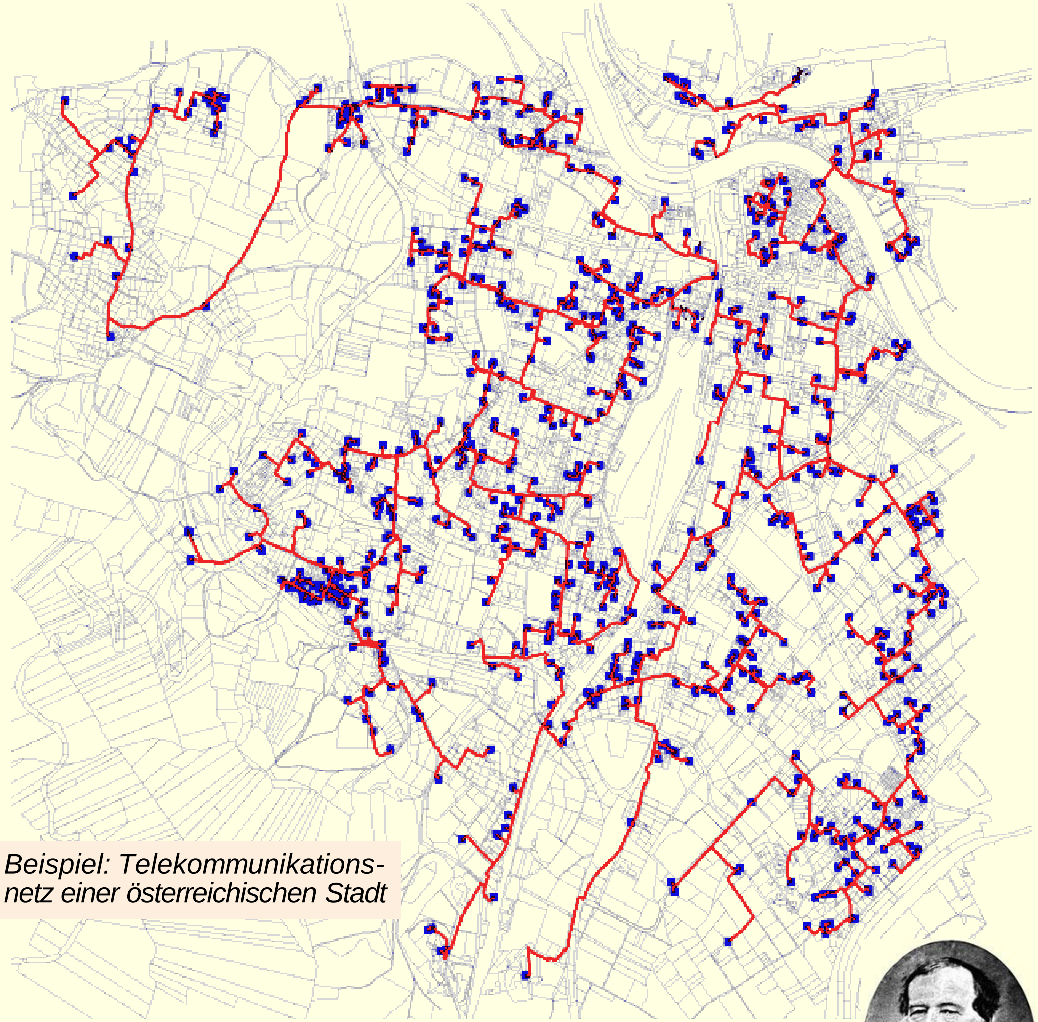


► Steinerbaum

Sei G = (V, E, T, c) ein zusammenhängender, ungerichteter Graph mit Knotenmenge V und einer endlichen Teilmenge T⊂ V, Terminals genannt, sowie einer Menge von Kanten E, die mit nicht-negativen Kosten c behaftet sind. Das Steinerbaum-Problem besteht darin, einen zusammenhängenden Teilgraphen G‘ von G zu finden, der alle Terminals verbindet und die Summe der Kantenkosten minimiert. G‘ ist zwangsweise ein Baum („Steinerbaum“).

Gelegentlich wird eine Variante betrachtet, bei der anstelle der Verwendung beliebiger Kantenkosten dann auf V eine (z.B. euklidische) Metrik definiert ist.

In Planungsanwendungen für Infrastrukturnetze entspricht G typischerweise einem Strassen- oder Leitungsnetz, wobei T die Standorte potenzieller Kunden und die restlichen V Knotenpunkte darstellen. Die Kantenkosten c modellieren die Kosten für die Verlegung eines Rohres oder Kabels auf dem entsprechenden Netzabschnitt.

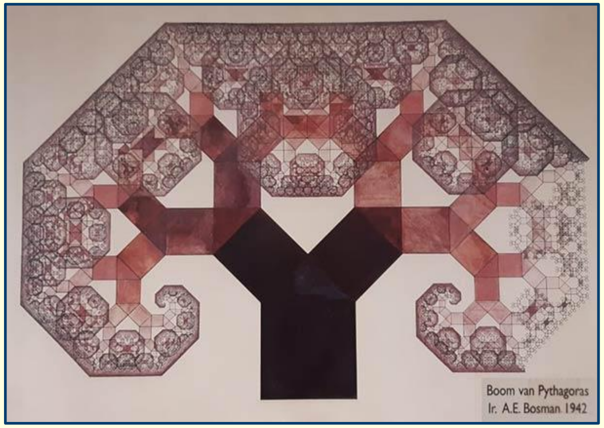


Beispiel: Telekommunikations-netz einer österreichischen Stadt

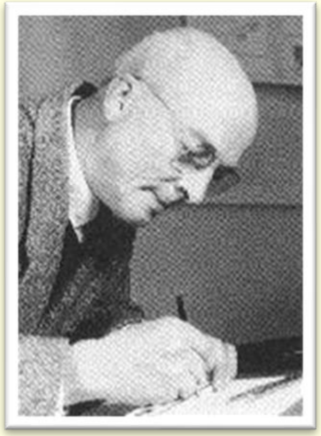
M. Leitner, I. Ljubic, M. Luipersbeck, M. Prossegger, M. Resch: New Real-world Instances for the Steiner Tree Problem in Graphs, https://homepage.univie.ac.at/ivana.ljubic/research/STP/

Jakob Steiner (1796 – 1863) war ein Schweizer Mathematiker. Er wuchs als jüngstes von acht Kindern auf dem elterlichen Bauernhof bei Utzenstorf im Emmental auf. Der Volksschulunterricht beschränkte sich in den ersten Jahren auf das Auswendiglernen des Kathechismus und des Gesangbuches; erst mit 14 Jahren lernte er lesen, das Rechnen brachte er sich beim Verkauf der Erzeugnisse des Bauernhofs auf dem Markt selbst bei. Mit 22 studierte er Mathematik in Heidelberg, danach in Berlin. Er arbeitete dort zunächst als Privatlehrer (u.a. unterrichtete er den Sohn von Wilhelm von Humboldt), denn „...ein Versuch, am Friedrich-Werderschen Gymnasium auf die Dauer unterzukommen, scheiterte an der Ungelenkigkeit des Schweizers im Verkehre mit dem ihm noch ungewohnten norddeutschen und spezifisch berlinerischen Elemente“ [C.F. Geiser, ETH-Mathematik-Professor und Steiners Grossneffe]. Später erreichte er allerdings eine Anstellung als Lehrer und veröffentlichte als Privatgelehrter zahlreiche Arbeiten über geometrische Probleme, bevor er im Alter von 38 als ausserordentlicher Professor einen für ihn geschaffenen Lehrstuhl für Geometrie an der Berliner Universität erhielt.

► Pythagoras-Bäume



Manuell am Zeichenbrett, ganz ohne Computer!



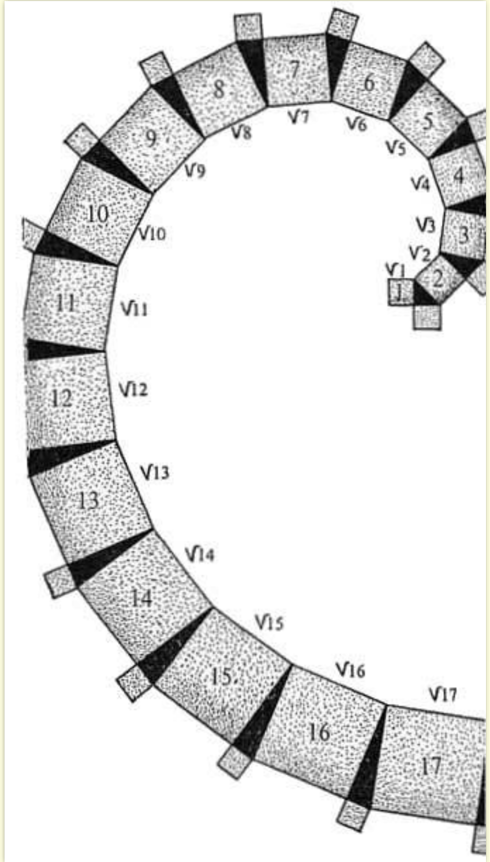
Pythagoras-Bäume wurden 1942 vom niederländischen Ingenieur und Mathematiklehrer Albert Ernst Bosman (1891 – 1961) entdeckt. Während des Zweiten Weltkriegs arbeitete Bosman als Elektroingenieur für die Firma AEG wohl eher widerwillig an der Entwicklung von U-Boot-Komponenten, nebenbei entwarf er am Zeichenbrett gerne mathematische Figuren. Eine seiner Figuren entstand dadurch, dass die Oberseite eines Quadrats als Hypotenuse eines rechtwinkligen Hilfsdreiecks verwendet wird, und dessen beiden Katheten wiederum die Grundlinie zweier neuer Quadrate bilden – und dieser Bildungsprozess dann iterativ fortgesetzt wird.

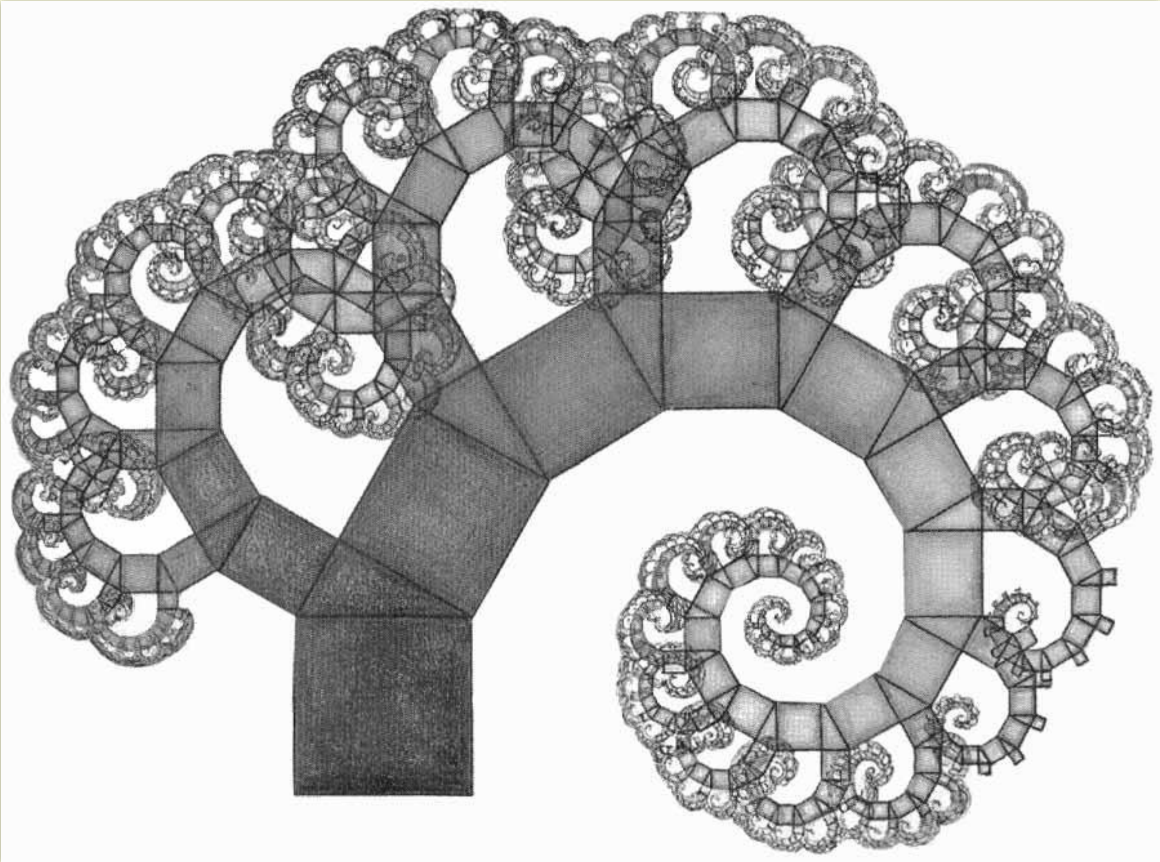
Der Flächeninhalt der beiden Quadrate, die bei einem Iterationsschritt zum Pythagoras-Baum hinzugefügt werden, sind nach dem Satz des Pythagoras zusammen gleich gross wie die Fläche des zugehörigen „Elternquadrats“. Hat das „Stammquadrat“ (also die Wurzel des Baums) die Seitenlänge s (und damit den Flächenwert s^2), dann kommen bei jedem weiteren Niveau eines vollständigen Baums daher zusätzliche Quadratflächen mit dem Gesamtwert s^2 hinzu; ein Pythagoras-Baum der Höhe h hat also eine Gesamtfläche von $h\,s^2$. Allerdings müssen sich die quadratischen Knoten bei grösseren Bäumen grösstenteils überlappen, denn insgesamt passt auch ein unendlich tiefer Baum (mit einer über alle Grenzen wachsenden Gesamtfläche) exakt in einen Rahmen der Grösse 6s x 4s, wie man leicht mittels Grenzwertbetrachtung elementarer Reihen zeigen kann.

Bosman war sich nicht bewusst, dass er ein Fraktal entdeckt hatte – Fraktale wurden erst Mitte der 1970er-Jahre durch Benoît Mandelbrot (1924 – 2010) prominent und als eigenständige mathematische Untersuchungsobjekte angesehen. Auch ging Bosman von symmetrischen Figuren mit gleichseitigen Hilfsdreiecken aus, man kann die Konstruktion jedoch auch auf (zueinander kongruente) ungleichseitige rechtwinklige Dreiecke (im Thaleskreis über der Quadratseite) verallgemeinern.

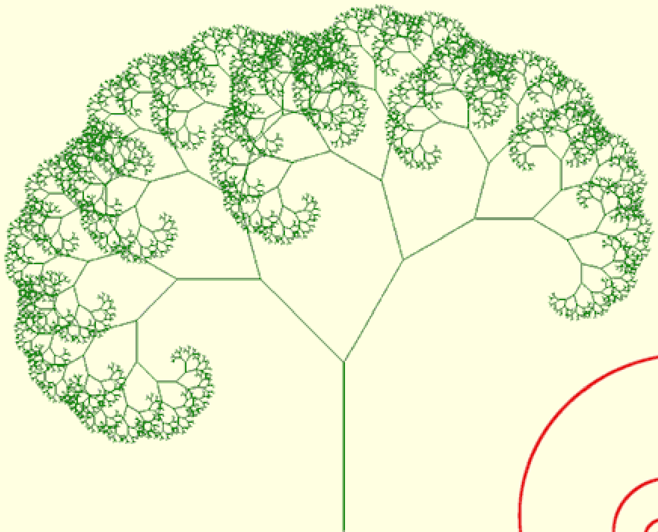
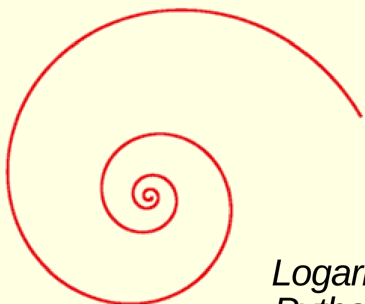
Ein Kuriosum am Rande: 1941 zog in der holländischen Gemeinde Baarn M. C. Escher in das Haus gegenüber auf der anderen Strassenseite von Bosman, die beiden wurden enge Freunde.

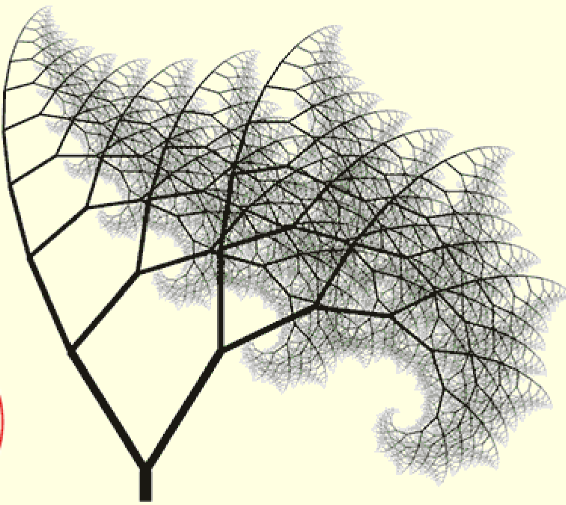
1957 veröffentlicht Bosman ein Buch „Het wondere onderzoekingsveld der vlakke meetkunde“ („Das wundersame Forschungsgebiet der ebenen Geometrie“); darin geht er auch auf Pythagoras-Bäume ein. Er erläutert die Konstruktion und scheint dabei noch immer begeistert: „Die Anzahl der Quadrate wächst, bis die wundervolle Struktur des pythagoräischen Baums mit scharfen Begrenzungslinien und feiner Spitzenstruktur entsteht.“



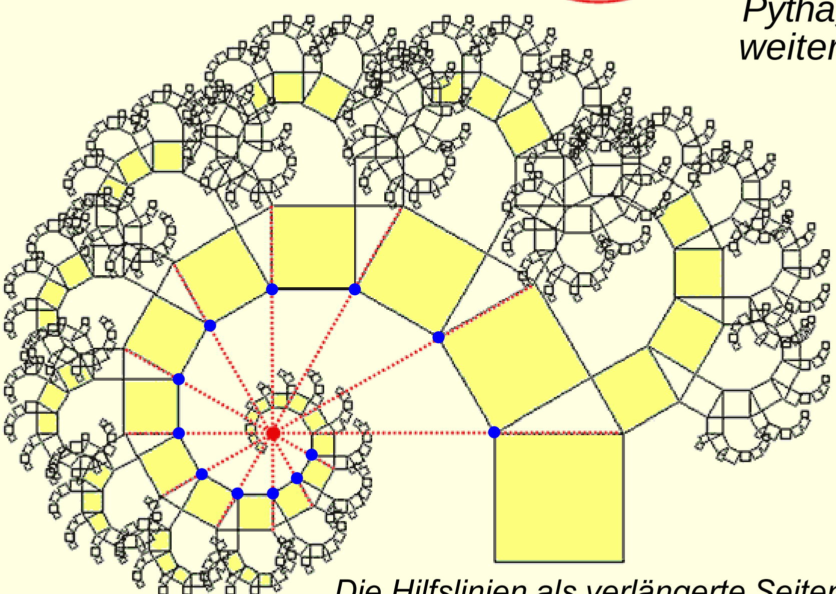
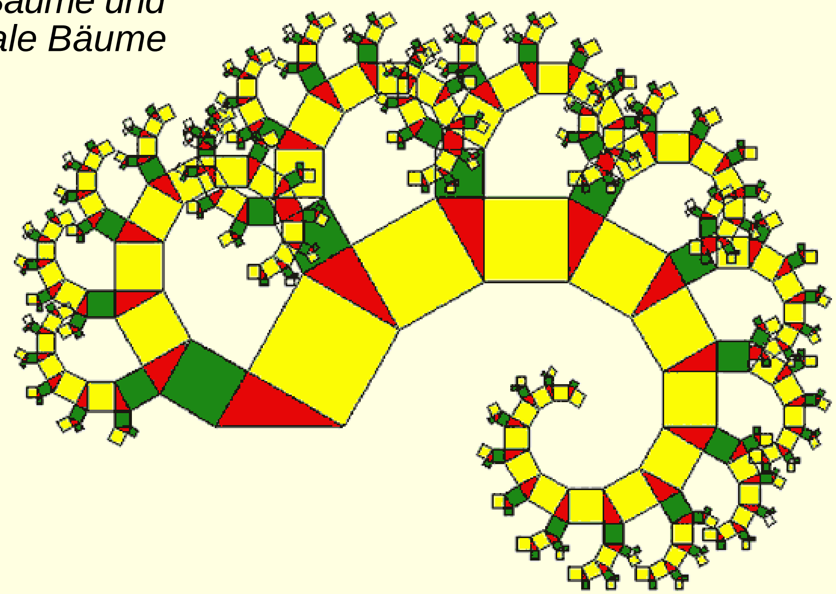


Er meint, es habe ihn überrascht, wie anders und auf eigene Weise ästhetisch der „einseitig gekrümmte“ Baum aussieht, der bei einem nicht gleichschenkligen rechteckigen Dreieck entsteht; er konstruiert dazu den Baum, der bei einem Ausgangsdreieck mit spitzen Winkeln von 30 und 60 Grad entsteht. Die gemeinsamen Eckpunkte einer Folge aneinanderstossender Quadrate, die sich in die gleiche Richtung krümmen, liegen auf einer logarithmischen Spirale – davon findet man viele in einem Pythagoras-Baum.

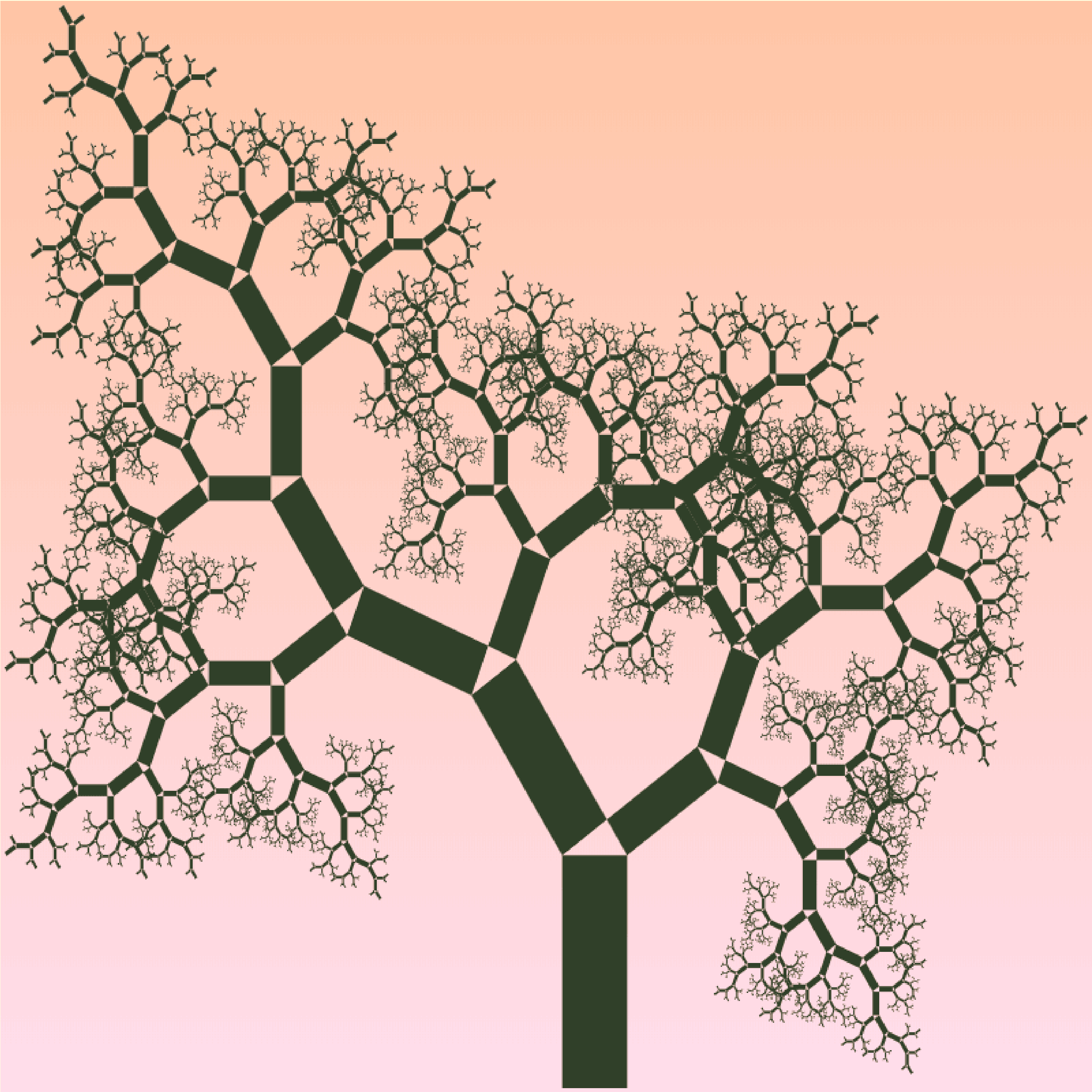





*Logarithmische Spiralen,
Pythagoras-Bäume und
weitere fraktale Bäume*

*Die Hilfslinien als verlängerte Seiten der
Quadrate treffen sich am Pol der Spirale*



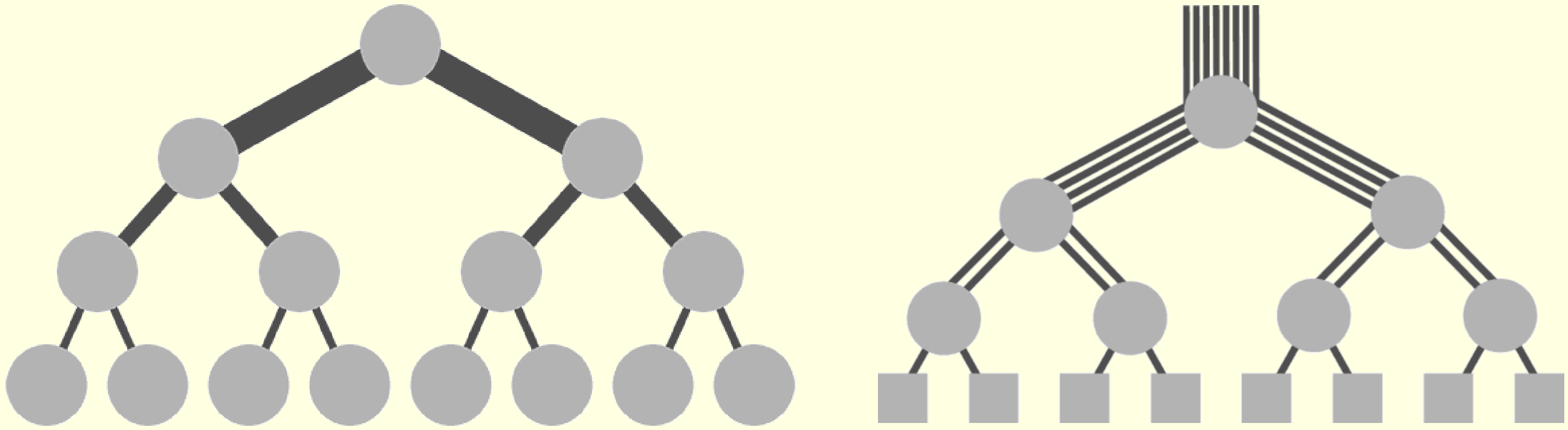
Realistic Pythagorean Tree

“A tree that looks very realistic, like you see in nature. This is achieved by selecting the semi-coniferous tree type option (where alpha and beta angles swap every two levels), setting the alpha angle to 34 degrees (beta is automatically set to 56 degrees), and using a non-square base rectangle. The height of each rectangle is 3 times greater than its width. This aspect ratio makes this Pythagoras tree look very realistic and all branches bend very smoothly. We also chose to draw 14 iterative levels.”

https://onlinetools.com/math/generate-pythagoras-tree

Was ist Stamm und was ist Blatt? Ist es evtl. eher ein Busch als ein Baum? Oder vielleicht doch ein Laubbaum im Winter?

► Fat Tree



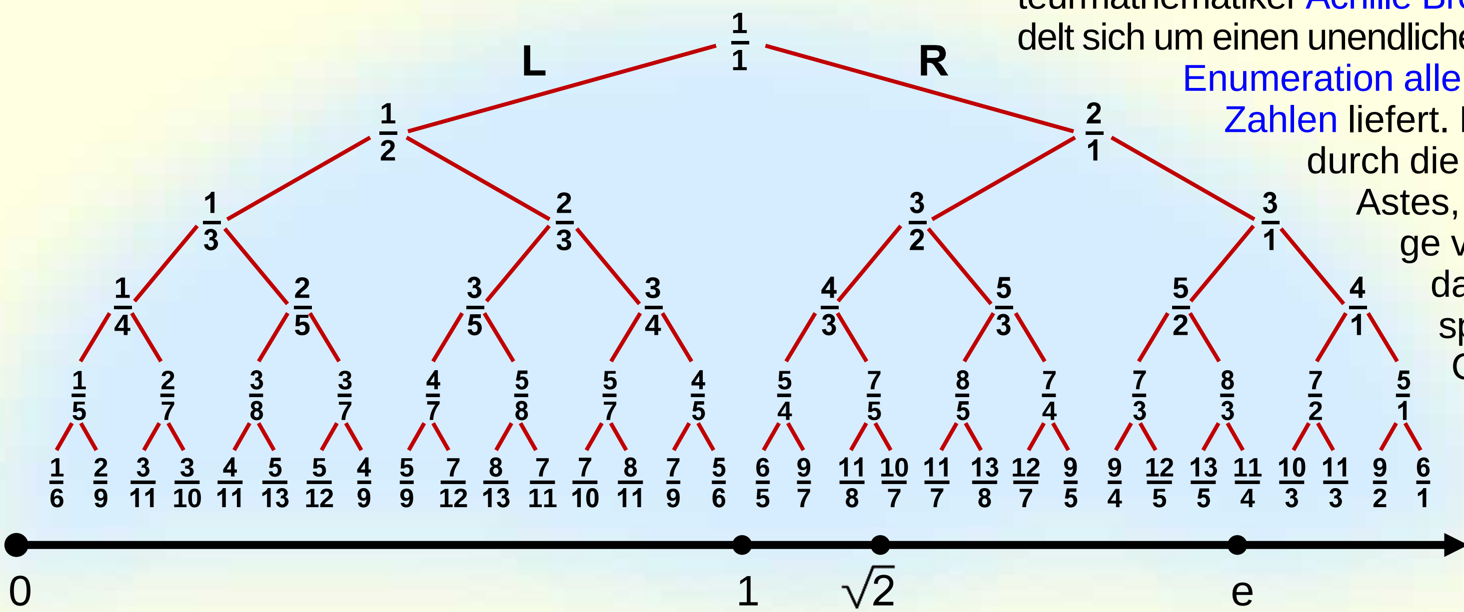
Ein Fat Tree ist eine Struktur für hierarchisch strukturierte Datenkommunikationsnetze, die logisch einen Binärbaum darstellt. Fat Trees werden vor allem in einigen Supercomputer-Modellen zur Verbindung der vielen autonomen Rechen- und Dateneinheiten eingesetzt. Da viele Kommunikationsvorgänge zwischen zwei Knoten im Baum über die Wurzel oder Knoten nahe der Wurzel verlaufen und daher dort insgesamt ein hohes Kommunikationsaufkommen herrscht, haben die Leitungen nahe der Wurzel eine höhere Bandbreite als die weiter unten befindlichen Leitungen. Letztere können mit einfacheren und preiswerteren Netzkomponenten (wie Switches) realisiert werden als die wenigen Hochleistungsverbindungen nahe der Wurzel.

Moritz Sterns Sohn Alfred war von 1887 bis 1928
Professor an der ETH Zürich und ein Freund Einsteins

► Stern-Brocot-Baum

Moritz Stern
1807 – 1894

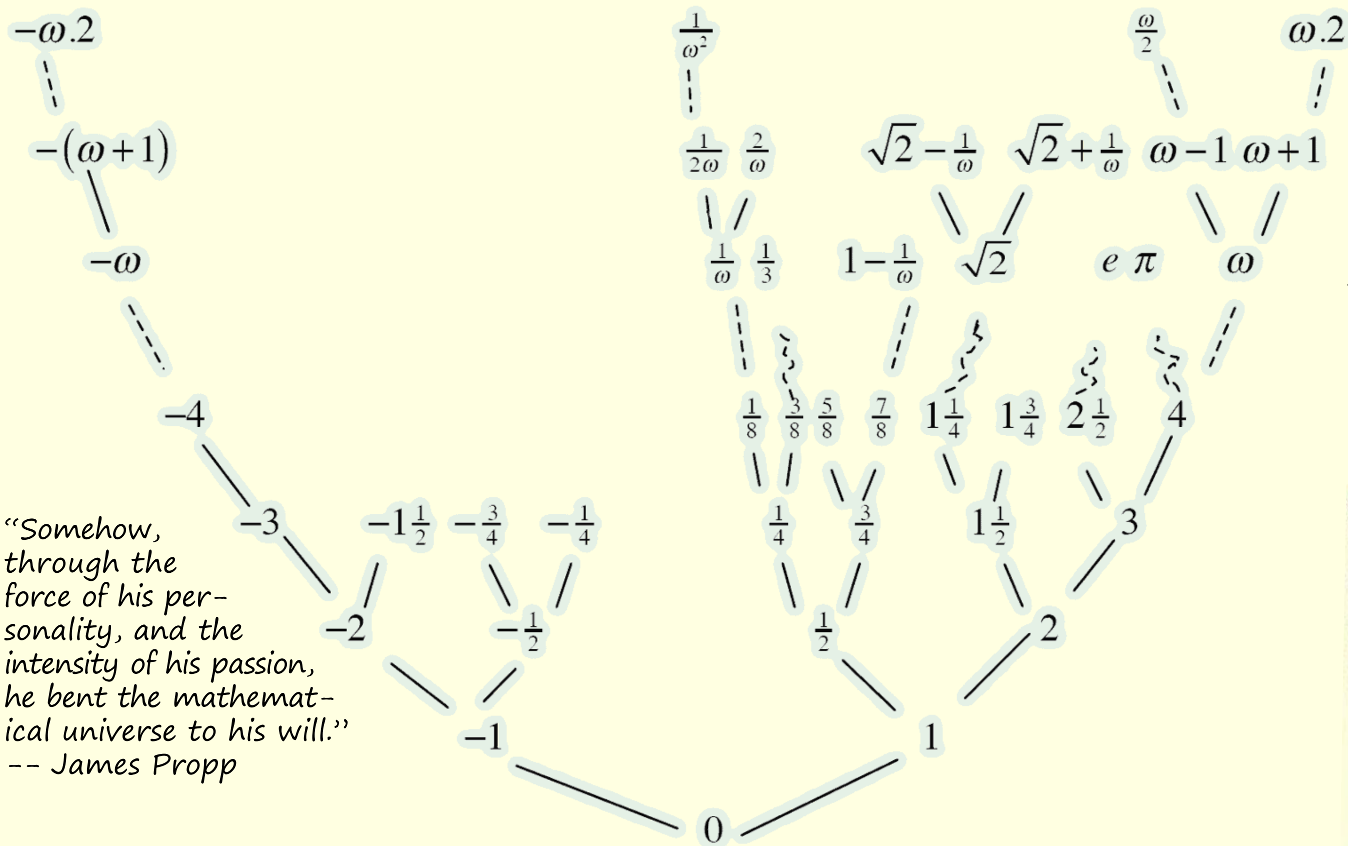
Der Stern-Brocot-Baum wurde unabhängig 1858 vom deutschen Mathematiker Moritz Abraham Stern und 1860 vom französischen Uhrmacher und Amateurmathematiker Achille Brocot entdeckt. Es handelt sich um einen unendlichen Binärbaum, der eine Enumeration aller positiven rationalen Zahlen liefert. Dabei kann jede Zahl durch die Binärcodierung ihres Astes, also als endliche Folge von Zeichen aus {L,R}, dargestellt werden. Beispielsweise hat 5/12 die Codierung LLRRL.



Wird der Baum in kanonischer Weise als Graph gezeichnet, so wird der linke (bzw. rechte) Unterbaum zu einem Knoten ganz links (bzw. rechts) des Wurzelknotens angeordnet. Ein Knoten repräsentiert dann die Zahl (m+m')/(n+n'), wenn der (geometrisch in Links-/Rechts-Richtung) naheliegendste Vorgänger links die Zahl (m/n) repräsentiert, und derjenige rechts die Zahl (m'/n'). Beispiel: 7/11 entsteht so aus 5/8 und 2/3.

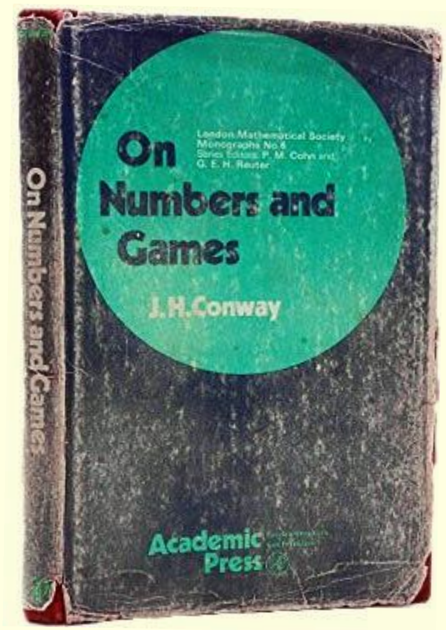
Der Stern-Brocot-Baum spielt bei der Realisierung der exakten Arithmetik eine Rolle: „Exact arithmetic is an approach to the problem of dealing with round-off errors and building more reliable and versatile programming tools for computation with rational and real numbers. According to this approach, real numbers are represented as an infinite stream over a finite or infinite alphabet and the computation over them is done in a lazy manner (also called: on-line, call-by-need, etc.): in order to compute a function on a real number, we start absorbing the first element of the stream representing the real number. At each step we output an element of the output stream or we may need more information about the input, in which case we absorb the next element of the input stream.“ [Milad Niqui: Exact arithmetic on the Stern–Brocot tree. J. Discr. Algo., 5.2 (2007): 356-379.]

Conways Baum surrealer Zahlen



John H. Conway is perhaps the world's most lovable egomaniac. He is Archimedes, Mick Jagger, Salvador Dalí, and Richard Feynman, all rolled into one.
-- The Guardian

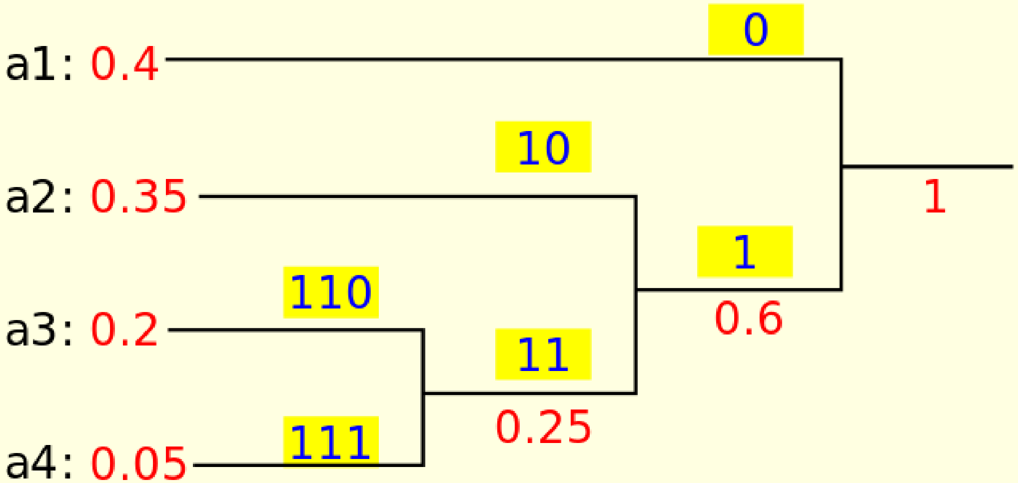
"Somehow, through the force of his per-sonality, and the intensity of his passion, he bent the mathemat-ical universe to his will."
-- James Propp



John H. Conway (1937 – 2020) erfand u.a. die zellulären Automaten, die surrealen Zahlen sowie das Game of Life (ein „no-player never-ending game“). Er hielt zahlreiche populäre Vorträge, galt als virtuoser, begeis-ternder Redner, sein Charisma wurde bewundert und verehrt. Im April 2020 verlor J. H. Conway sein game of life gegen das COVID-19-Virus.

► Huffman-Codebaum

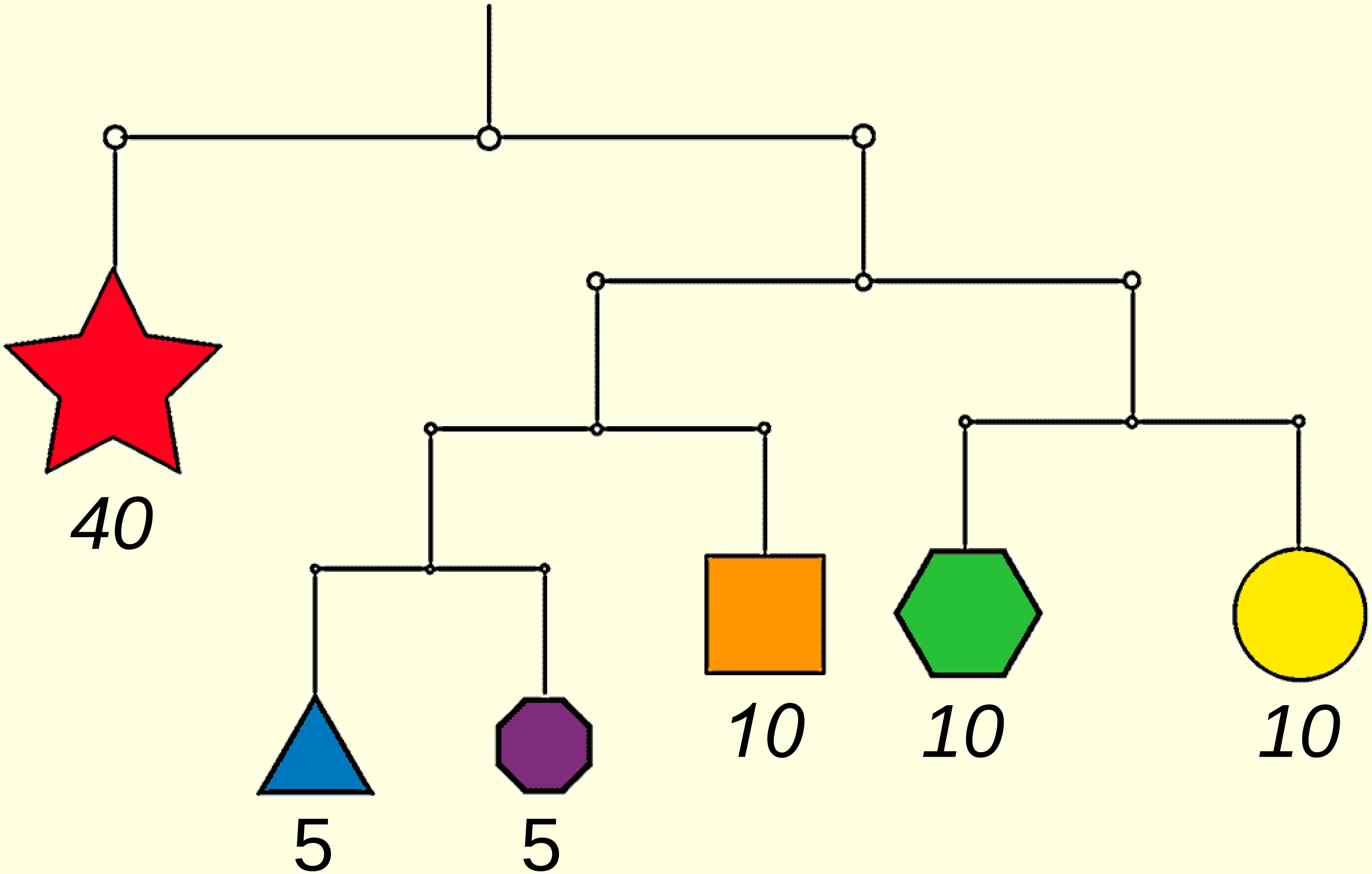
Die Huffman-Kodierung ordnet einer festen Anzahl an Quellsymbolen jeweils Codewörter mit variabler Länge zu. Häufiger auftauchende Zeichen werden dabei mit weniger Bits repräsentiert als seltener auftauchende, wobei kein Codewort der Beginn eines anderen ist (Präfixfreiheit).



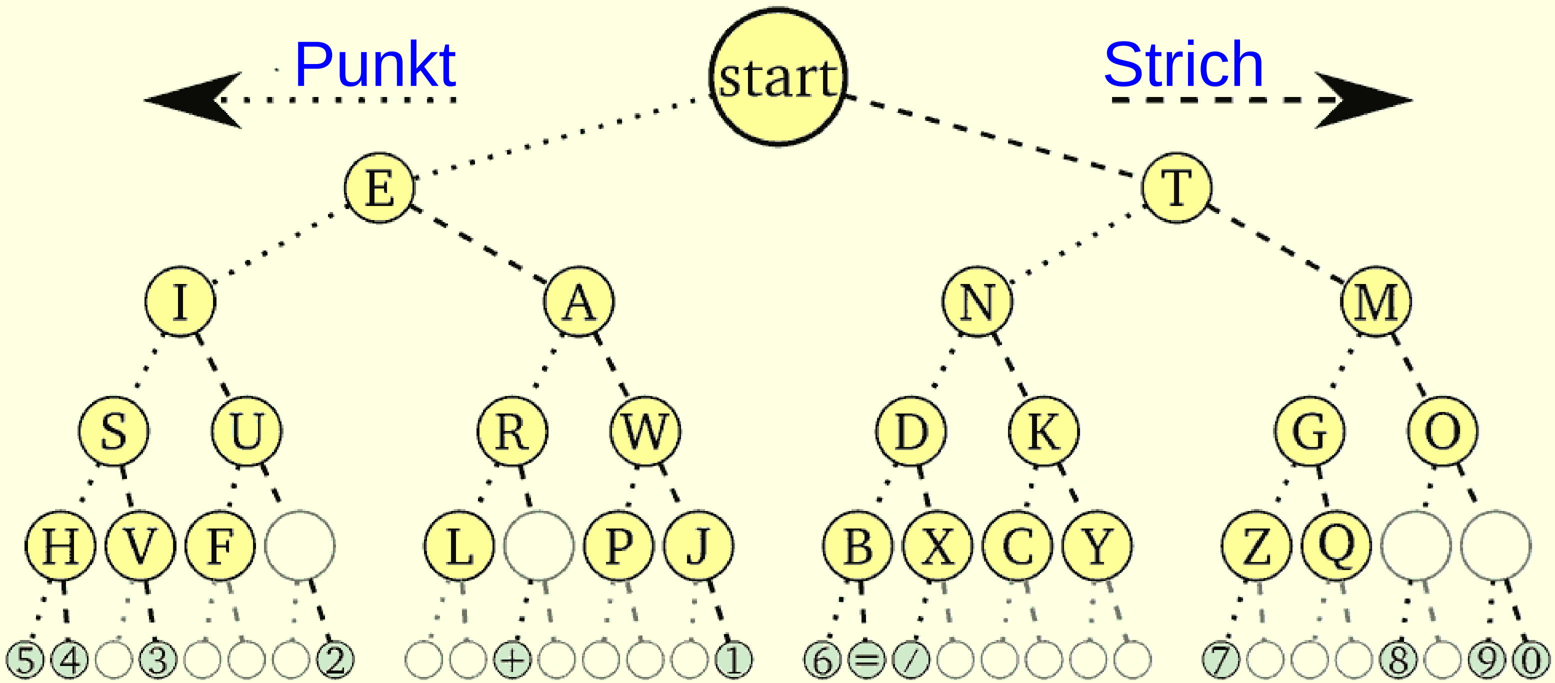
Symbol	*Code*
a1	0
a2	10
a3	110
a4	111

Beispiel: Eine Quelle generiert Symbole a1, a2, a3, a4 mit den jeweiligen Wahrscheinlichkeiten 0.4, 0.35, 0.2, 0.05. Die hier nicht näher beschriebene Konstruktion des Codebaums liefert die zugehörigen Codewörter 0, 10, 110, 111. Die Länge der Codewörter entspricht idealerweise ihrem Informationsgehalt. Im Beispiel beträgt die Entropie der Quelle 1.74 Bits/Symbol; die durchschnittliche Länge eines Codeworts beträgt hier 1.85 Bits/Symbol (statt 2 Bits/Symbol bei einer naiven Codierung jedes Symbols durch 2 Bits)

► Ein austariertes Mobile oder ein Huffmann-Codebaum?



► Morsealphabet

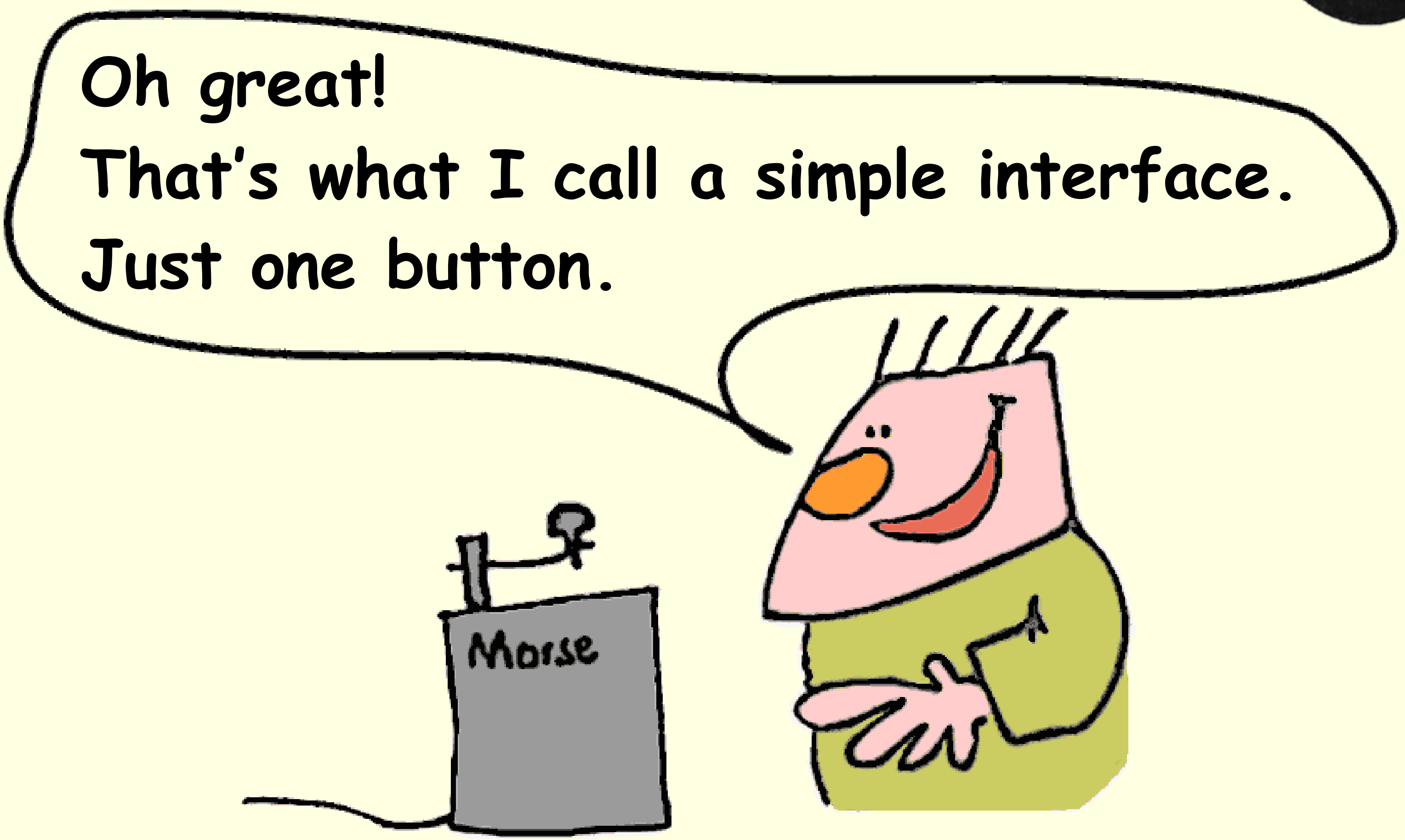


A	· —	K	— · —	U	· · —	1	· — — — —
B	— · · ·	L	· — · ·	V	· · · —	2	· · — — —
C	— · — ·	M	— —	W	· — —	3	· · · — —
D	— · ·	N	— ·	X	— · · —	4	· · · · —
E	·	O	— — —	Y	— · — —	5	· · · · ·
F	· · — ·	P	· — — ·	Z	— — · ·	6	— · · · ·
G	— — ·	Q	— — · —			7	— — · · ·
H	· · · ·	R	· — ·			8	— — — · ·
I	· ·	S	· · ·			9	— — — — ·
J	· — — —	T	—			0	— — — — —

Pausen zwischen Buchstaben (sowie evtl. längere Pausen zwischen Wörtern) sind notwendig!

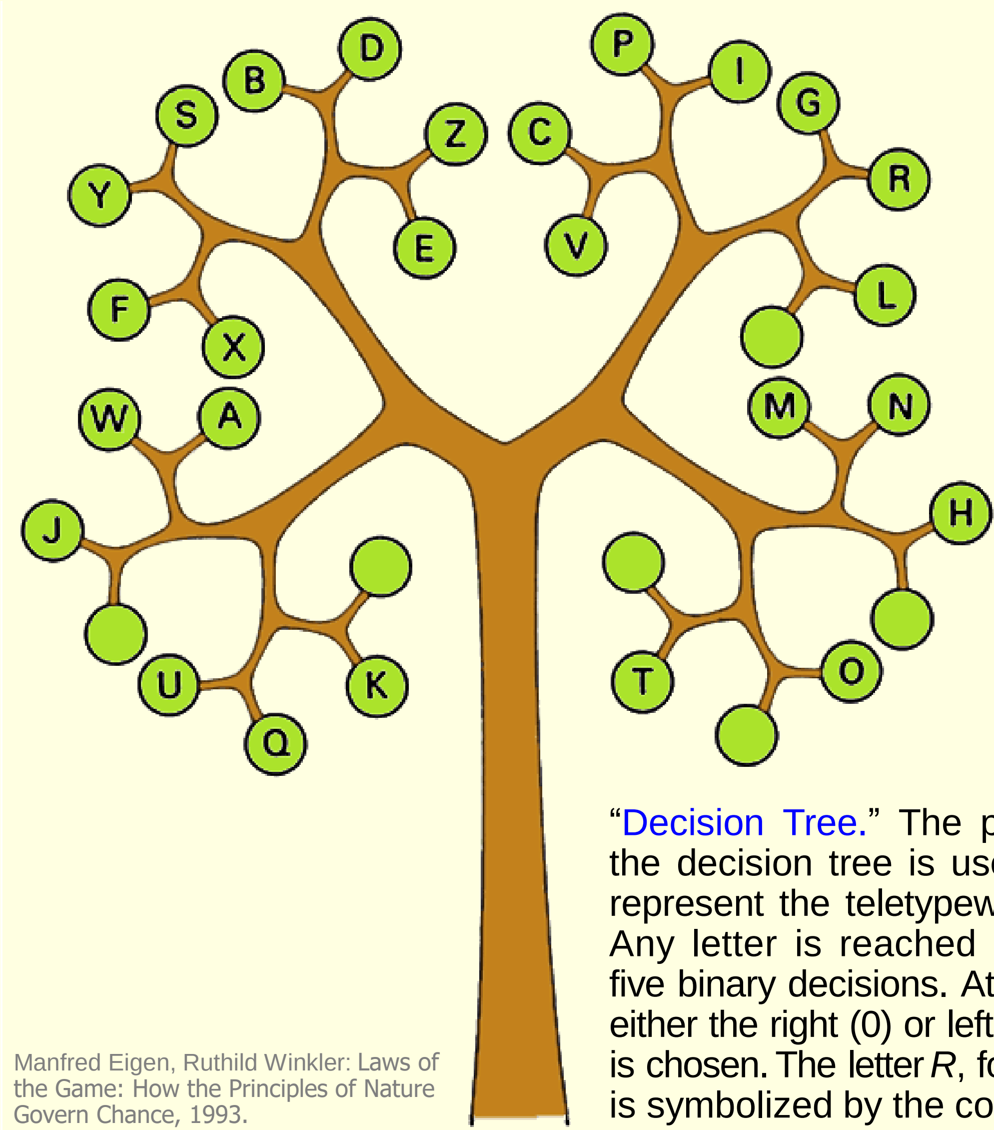
Stichwort „Morse"

Samuel Morse baute 1836 aus Drahtresten, Blechabfällen, einer Staffelei (Morse war Professor für Malerei) und seiner Wanduhr einen elektrischen Schreibtelegrafen. Die Nachrichtenübermittlung erfolgte drahtgebunden („Telegrafenleitungen"), dazu definierte er einen Code aus langen und kurzen Stromstössen. (Erst ab 1898 entwickelte G. Marconi die Funktelegrafie.)



http://geekandpoke.typepad.com/geekandpoke/images/morse_3.jpg

► Fernschreibcode-Baum (Baudot-Murray Code, CCITT 2)



···●●	A	·●●··	N
●●··●	B	●●···	O
·●●●·	C	●·●●·	P
·●··●	D	●·●●●	Q
····●	E	·●·●·	R
·●●·●	F	··●·●	S
●●·●·	G	●····	T
●·●··	H	··●●●	U
··●●·	I	●●●●·	V
·●·●●	J	●··●●	W
·●●●●	K	●●●·●	X
●··●·	L	●·●·●	Y
●●●··	M	●···●	Z

Mit 5 Bits lassen sich nicht alle 26 Buchstaben des lat. Alphabets inkl. der 10 Ziffern darstellen. Es gibt daher eine weitere Codierebene und zwei Umschaltzeichen, welche zwischen diesen Ebenen umschalten. Dadurch, dass – anders als beim Morsecode – alle Zeichen durch einen Code gleicher Länge repräsentiert werden, war zu Beginn des 20. Jh. eine maschinelle Dekodierung deutlich einfacher zu realisieren. Der Code ist der Vorläufer heutiger Text-Codes wie ASCII oder UTF-8 / Unicode.

ETH-Bibliothek, Bildarchiv

Lochstreifen eines Swissair-Fernschreibers am Flughafen Kloten, Okt.1981

"Decision Tree." The principle of the decision tree is used here to represent the teletypewriter code. Any letter is reached by way of five binary decisions. At each fork, either the right (0) or left (1) branch is chosen. The letter *R*, for instance, is symbolized by the code 01010.

Manfred Eigen, Ruthild Winkler: Laws of the Game: How the Principles of Nature Govern Chance, 1993.

► Der Buchstabenbaum

Im späten Mittelalter wurde als Metapher für das Wissen gerne ein Baum benutzt, entsprechend dem Baum der Erkenntnis im Paradiesgarten (dessen Früchte bekanntlich nicht gegessen werden durften). Das erste intellektuelle Wissen, das man sich für das weitere Studium aneignen musste, war das Alphabet. In dieser Schulszene zeigt der Lehrmeister auf den ersten Buchstaben, das ‚a'; die weiteren Buchstaben folgen im Uhrzeigersinn. Wohl nicht zufällig berührt der Buchstabe ‚d' seine Kappe; denn er ist hier der „Dominus": der Herr, Gebieter und Gastgeber für die Klosterschüler. Dass der Buchstabe ‚m' im Zenit steht, dürfte auch kein reiner Zufall sein, denn diese Initiale steht für die Jungfrau Maria. Ferner fällt auf, dass den drei „griechischen" Buchstaben ‚x', ‚y' und ‚z', die sowieso erst am Ende des Alphabets kommen, kein eigener langer Ast gewidmet ist; es sind Nebengewächse.

Der Holzschnitt wurde vermutlich bei Johann Zainer in Ulm angefertigt und dort zusammen mit dem Buch von Johannes Geiler von Kaysersberg gedruckt. Der Buchdruck war damals in Europa noch neu, 1470 gab es erst siebzehn Druckorte. Dies steigerte sich schnell. Bücher mussten nun nicht mehr manuell abgeschrieben und vervielfältigt werden; der Buchdruck ermöglichte die exakte Reproduktion von Wissen in einem zuvor nie gekannten Ausmass. Es war der Anfang der Automatisierung in der Informationsverarbeitung; die langfristigen kulturellen Auswirkungen würden gewaltig sein.

Schulszene – Holzschnitt aus „Heilsame Lehre und Predigt" (1489) von Johannes Geiler von Kaysersberg (1445-1510)

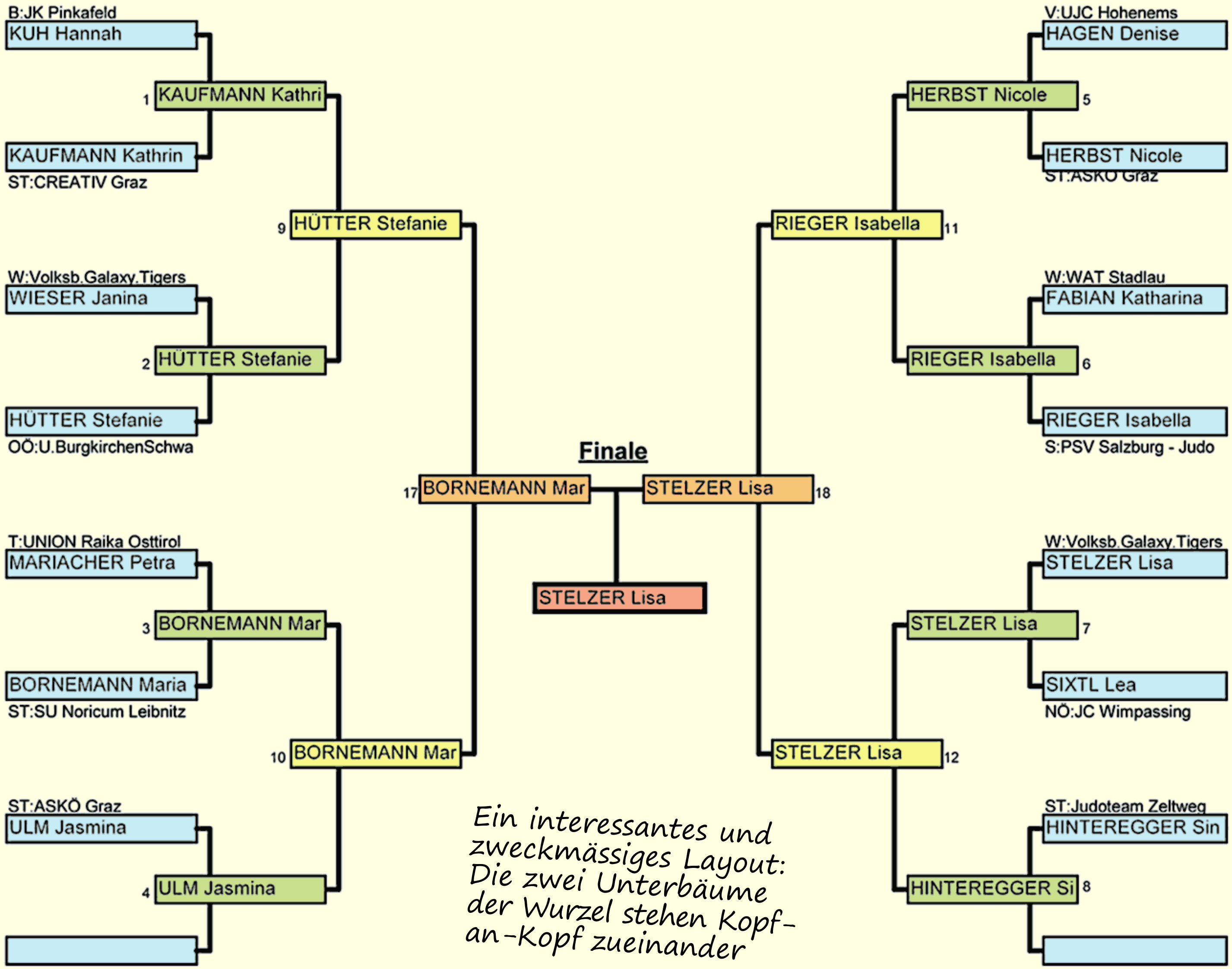
► Buchstabenkategorisierung

Ein Zweig mit 23 Blättern, die mit den (wesentlichen) Buchstaben des Alphabets markiert sind – eine Abbildung aus dem 1529 erschienenen Buch „Champ Fleury“ des französischen Buchdruckers und Gelehrten Geoffroy Tory (1480 – 1533). Tory geht es darin hauptsächlich um die Gestaltung von Druckbuchstaben entsprechend den Proportionen des menschlichen Körpers – typisch für die Frührenaissance, die im Menschen das Mass aller Dinge sehen möchte. Die Titelseite erläutert gleich zu Anfang den Inhalt und Zweck: „L’art et science de la vraye proportion des lettres […] selon le corps et visaige humain.“

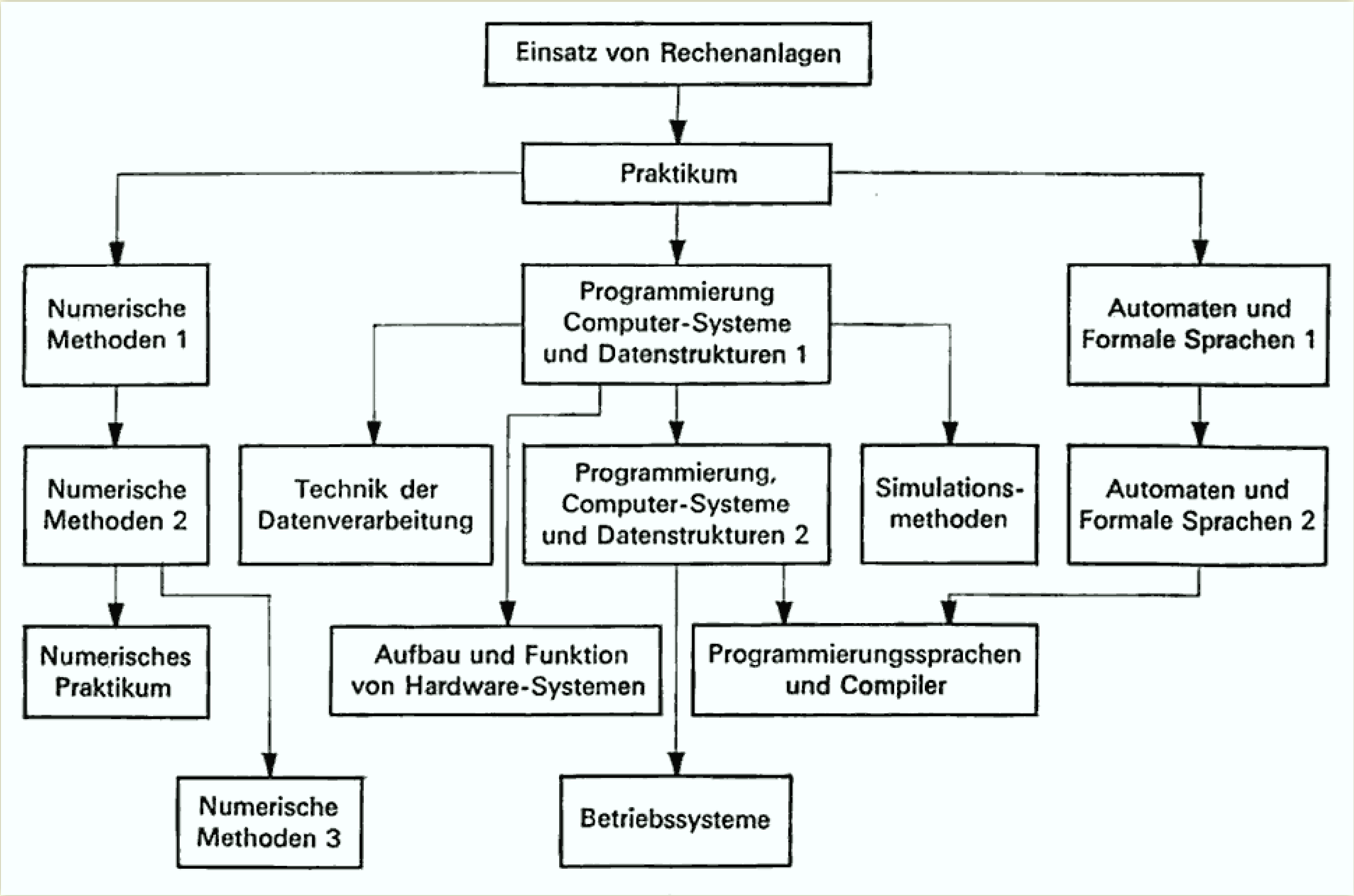
Geoffroy Tory gibt ferner eine allegorische, mythologische und moralische Interpretation der einzelnen Buchstaben: Das Bild soll den goldenen Zweig aus Vergils Epos „Aeneis“ darstellen, welches die Geschichte des mythologischen Aeneas und der Gründung des römischen Reichs erzählt. Aeneas erfährt von der Sibylle von Cumae (der Hüterin der berühmten Sibyllinischen Bücher), dass er mit einem goldenen Zweig aus dem benachbarten Wald Zugang zur Unterwelt erhält. Tatsächlich stellt der goldene Zweig den Schlüssel zu den Pforten des Elysiums dar, mit all seinen Weisen, Propheten und grossen Dichtern, und schafft so für die vergänglichen Menschen einen Zugang zur unbegrenzten und ewig gültigen göttlichen Weisheit – anders gesagt, bildet die Verschriftlichung der Sprache die Brücke zur Wissenschaft.

Der goldene Zweig besteht aus drei Unterzweigen und kategorisiert so die Menge der Buchstaben. Die mittlere Verästelung steht dabei für die neun Musen und gleichzeitig die neun harten Konsonanten; die linke für die sieben freien Künste und die sieben Halbvokale; die rechte für die vier Kardinaltugenden sowie die drei Grazien, gleichzeitig für die Vokale inklusive dem stummen h und dem griechischen Y.

► KO-System (Sportturnier)



► Studienplan Computerwissenschaften

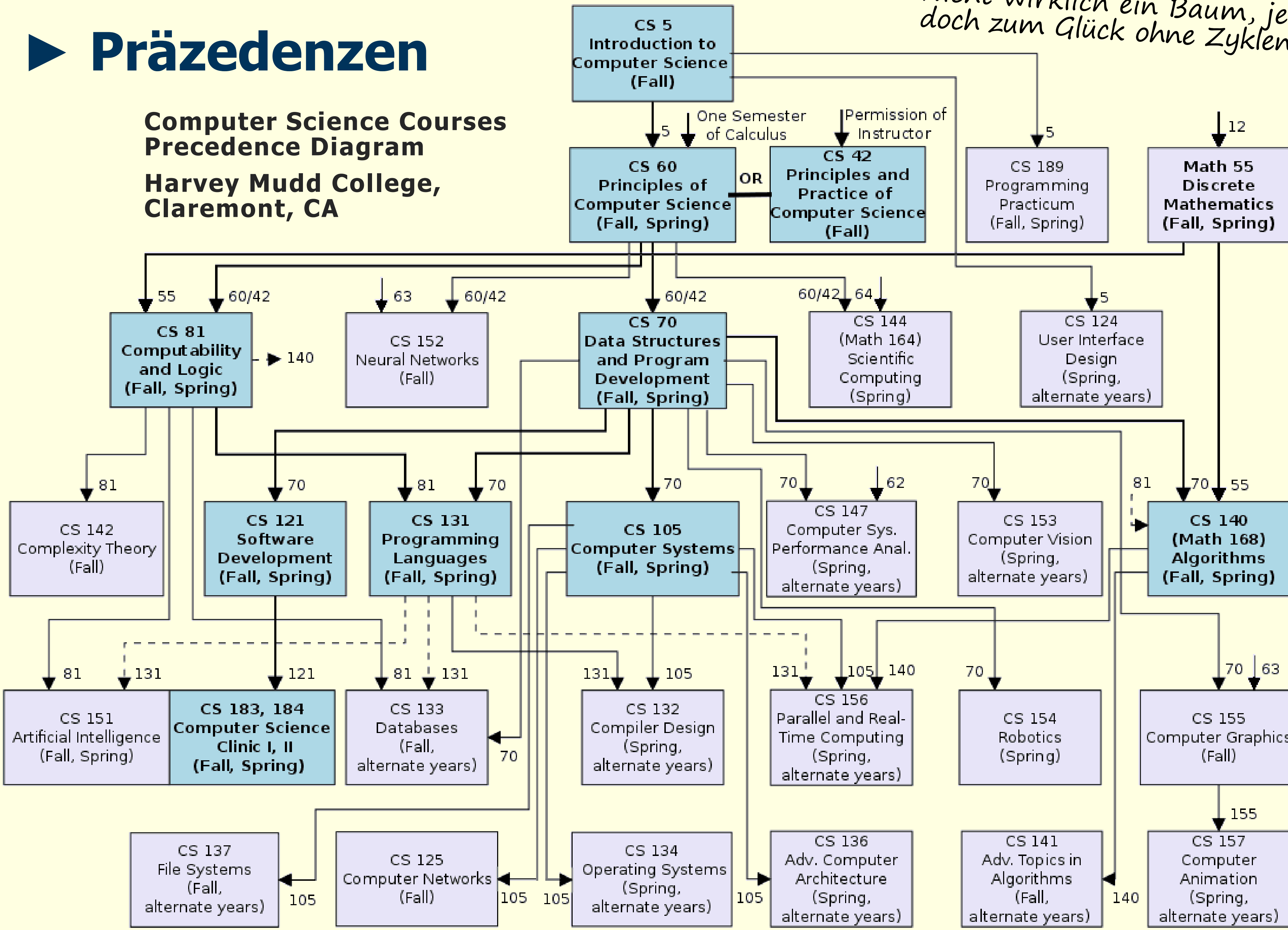


Der Weg zu einem Studiengang Informatik an der ETH war 1969 dann aber noch lang und mühsam; erst 1981 war es schliesslich so weit!

Vorschlag für einen Studienplan in Computerwissenschaften an der ETH Zürich.
(NZZ vom 21. Januar 1969, Mittagsausgabe Nr. 42, Seite 5)

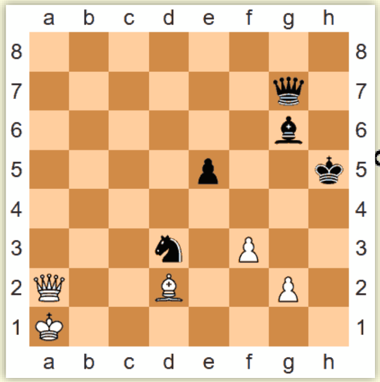
▶ Präzedenzen

Nicht wirklich ein Baum, jedoch zum Glück ohne Zyklen!

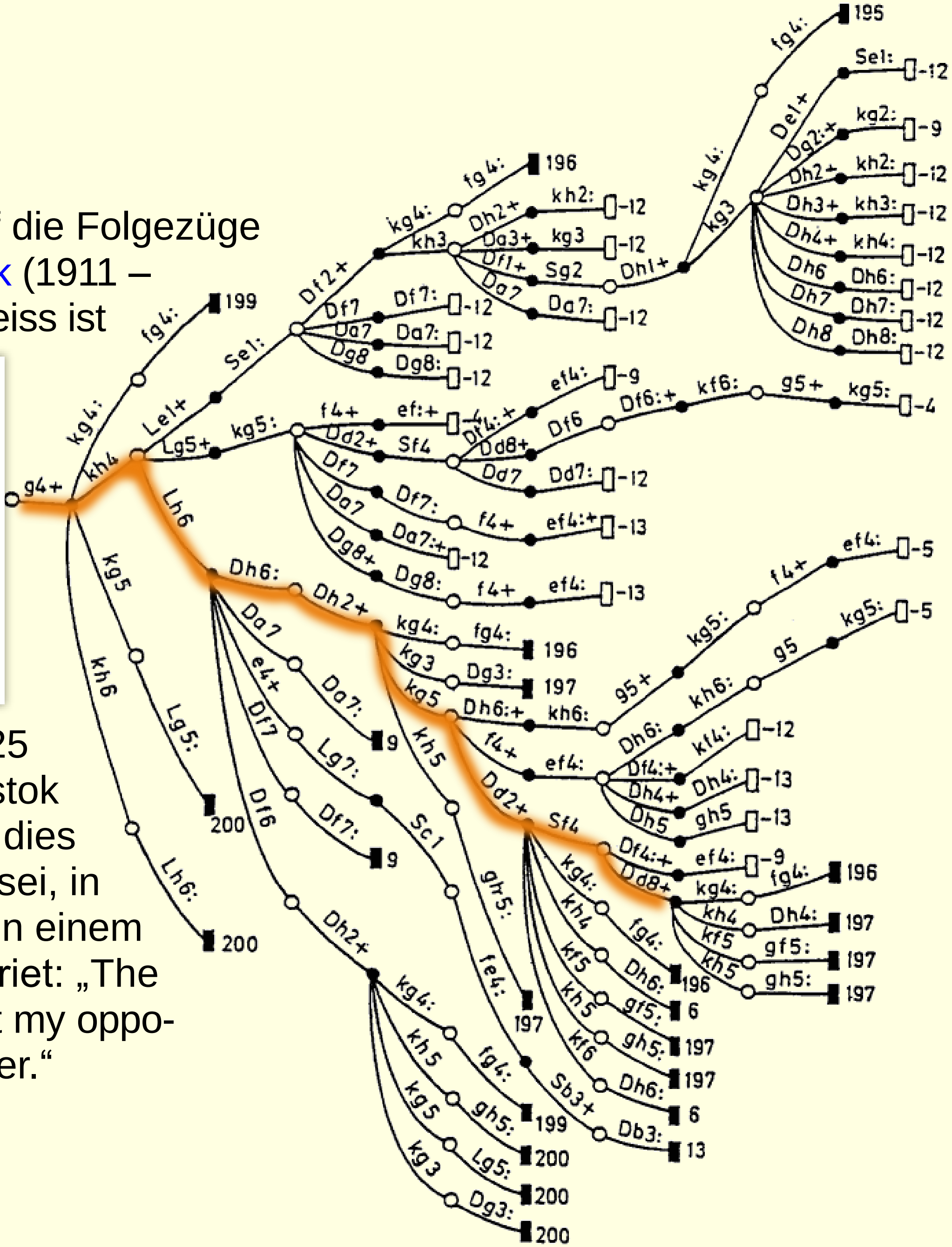


► Game over

Analyse einer Spielsituation in Bezug auf die Folgezüge durch Schachweltmeister Michail Botvinnik (1911 – 1995). Der Spielbaum hat 145 Knoten; Weiss ist am Zug und gewinnt beispielsweise so:



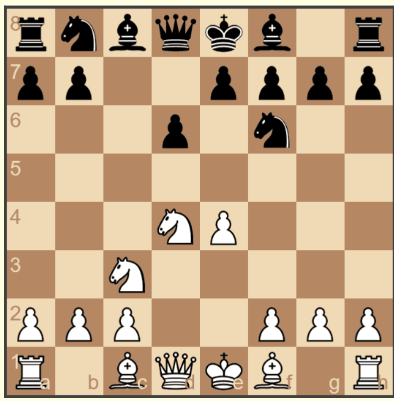
1. g4+ Kh4
2. Lh6 Dxh6
3. Dh2+ Kg5
4. Dd2+ Sf4
5. Dd8 matt.

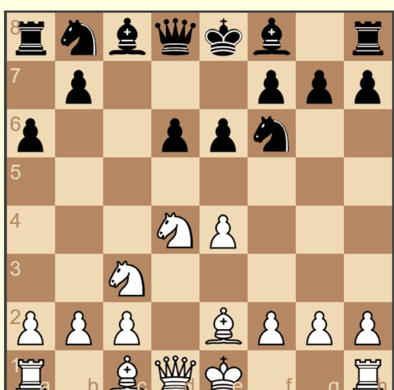


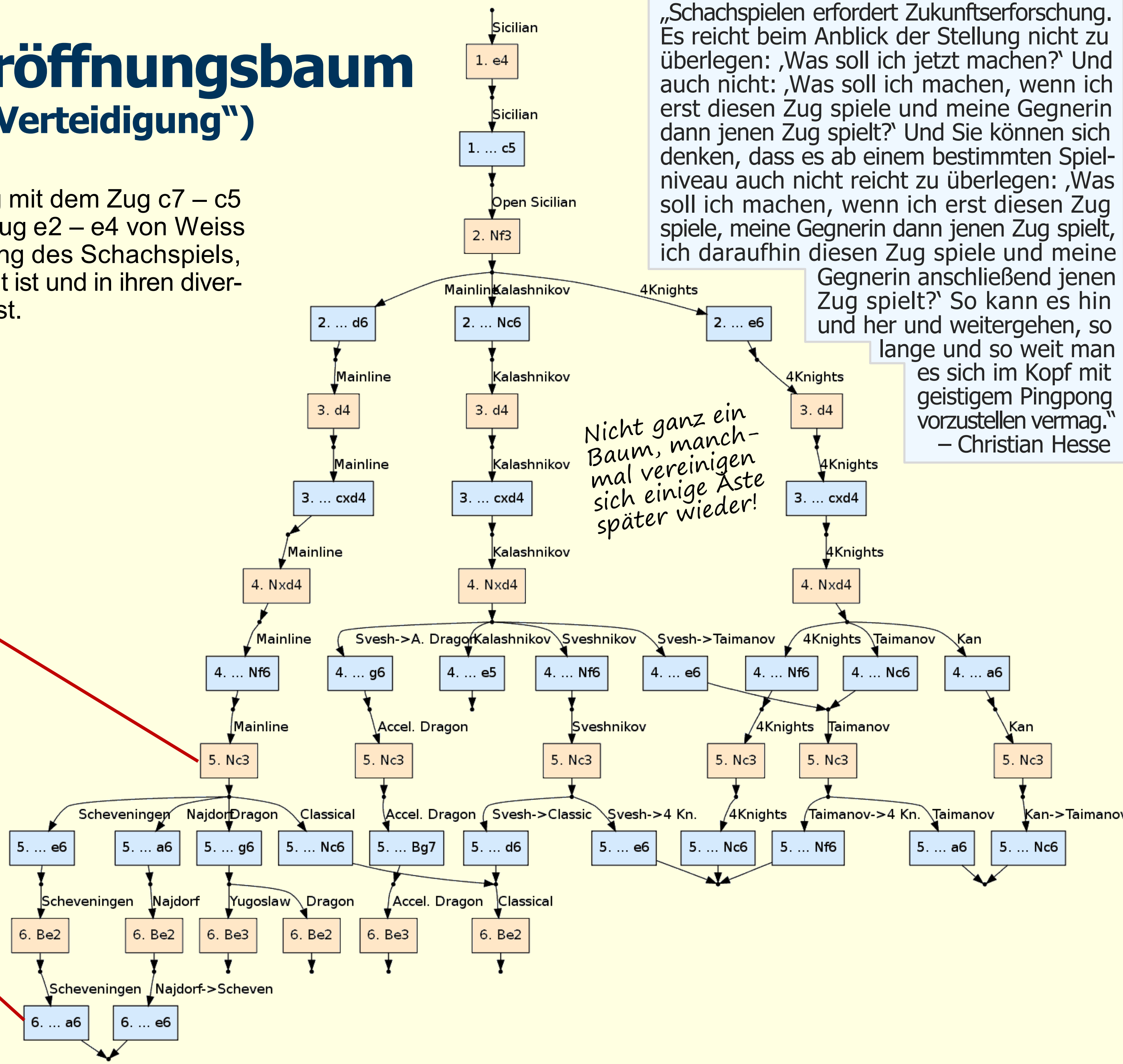
Botvinnik veröffentlichte seine Studie 1925 in der Schachzeitschrift Schachmatny Listok (Шахматный листок). Er berichtet, dass dies eine aufbereitete Version einer Situation sei, in die er im Alter von 14 Jahren kurz zuvor in einem Spiel gegen N.M. Liutov in Leningrad geriet: „The end was so unexpected that for a moment my oppo-nent did not notice that the game was over.“

► Schach-Eröffnungsbaum
(„Sizilianische Verteidigung“)

Die Sizilianische Verteidigung mit dem Zug c7 – c5 als Antwort auf den Anfangszug e2 – e4 von Weiss ist eine sehr beliebte Eröffnung des Schachspiels, die seit ca. 500 Jahren bekannt ist und in ihren diversen Varianten gut analysiert ist.

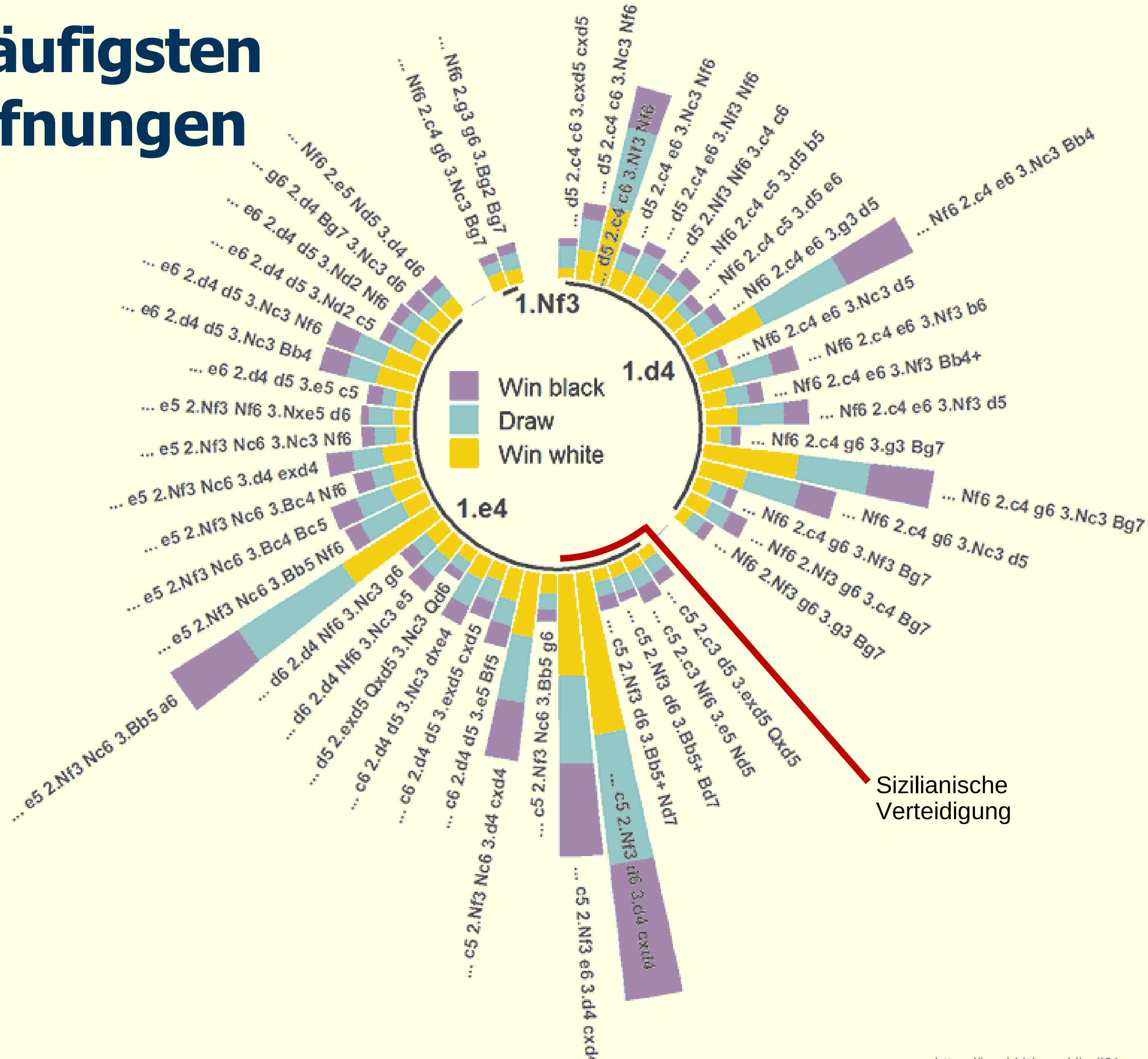






„Schachspielen erfordert Zukunftserforschung. Es reicht beim Anblick der Stellung nicht zu überlegen: ‚Was soll ich jetzt machen?‘ Und auch nicht: ‚Was soll ich machen, wenn ich erst diesen Zug spiele und meine Gegnerin dann jenen Zug spielt?‘ Und Sie können sich denken, dass es ab einem bestimmten Spielniveau auch nicht reicht zu überlegen: ‚Was soll ich machen, wenn ich erst diesen Zug spiele, meine Gegnerin dann jenen Zug spielt, ich daraufhin diesen Zug spiele und meine Gegnerin anschließend jenen Zug spielt?‘ So kann es hin und her und weitergehen, so lange und so weit man es sich im Kopf mit geistigem Pingpong vorzustellen vermag.“
– Christian Hesse

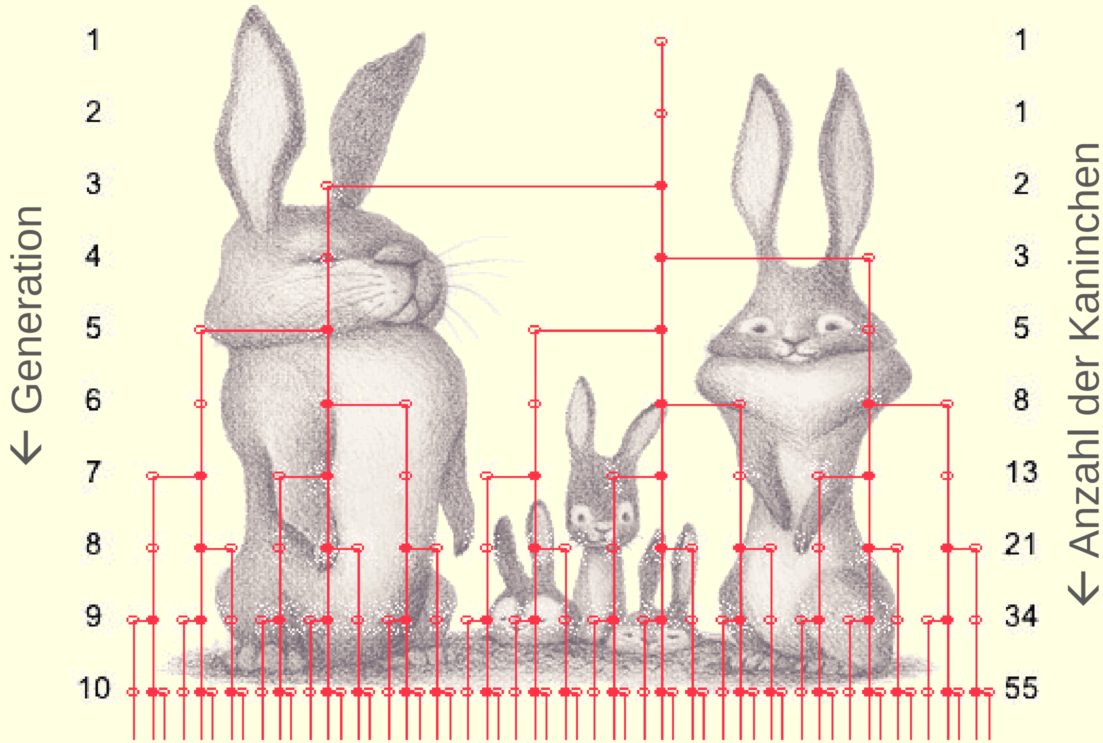
► Die 50 häufigsten Schacheröffnungen



https://i.redd.it/qpgvkljvxil21.png

► Die Kaninchen des Fibonacci

Kaninchen können sich bereits im Alter von einem Monat paaren. Angenommen, am Ende ihres zweiten Lebensmonats produziert jedes Weibchen ein neues Paar (ein Männchen und ein Weibchen). Fibonacci fragte: Wenn keine Kaninchen sterben, wie viele Paare gibt es, ausgehend von einem ersten Paar, nach einem Jahr?



Die Folge 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ... ($a_{i+2} = a_{i+1} + a_i$) wurde später Fibonacci-Folge genannt. Sie ist nach dem italienischen Mathematiker Leonardo da Pisa (genannt Fibonacci, d.h. „figlio di Bonacci", Sohn des Bonacci), benannt, der damit 1202 das Wachstum einer Kaninchenpopulation beschrieb. Die Folge wächst exponentiell; der Quotient benachbarter Glieder nähert sich schnell dem Goldenen Schnitt (1.618033988…).

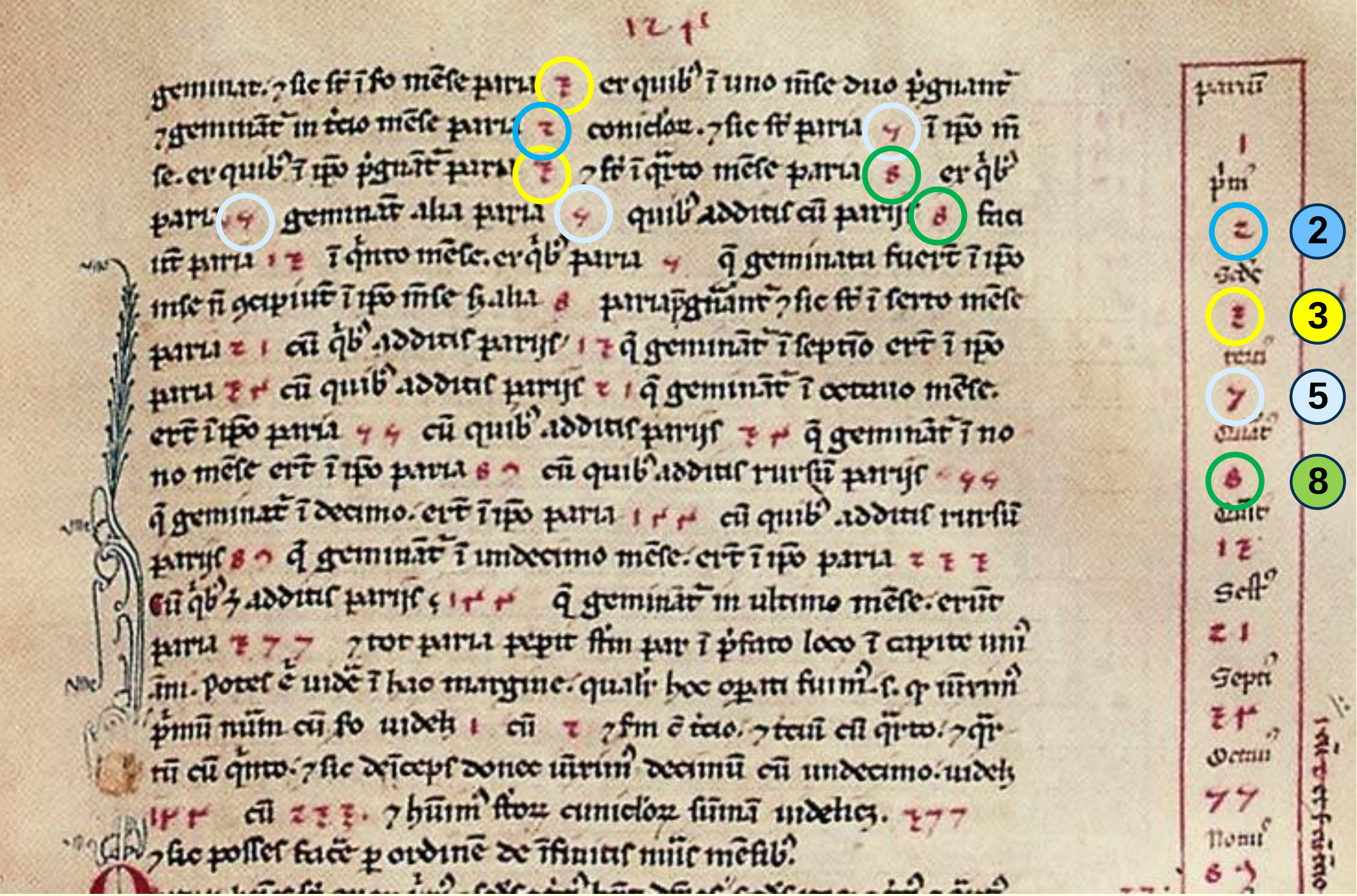
Nachdem Fibonacci die Kaninchenzahlen für einige Monate durchexerziert hatte („...*et sic deinceps, donec iunximus decimum cum undecimo, uidelicet 144 cum 233; et habuimus suprascriptorum cuniculorum summam*" – ...und so fort, bis wir zur zehnten die elfte addiert haben, nämlich zu 144 die 233; und wir bekommen die oben erwähnte Summe der Kaninchen), bemerkte er *„et sic posses facere per ordinem de infinitis numeris mensibus"*, man könne dies weiter für eine unendliche Zahl von Monaten durchführen.

Fibonacci (eigentlich Leonardo da Pisa, ~1170 - ~1240) lernte als Sohn eines Pisaner Kaufmanns in Nordafrika, Byzanz und Syrien die Mathematik mit den arabischen Ziffern kennen und verfasst später das Rechenbuch *Liber Abbaci*, das das Rechnen mit diesen *novem figurae indorum* in (Süd)europa bekannt machte.

Qvidam posuit unum par cuniculorum in quodam loco, qui erat undique pariete circundatus, ut sciret, quot ex eo paria germinarentur in uno anno: cum natura eorum sit per singulum mensem aliud par germinare; et in secundo mense ab eorum natiuitate germinant. Quia suprascriptum par in primo mense germinat, duplicabis ipsum, erunt paria duo in uno mense. Ex quibus unum, scilicet primum, in secundo mense geminat; et sic sunt in secundo mense paria 3; ex quibus in uno mense duo pregnantur; et geminantur in tercio mense paria 2 coniculorum; et sic sunt paria 5 in ipso mense; ex quibus in ipso pregnantur paria 3; et sunt in quarto mense paria 8; ex quibus paria 5 geminant alia paria 5: quibus additis cum parijs 8, faciunt paria 13 in quinto mense; ex quibus paria 5, que geminata fuerunt in ipso mense, non concipiunt in ipso mense, sed alia 8 paria pregnantur; et sic sunt in sexto mense paria 21; cum quibus additis parijs 13, que geminantur in septimo, erunt in ipso paria 34; cum quibus additis parijs 21, que geminantur in octauo mense, erunt in ipso paria 55; cum quibus additis parjis [<u>*sic*</u>] 34, que geminantur in nono mense, erunt in ipso paria 89; cum quibus additis rursum parijs 55, que geminantur in decimo mense 144; cum quibus additis rursum parijs 89, que geminantur in undecimo mense, erunt in ipso paria 233. Cum quibus etiam additis parijs 144, que geminantur in ultimo mense, erunt paria 377; et tot paria peperit suprascriptum par in prefato loco in capite unius anni. Potes enim uidere in hac margine, qualiter hoc operati fuimus, scilicet quod iunximus primum numerum cum secundo, uidelicet 1 cum 2; et secundum cum tercio; et tercium cum quarto; et quartum cum quinto, **et sic deinceps, donec iunximus decimum cum undecimo, uidelicet 144 cum 233; et habuimus suprascriptorum cuniculorum summam, uidelicet 377; et sic posses facere per ordinem de infinitis numeris mensibus.**

Jemand setzte ein Kaninchenpärchen in einen solchen Ort, der allseits mit Wänden umgrenzt war. Man wünscht zu wissen, wie viele Nachkommen dieses Paares in einem Jahr erzeugt werden. Dabei seien sie so beschaffen, dass sie in jedem Monat ein neues Paar erzeugen; und ab dem zweiten Monat nach ihrer Geburt sind auch die Jungen fruchtbar. Das oben beschriebene Paar wirft im ersten Monat Junge, verdoppelt sich selbst, sodass es zwei Pärchen in einem Monat sind. Von diesen verdoppelt sich eines, nämlich das erste, im zweiten Monat; und so sind im zweiten Monat 3 Pärchen; von diesem werden in einem Monat zwei schwanger; und es entstehen im dritten Monat 2 neue Pärchen; und so sind es 5 Pärchen in diesem Monat; von diesen werden 3 Pärchen schwanger; sodass es im vierten Monat 8 Pärchen sind; von diesen erzeugen 5 Pärchen weitere 5 Pärchen: Diese werden zu den 8 Pärchen hinzugefügt, was 13 Pärchen im fünften Monat ergibt; von diesen werden jene 5, die in diesem Monat geboren wurden, nicht schwanger in diesem Monat, aber die anderen 8 werden es; und so sind es im sechsten Monat 21 Pärchen; dazu kommen 34 Pärchen, die sich im neunten Monat verdoppeln, sodass es in diesem 89 Pärchen werden; zu diesen werden wiederum 55 Pärchen addiert, die sich im zehnten Monat verdoppeln, das sind 144; dazu kommen wieder 89 Pärchen, die sich im elften Monat verdoppeln, das sind in diesem 233 Pärchen. Zu diesen werden noch 144 Pärchen addiert, die im letzten Monat geboren werden, das sind 377 Pärchen; und alle Pärchen stammen von dem oben beschriebenen Pärchen im bereitgestellten Ort während eines Jahres. Ihr könnt am Rand sehen, wie wir die Rechnung ausgeführt haben, wir haben nämlich die erste Zahl mit der zweiten vereinigt, also 1 mit 2; und die zweite mit der dritten; und die dritte mit der vierten; und die vierte mit der fünften, **und so fort, bis wir zur zehnten die elfte addiert haben, nämlich zu 144 die 233; und wir bekommen die oben erwähnte Summe der Kaninchen, nämlich 377; und so könnt Ihr es nach der Reihe mit einer unendlichen Zahl von Monaten machen.**

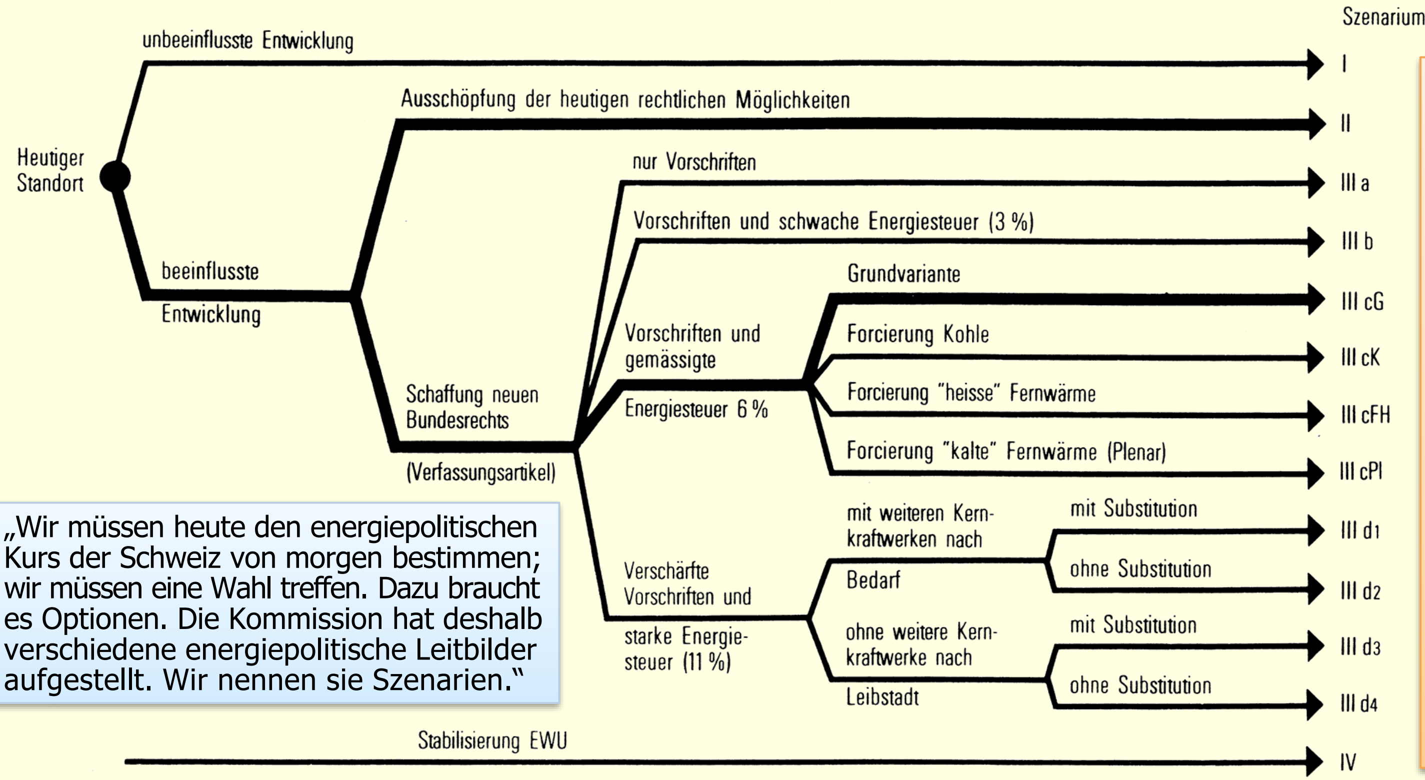
„*Das heisst natürlich nicht, dass die Hasenbevölkerung unendlich gross wird, sondern bloss, dass Fibonacci vergessen hat, dass Hasen die leidige Tendenz haben, nach einer gewissen Zeit zu sterben.*“ *– George Szpiro*



Ausschnitt aus dem Liber Abaci (vorherige slide, ab „*…geminat; et sic sunt in secundo mense paria 3…*“ bis zum Abschnittsende „*…ordinem de infinitis numeris mensibus*“).

► Energie-Szenarien 1978

… Sträflich starke Abhängigkeit vom Ausland
… Sorgen um unsere Umwelt
… Endlichkeit der Ressourcen



„Wir müssen heute den energiepolitischen Kurs der Schweiz von morgen bestimmen; wir müssen eine Wahl treffen. Dazu braucht es Optionen. Die Kommission hat deshalb verschiedene energiepolitische Leitbilder aufgestellt. Wir nennen sie Szenarien."

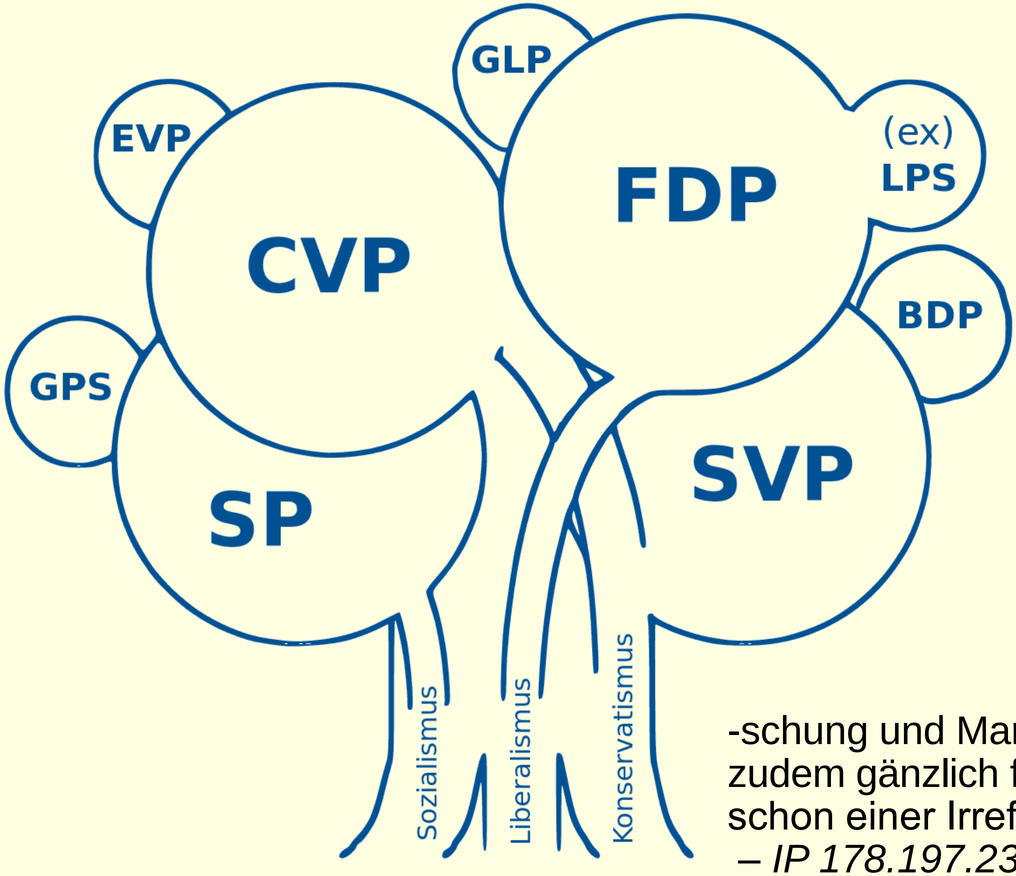
Als Konsequenz aus der Ölkrise von 1973 wurde in der Schweiz 1974 die „Eidgenössische Kommission für die Gesamtenergiekonzeption" (GEK) eingesetzt. Sie sollte die Ziele der Schweizer Energiepolitik zu formulieren. Im Schlussbericht von 1978 erstellte sie u.a. 13 Szenarien über die künftige Energieversorgung sowie Massnahmenvorschläge für Energieeinsparungen, Energieeffizienz, den Ausbau der Wasserkraft sowie der anderen erneuerbaren Energien. Die Worte des Kommissionspräsidenten und ETH-Alumnus (sowie ETH-Ehrendoktors) Michael Kohn klingen retrospektiv prophetisch:

„Die Nachwelt wird uns nach unseren Taten und nicht nach unseren Worten beurteilen; danach, wie wir das Energieproblem gelöst und nicht, wie wir es zerredet haben. […] Deshalb ist unser Energiekonzept auf die praktische Verwirklichung angelegt. Nicht nur das Ziel zu erkennen ist wichtig, auch den Weg zu finden ist entscheidend. […] *Der Mensch von heute sieht die Energiefrage (noch) nicht als Aufgabe erster Priorität. Die eigentliche Tragik der Energiediskussion liegt im fatalen Missverständnis begründet, dass wir die nötige Vorsorge für die nächsten Jahrzehnte mit den Massstäben des heutigen Überflusses messen.* Wir haben volle Öltanks, Gas im Überfluss und (noch) genügend Elektrizität. Die ölproduzierenden Nationen verhalten sich (noch) rücksichtsvoll."

[Michael Kohn: Das Schweizer Gesamtenergiekonzept: Grundzüge - Optionen - Konsequenzen: Kurzfassung. Schweizer Ing. u. Architekt 97(3), S. 19-37, 1979]

► Parteienbaum Schweiz

A fool sees not the same tree that a wise man sees. -- William Blake



Irgendetwas, ein abstraktes Konzept, vielleicht ja die Grundüberzeugung der Parteien und / oder deren Bedeutung und / oder ihre evolutionäre Beziehung zueinander und / oder… sollte mit diesem Baum bei Wikipedia wohl illustriert und damit veranschaulicht werden. Das ging aber offenbar gründlich schief, wie die Diskussion dazu (hier ausschnittsweise wiedergegeben) zeigt:

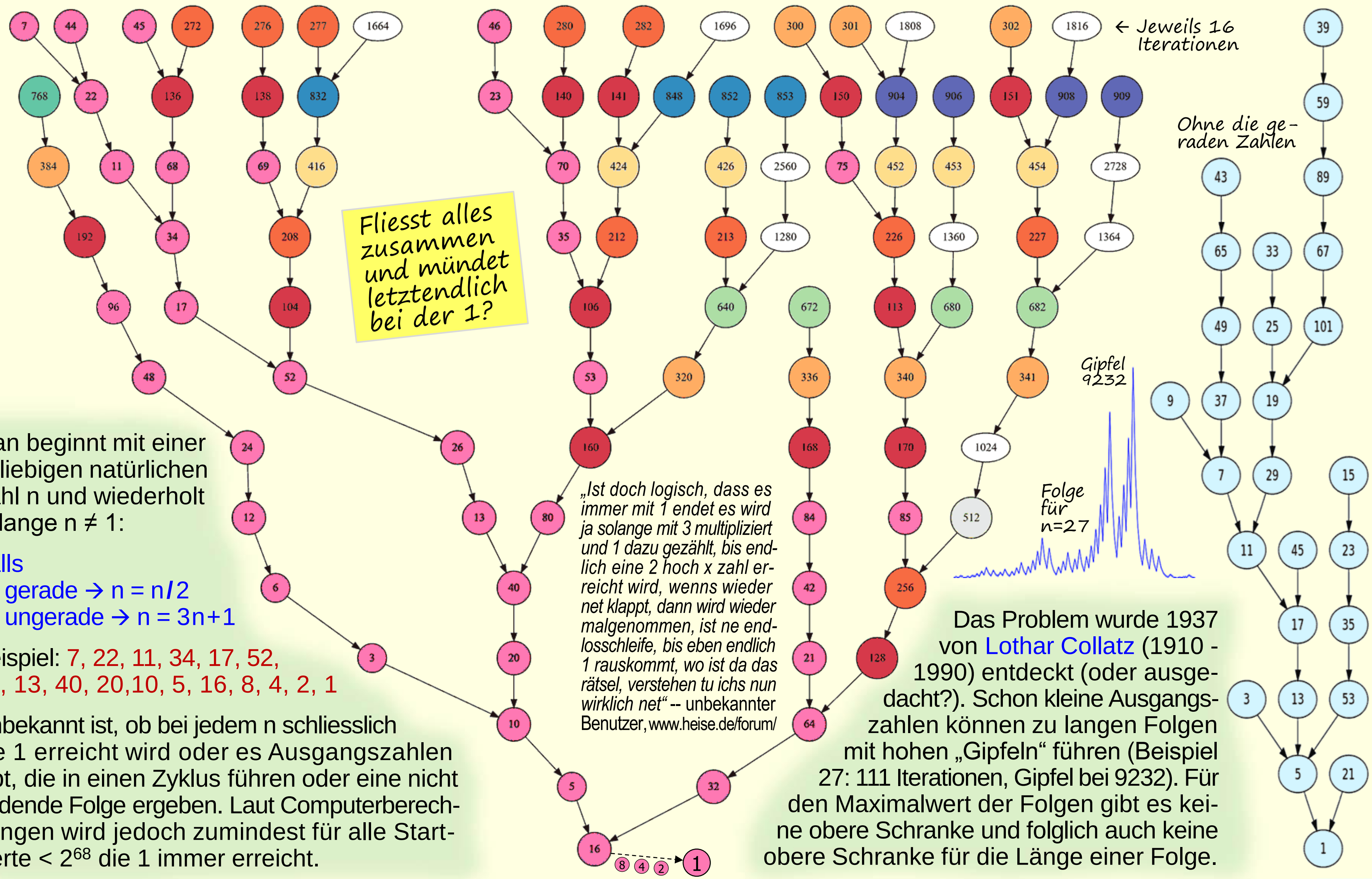
„FDP wird deutlich hochgehalten. Was überhaupt nicht dem vom stimmberechtigten Schweizer Volk gewählten Wähleranteil entspricht. Dermassen krass von der Realität abweichende Darstellung bzw. Verzerrung könnte man als Täu--schung und Manipulation bezeichnen, oder nicht? BDP ist zudem gänzlich falsch ganz aussen rechts platziert, was so schon einer Irreführung und Diffamierung gleich kommt.“ *– IP 178.197.230.144*

„Man könnte nun wohl argumentieren, dass der Baum keine Grössen-, sondern ‚Abstammungsverhältnisse‘ zeigen solle, und auch, dass er keinem Links-Rechts-Schema entsprechen wolle [...], aber offensichtlich ist das alles für den unbefangenen Betrachter halt nicht.“ – *Gestumblindi*

https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Parteienbaum_Schweiz.svg, https://de.wikipedia.org/wiki/Diskussion:Politische_Parteien_in_der_Schweiz/Archiv/1

► Das „3n+1"-Problem

> *Hopeless. Absolutely hopeless. Mathematics is not yet ready for such problems.* -- Paul Erdős



Man beginnt mit einer beliebigen natürlichen Zahl n und wiederholt solange $n \neq 1$:

Falls
- n gerade → $n = n/2$
- n ungerade → $n = 3n+1$

Beispiel: 7, 22, 11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20,10, 5, 16, 8, 4, 2, 1

Unbekannt ist, ob bei jedem n schliesslich die 1 erreicht wird oder es Ausgangszahlen gibt, die in einen Zyklus führen oder eine nicht endende Folge ergeben. Laut Computerberechnungen wird jedoch zumindest für alle Startwerte $< 2^{68}$ die 1 immer erreicht.

„Ist doch logisch, dass es immer mit 1 endet es wird ja solange mit 3 multipliziert und 1 dazu gezählt, bis endlich eine 2 hoch x zahl erreicht wird, wenns wieder net klappt, dann wird wieder malgenommen, ist ne endlosschleife, bis eben endlich 1 rauskommt, wo ist da das rätsel, verstehen tu ichs nun wirklich net" -- unbekannter Benutzer, www.heise.de/forum/

Das Problem wurde 1937 von Lothar Collatz (1910 - 1990) entdeckt (oder ausgedacht?). Schon kleine Ausgangszahlen können zu langen Folgen mit hohen „Gipfeln" führen (Beispiel 27: 111 Iterationen, Gipfel bei 9232). Für den Maximalwert der Folgen gibt es keine obere Schranke und folglich auch keine obere Schranke für die Länge einer Folge.

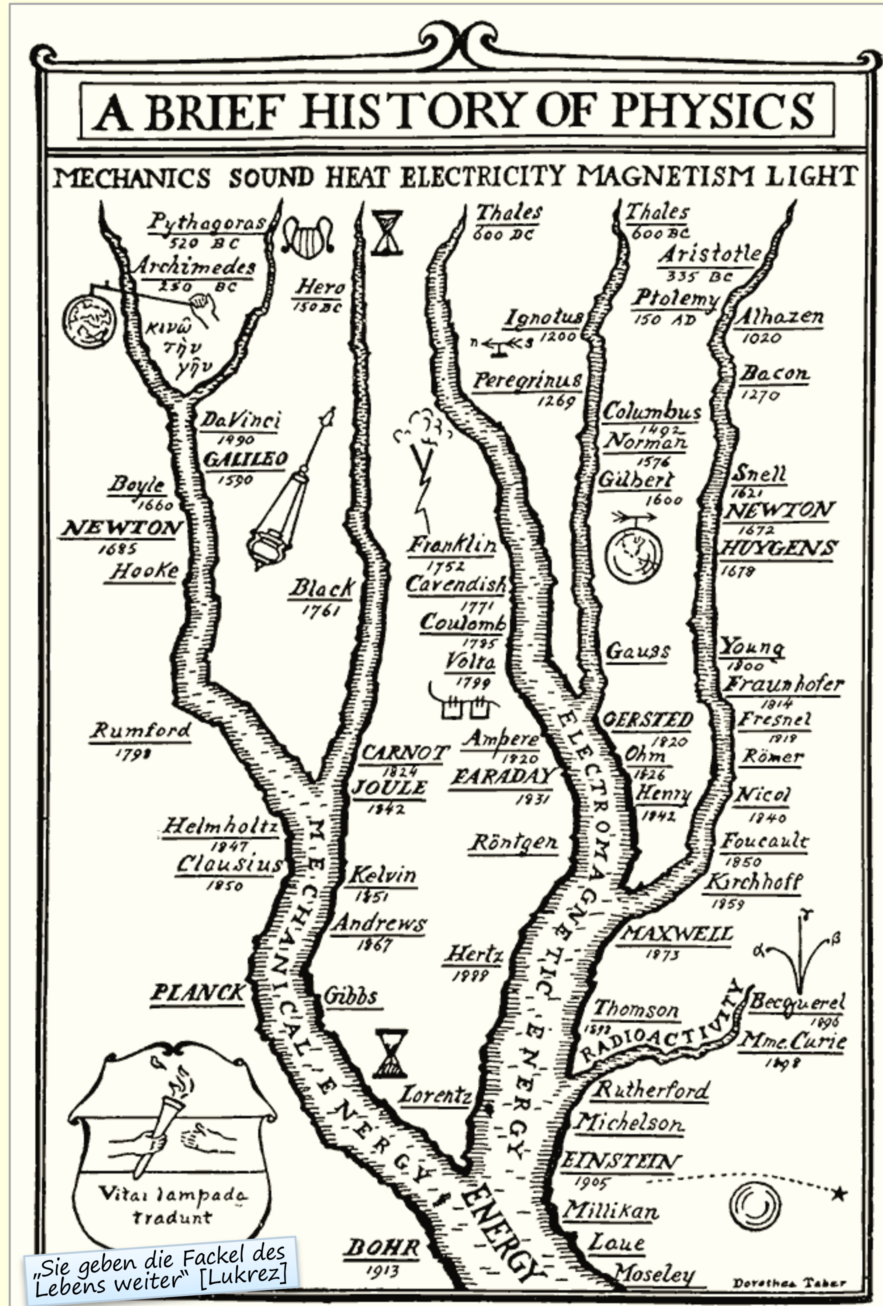
► Physikgeschichte

Nebenstehender Baum „A Brief History of Physics“ ziert als Frontispiz das Lehrbuch „College Physics“ aus dem Jahr 1926 von Wilmer Duff (1864 – 1951), seinerzeit Professor am Worcester Polytechnic Institute in Massachusetts, USA.

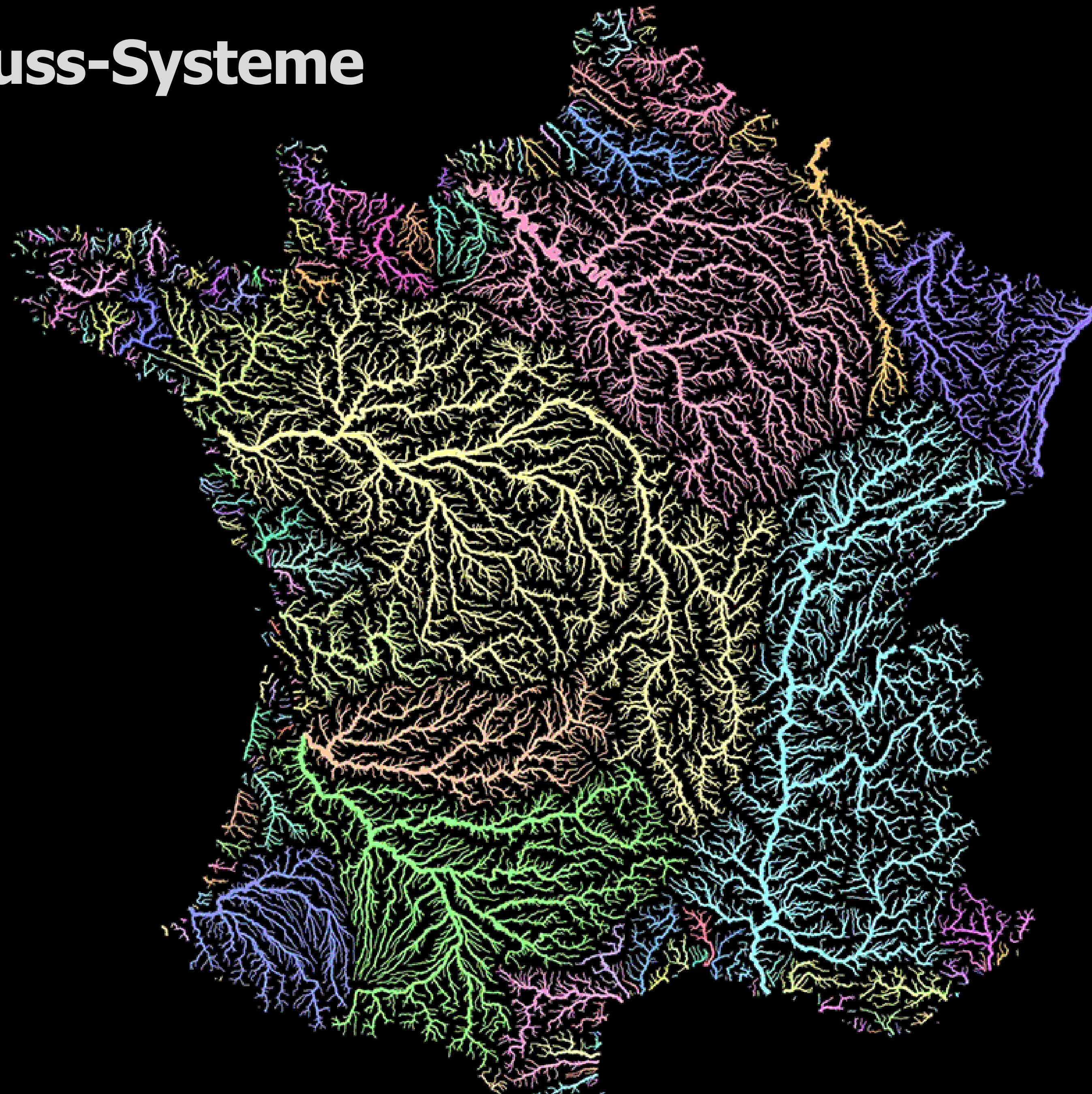
Es ist eine der eher seltenen Verwendungen der Baummetapher, bei der eine zeitliche Entwicklung von den Ästen ausgehend bei der Wurzel zusammenläuft – so gesehen könnte man das Bild fast auch als das Einzugsgebiet eines Flusses namens „Energy“ mit seinen Nebenflüssen interpretieren.

In der Einleitung seines Buches schreibt der Autor: „The symbolical Frontispiece is something of an experiment. All teachers of Physics wish that students could be interested more in the history of the science… The names used may seem to have been chosen in an arbitrary way, but the selection was made with a view to illustrating the text of the book.“ Später erläutert er dazu: „The progress of the science has consisted largely in discoveries of the identity of different forms of energy.“

Eine Buchkritik im „Astrophysical Journal“ urteilte 1926 wohlwollend: „The frontispiece is admirable, showing as it does in diagrammatic form the gradual development of physics since 600 B.C. by the cumulative contributions of the great natural philosophers of twenty-five centuries.“



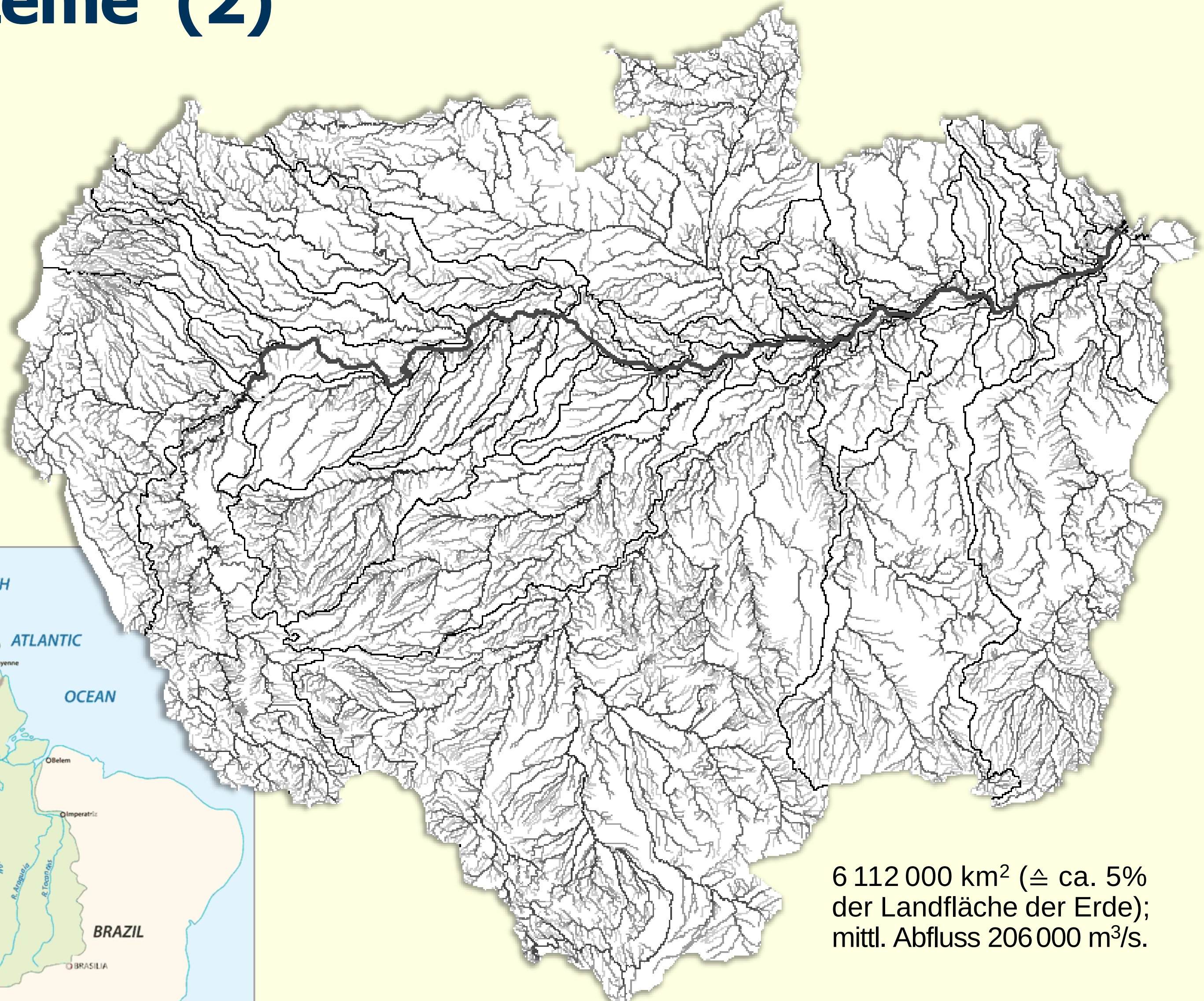
► Fluss-Systeme



► Fluss-Systeme (2)

Beispiele:

- Vorherige slide: Frankreich
- Hier: Amazonas-Becken

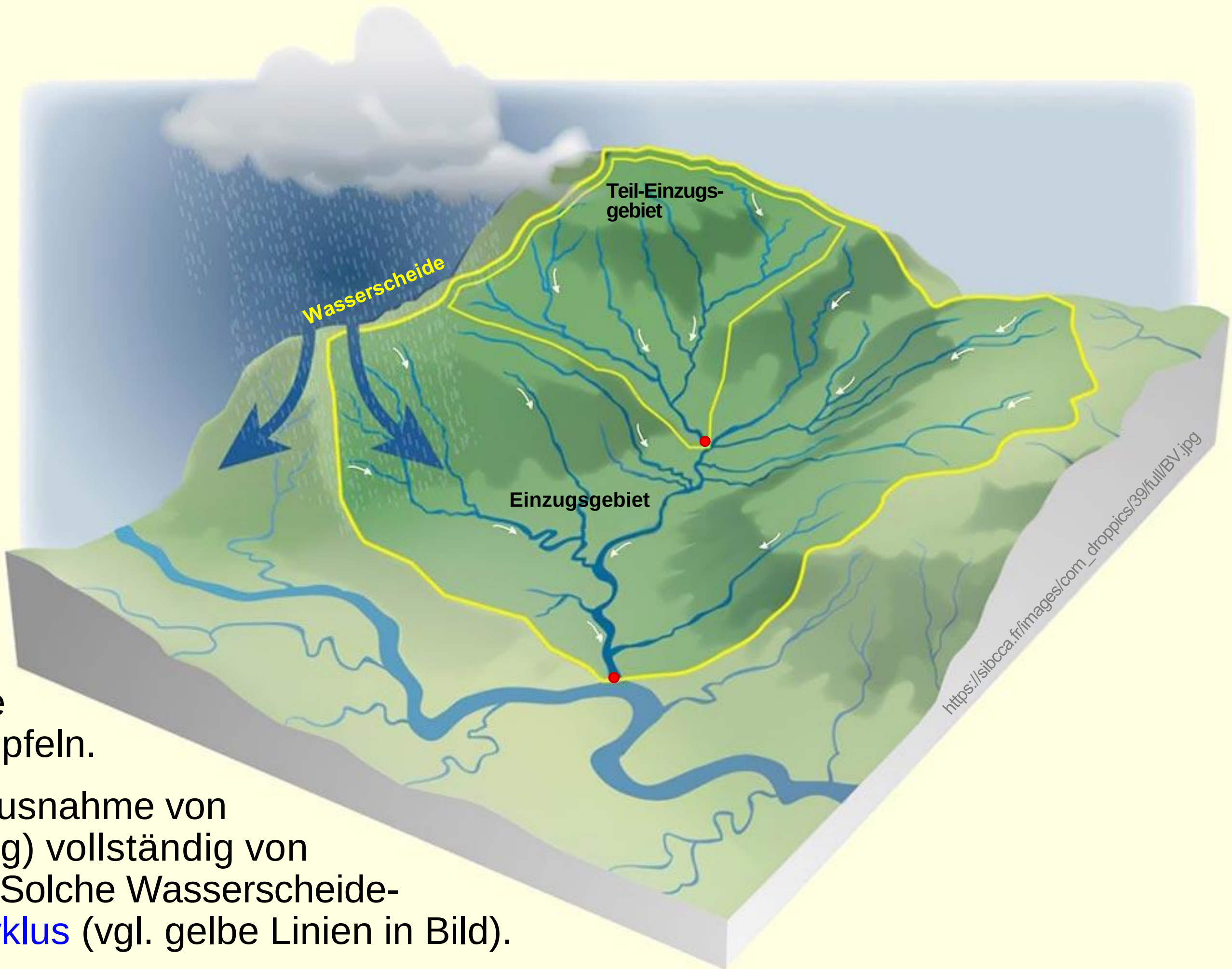


6 112 000 km² (≙ ca. 5% der Landfläche der Erde); mittl. Abfluss 206 000 m³/s.

► Fluss-Systeme (3)

Ein Fluss-System stellt ein Wassereinzugsgebiet dar. Dabei bilden die Nebenflüsse Teil-Einzugsgebiete; rekursiv entsteht so eine Hierarchie von (ineinandergeschachtelten) Einzugsgebieten und damit eine hierarchische Baumstruktur (d.h. ein Wurzelbaum).

Die Grenzlinien benachbarter Einzugsgebiete bilden Wasserscheiden – typischerweise eine Abfolge von Kammlinien und Berggipfeln.

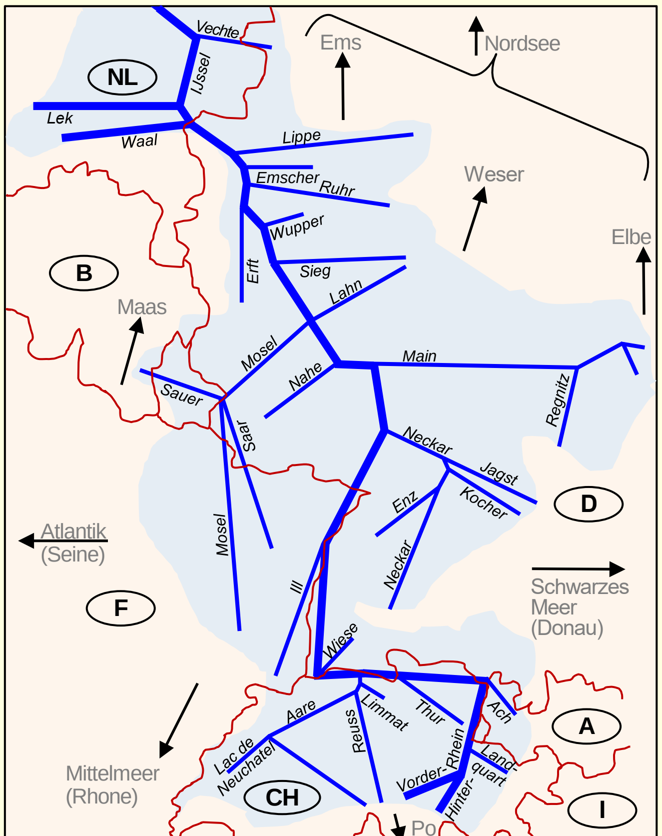


Ein Einzugsgebiet ist (mit Ausnahme von Abflusspunkt bzw. Mündung) vollständig von Wasserscheiden umgrenzt. Solche Wasserscheidelinien bilden daher einen Zyklus (vgl. gelbe Linien in Bild).

► Fluss-Systeme (4)

Flüsse mit ihren rekursiven Nebenflüssen lassen sich strukturell als Bäume auffassen, wenn man Quellen und Mündungen als Knoten ansieht und von Inseln, Seitenarmen, Querkanälen etc. abstrahiert. So idealisiert ist ein Fluss-System („Stromgebiet“) zyklenfrei und zusammenhängend.

Fluss-System des Rheins (schematisch).

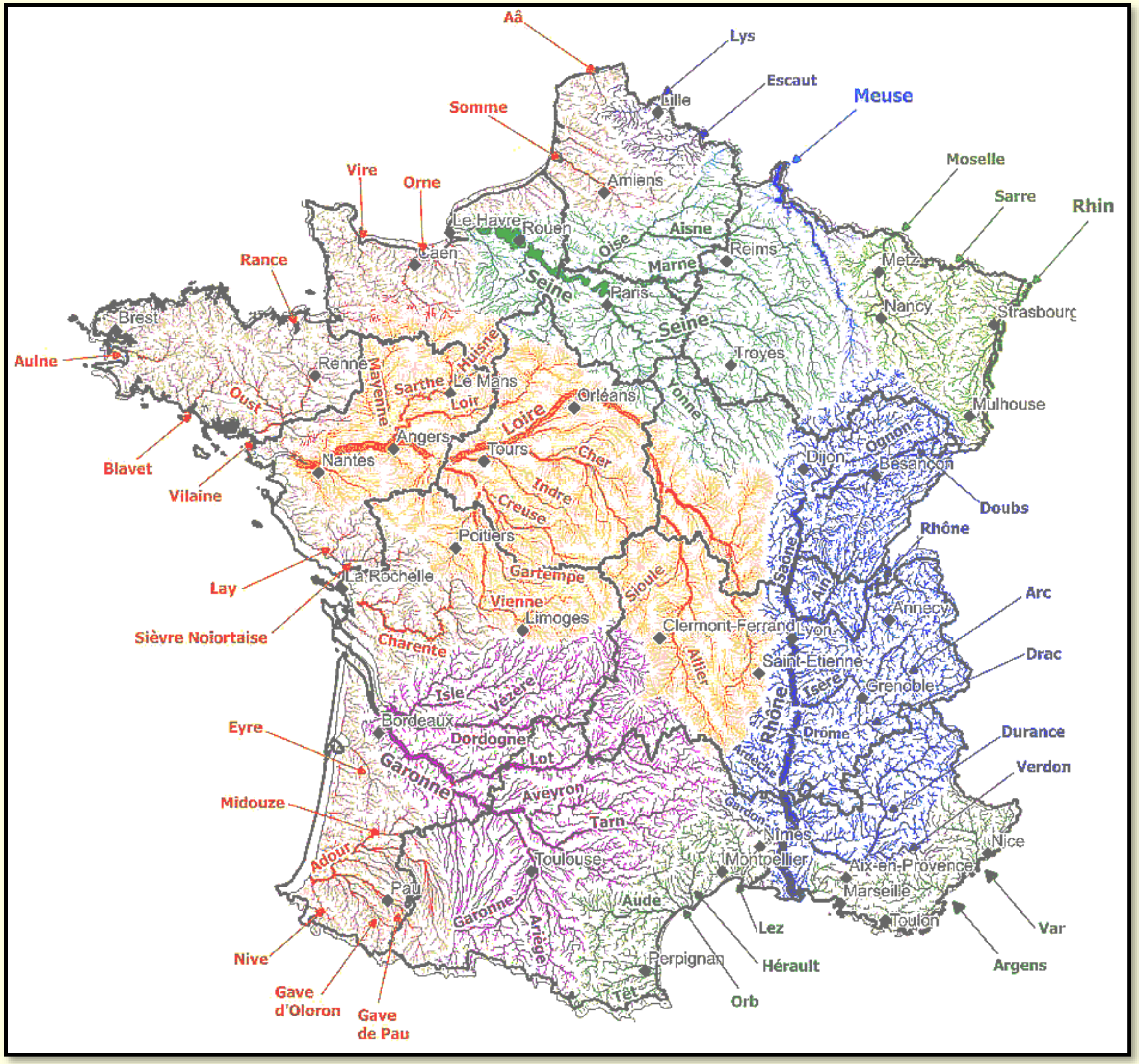


Das Fluss-System der Donau: Bei genauem Hinsehen erkennt man eine „Anomalie“ hinsichtlich der Baum-Topologie: Südlich von Bratislava verzweigt die Donau in zwei Arme („Moson-Donau“ und Hauptarm), welche die ca. 52 km lange „Kleine Schüttinsel“ bilden. Die Donau ist 2857 km lang und hat ein Einzugsgebiet von 817 000 km^2, im Vergleich dazu ist der Rhein 1233 km lang und hat (ohne Maas) ein Einzugsgebiet von 185 300 km^2.

19 Staaten sind am Einzugsgebiet der Donau beteiligt; 61 internationale Abkommen regeln Restwassermengen, Infrastruktur, Hochwassermanagement und Wasserqualität.

Vorlage: Diercke Weltatlas

► Fluss-Systeme (5)



Die grossen französischen Flusseinzugsgebiete (darunter Rhein, Rhone, Garonne, Loire und Seine) sowie die Wasserscheiden als Grenze zwischen den farbig hervorgehobenen Einzugsgebieten benachbarter Fluss-Systeme.

Münden die dazu gehörigen Flüsse in verschiedene Meere, dann ergeben sich Wasserscheiden von kontinentaler Bedeutung →

► Die Europäische Hauptwasserscheide

Die Europäische Haupt- bzw. Kontinentalwasserscheide trennt die Zuläufe zu Atlantik, Nord- und Ostsee einerseits von denen zum Mittelmeer und Schwarzen Meer andererseits; sie verläuft via Finsteraarhorn und Gotthardpass von Gibraltar bis kurz vor Moskau und überquert dabei den Canal du Midi sowie den Main-Donau-Kanal. Sie wäre oft kaum begehbar und ist kein Fernwanderweg.

Südlich dieser Hauptwasserscheide liegen z.B. Kiew, Minsk, Budapest, Wien, München, Lyon; *nördlich* Madrid, Toulouse, Paris, Bern, Prag, Berlin. Lwiw liegt genau *auf* der Wasserscheide.

Betrachtet man eine feingliedrigere Aufteilung der Meere, z.B. Adria und Ägäis oder Nord- und Ostsee, dann ergeben sich weitere „kleinere“ Wasserscheiden zwischen diesen Teilen; dies führt zu einem Geflecht von Wasserscheiden →

► Wasserscheiden
in Europa

Die hier gezeigten wichtigsten Europäischen Wasserscheide<u>linien</u> bilden topologisch einen Baum. Innere Knoten stellen Wasserscheide<u>punkte</u> dar, an denen drei Entwässerungssysteme aneinandergrenzen.

Bei https://continental-divide.eu/map/map.html findet man eine Karte der grossen europäischen Wasserscheiden. Sie basiert auf opentopomap.org, sodass man interaktiv auf einen sehr genauen Massstab hineinzoomen kann.

Hier zwischen Rhein und Donau

► Wasserscheiden
und Kanäle in Deutschland

Eine Wasserscheide kann natürlich keinen Fluss überqueren bzw. durchschneiden. Anders verhält es sich aber bei Kanälen.

So werden etwa die Wasserscheiden zwischen den grossen Flusseinzugsgebieten in Deutschland mehrfach durch schiffbare künstliche Kanäle durchbrochen.

Auf der Höhe von Hannover überwindet z.B. der Mittellandkanal sowohl die Ems-Weser-Wasserscheide als auch weiter östlich die Weser-Elbe-Wasserscheide; in der Fortsetzung wird östlich von Berlin via Havel-Oder- und Spree-Oder-Kanal auch die Wasserscheide zur Oder überquert; die Rhein-Anliegerstaaten sind auf diese Weise via Wasserstrassen mit Polen und Tschechien verbunden. Die Ems-Weser-Wasserscheide wird auf der Höhe von Bremen auch vom „Küstenkanal“ überwunden; noch weiter nördlich verläuft der Ems-Jade-Kanal. Der Dortmund-Ems-Kanal bindet die Ems an das Rhein-Einzugsgebiet an. Eine wichtige Rolle kommt dem Main-Donau-Kanal zu, der die europäische Hauptwasserscheide zwischen Rhein und Donau durchsticht und damit das Schwarze Meer mit der Nordsee verbindet.

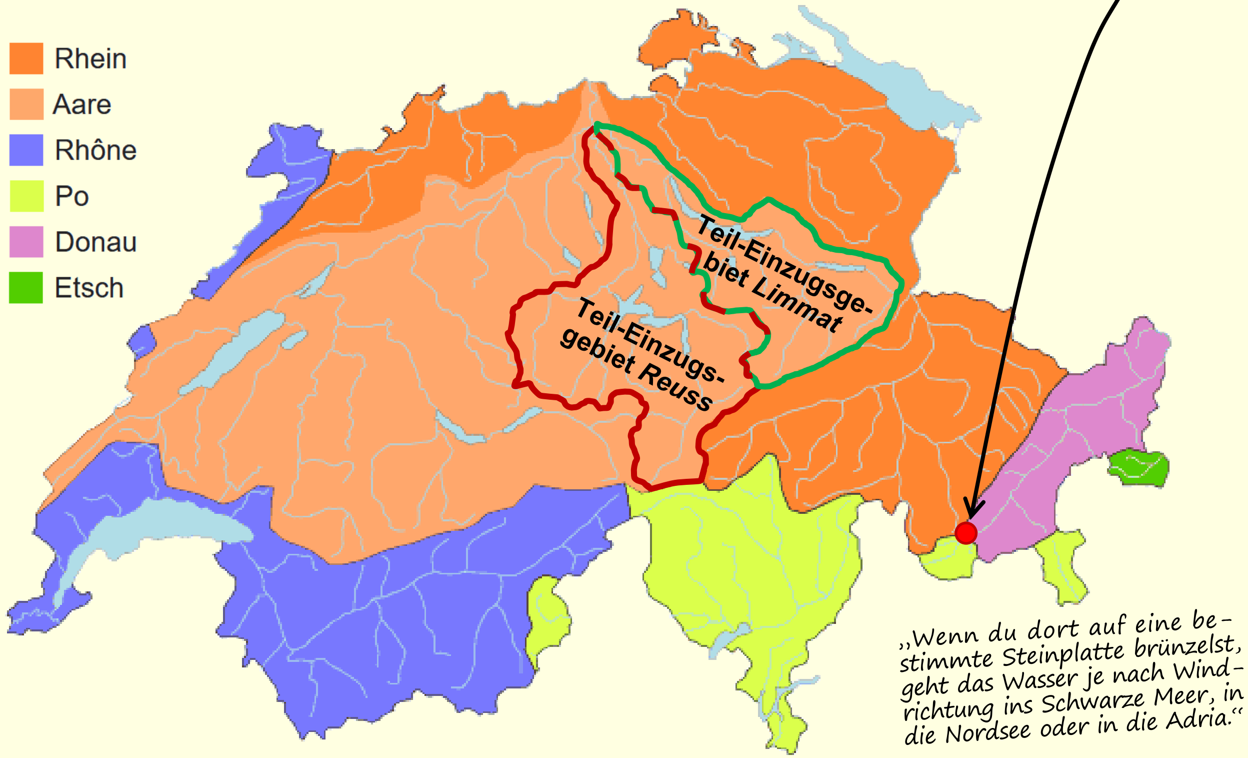
Skulptur „Scheitelhaltung“ am Main-Donau-Kanal.

https://cdn4.vectorstock.com/i/1000x1000/82/33/detailed-map-of-the-watersheds-in-germany-vector-4918233.jpg

► Wasserscheiden

und Fluss-Einzugsgebiete der Schweiz

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Suisse_hydrologie.svg

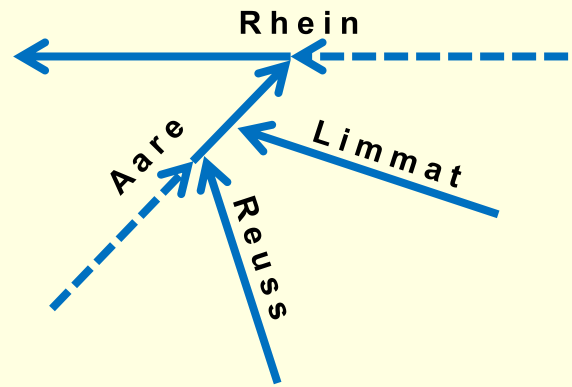


Die Aare (mit den Nebenfluss-Systemen Reuss und Limmat) ist ein Nebenfluss des Rheins (der bei der Mündung in den Rhein im langjährigen Mittel 25% mehr Wasser führt als der Rhein selbst). Das Aare-Einzugsgebiet ist daher ein Teil-Einzugsgebiet des Rheins. Po und Etsch münden beide in die Adria als Teil des Mittelmeers, in das auch die Rhone mündet. Die Grenze zwischen dem Gebiet von Rhein (mit Aare) einerseits und den vier anderen Einzugsgebieten ist Teil der Europäischen Hauptwasserscheide. Generell stellen Grenzlinien (im Inland) zwischen zwei Farben Wasserscheiden dar.

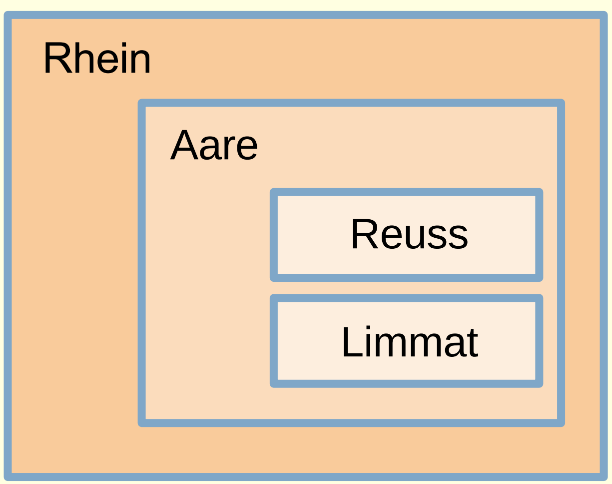
► Fluss-Einzugsgebiete

Rhein (Aare (Reuss, Limmat, …), …)

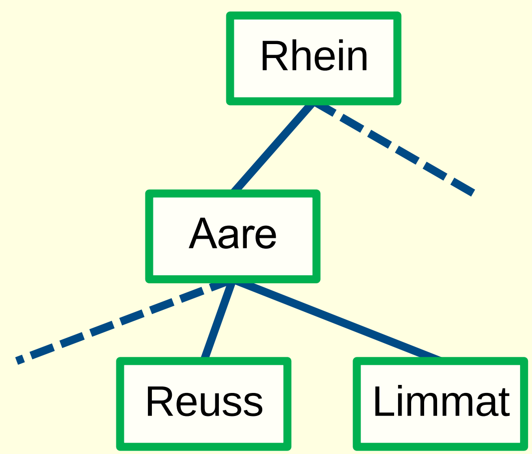
Flüsse und Einzugsgebiete geographisch



Flüsse schematisch



Einzugsgebiete schematisch als Baum
(in Mengendiagramm-Darstellung)



Einzugsgebiete hierarchisch als Baum
(in Graph-Darstellung)

► Fluss-Einzugsgebiete

Wasserscheidepunkt am Pass Lunghin

Durch Langzeitbelichtung und selektives Beleuchten der nächtlichen Landschaft hat Fotografin Regina Hügli die Wasserscheiden am Pass Lunghin, wo auch der rätoromanische, italienische und deutsche Sprachraum zusammentreffen, sichtbar gemacht.

Geboren 1975 in Oxford, wuchs die Schweizer Fotografin und Kampfkünstlerin in England, Deutschland und der Schweiz (Matura in Basel) auf. Sie studierte zunächst Vergleichende Religionswissenschaften und Kunstgeschichte an den Universitäten Bern und Zürich, wechselte dann an die Zürcher Kunsthochschule (Fachklasse Fotografie, Diplom 2002) und lebt heute in Wien.

„Die Schweiz ist das Herz Europas, lernen wir in der Schule, wenn nicht die Wiege, so doch der Ausgangspunkt, die Quelle, denn von hier fließen die Wasser nach allen Seiten, im Gotthardgebiet entspringen die Rhone, die ins Mittelmeer fließt, der Rhein, der sich in die Nordsee ergießt, der Po, der sich träge zur Adria wälzt und der Inn, der sich auf den langen Weg Richtung Schwarzes Meer macht. In kaum einem Schulbuch fehlt diese erste Verortung Europas an den Steinwänden des Gotthards. Europa entspringt, zumindest in den Köpfen schweizerischer Schulbuchautoren und auch mancher Politiker, am Gotthard; müsste man also ein geographisches Symbol suchen, das alle Regionen Europas miteinander verbindet, es läge nach Ansicht der Schweizerinnen und Schweiz hier.“
-- Walter Leimgruber, Professor für Kulturwissenschaft & Europäische Ethnologie an der Universität Basel.

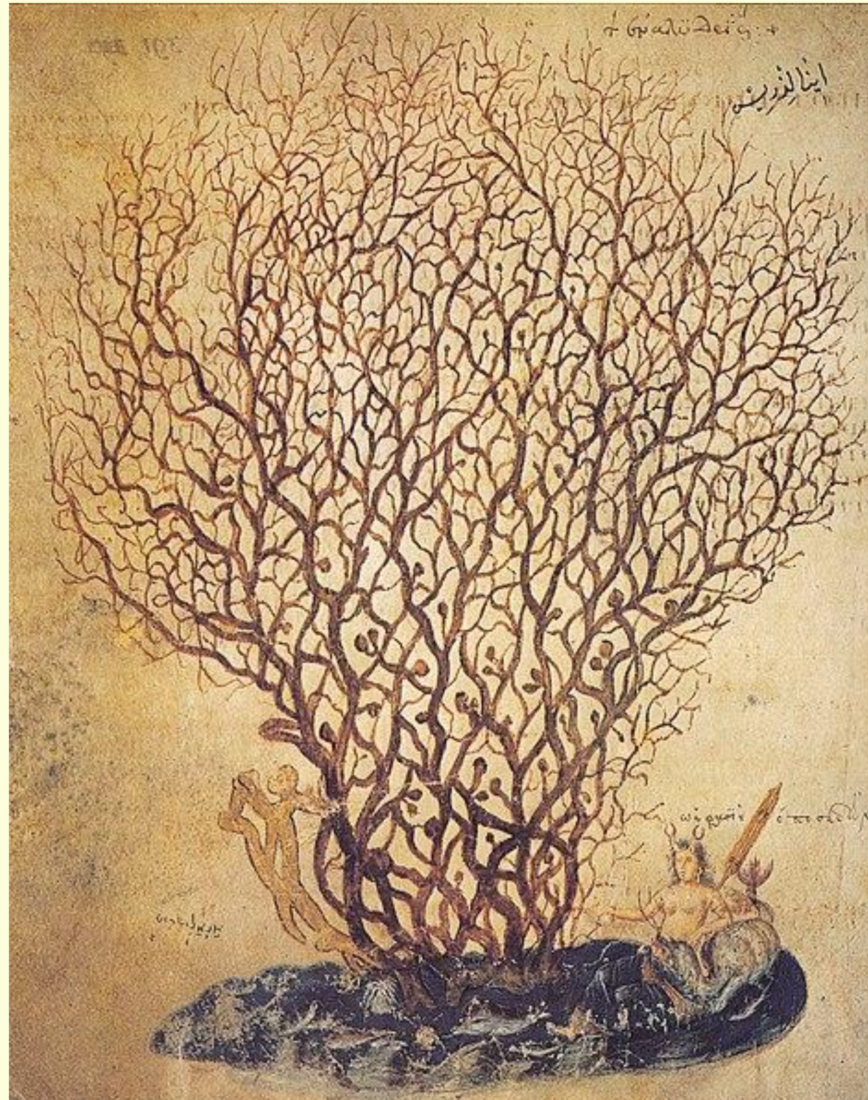
► Korallen

Abbildung aus dem „Wiener Dioskurides“, einer prachtvoll illustrierten pharmakologisch-zoologischen Sammelhandschrift in griechischer Sprache, die in grossen Teilen auf einem Werk aus dem 1. Jh. basiert.

Der Wiener Dioskurides (benannt nach dem heutigen Aufbewahrungsort sowie dem griechischen Arzt Dioskurides Pedanios des 1. Jh.) gehört zum Unesco-Weltdokumentenerbe.

Korallen galten seinerzeit als Pflanzen, Dioskurides nannte sie „Meeresbäume“. Das Bild gehört zum Lehrgedicht „Carmen de viribus herbarum“ über Heilpflanzen; rechts die Göttin Thalassa, die Personifikation des Meeres – ihr linker Arm, der ein Ruderblatt hält, ruht lässig auf einem Seemonster.

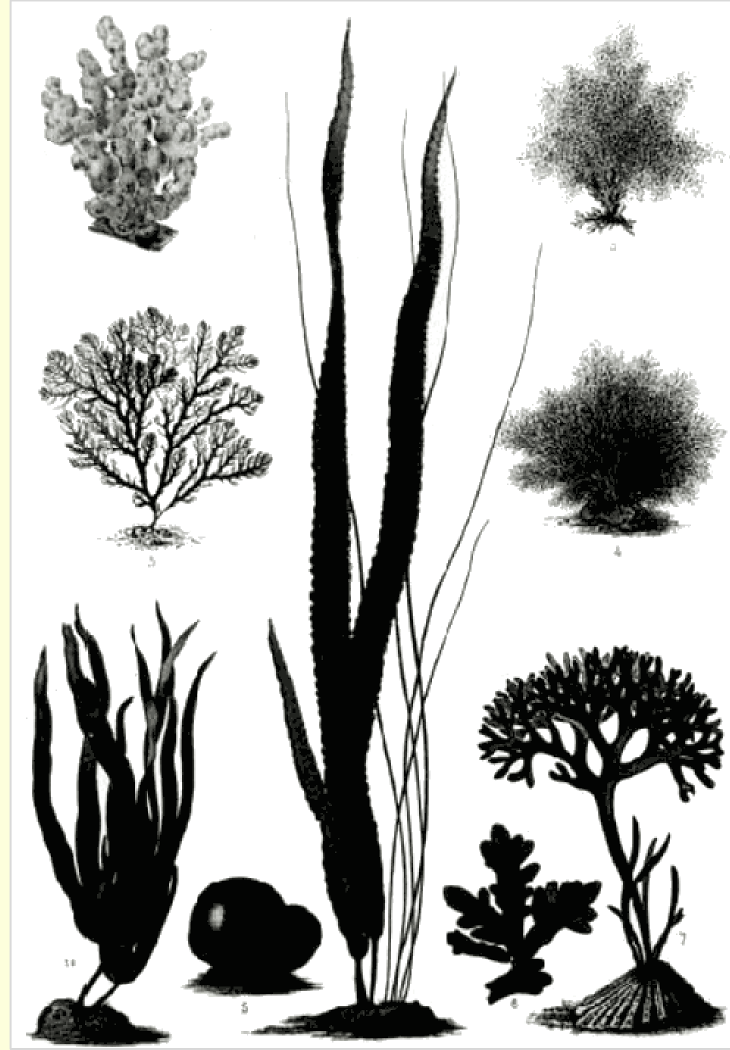
Angefertigt wurde der Codex in Konstantinopel um das Jahr 512 als Geschenk der Bürger für die kaiserliche Prinzessin Juliana Anicia, die als wohlhabende und theologisch sowie wissenschaftlich Interessierte der Stadt Konstantinopel eine Marienkirche stiftete.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wiener_Dioskurides_Corallus.jpg

„Dieses Gewächs ist nämlich ein Heil- und Abwehrmittel gegen alles Böse, das die Erde und die Meeresflut trägt. Es spendet den Embryos Leben, wenn es die Frauen unter dem Bauch tragen. Verwende es gegen die aufkommenden Angstzustände in der Nacht, gegen böse Bezauberung der Menschen und grausiges Leid. Das Gewächs behütet auch den Körper und verscheucht unsagbar Böses.“

► Korallen (2)

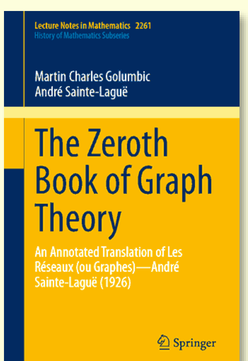


www.lip6.fr/colloquium/Golumbic-2021-06-08.pdf

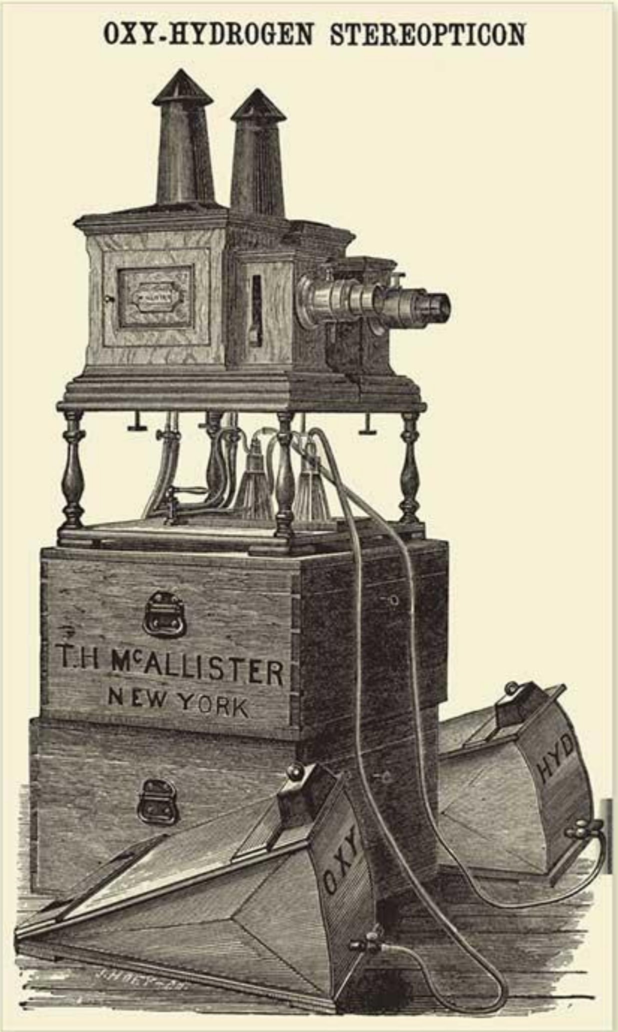
Korallen, genauer Korallenskelette, sehen tatsächlich oft aus wie Bäume, sie verzweigen sich mehrfach.

Hierzu eine der „slides“ in Form einer Glasplatte, die der französische Mathematiker André Sainte-Laguë (1882 – 1950) in seiner Vorlesung benutzte, um den Studierenden die Baumstruktur von Korallen zu demonstrieren.

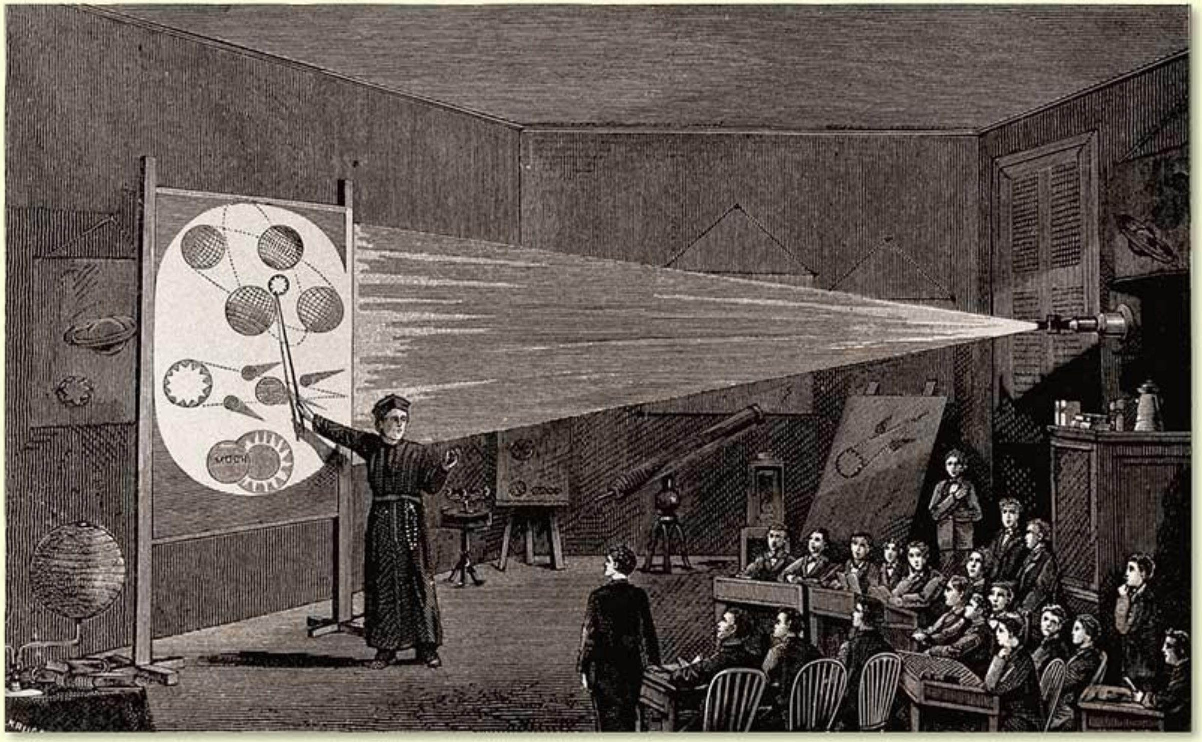
Sainte-Laguë war ein Pionier der Graphentheorie; er schrieb 1926, noch vor Dénes Kőnig, das erste Buch über Graphentheorie, „Les réseaux (ou graphes)“. Es fand allerdings ausserhalb der frankophonen Welt wenig Beachtung, im Allgemeinen wurde das exzellente Buch von Dénes Kőnig als erstes Graphentheorie-Lehrbuch angesehen. Erst neulich erschien eine kommentierte englische Ausgabe, auch wenn dies nun nur noch von historischem Interesse ist. Der Herausgeber nannte es schalkhaft „The Zeroth Book of Graph Theory”.



Sainte-Laguë war ein bei Studierenden sehr beliebter Professor am Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) in Paris. Dort hatten seine Vorlesungen bis zu 2500 Zuhörer – da der grösste Hörsaal nur 900 Personen fasste, hielt er die Vorlesung 3-mal im Semester. Ein Grund für seine Beliebtheit war, dass er für die damalige Zeit modernste Technologie im Unterricht einsetzte – dazu gehörten projizierte Bilder und ab 1928 auch Filme („tout ce qui bouge attire immanquablement l’œil“), z.B. in seiner Geometrie-Vorlesung.



https://archive.org/details/gri_33125010718555/page/n53/mode/1up

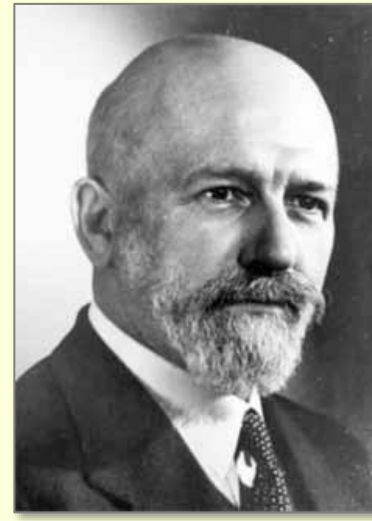


https://santaclaramaga.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2007/10/ScienceClass.jpg

Techniken und Geräte zur Projektion von Bildern sind älter als man zunächst vermuten würde. Christiaan Huygens verbesserte die „Laterna magica" im 17. Jh. wesentlich durch den Zusatz von Linsensystemen; im 19. Jh. gab es intensive Lichtquellen, mit denen man Diapositive auf Glasplatten auch in grossen Räumen projizieren konnte: Zunächst „Kalklicht", wo eine Knallgasflamme (aus einem Gemisch aus Sauerstoff und Wasserstoff) auf ein Stück Branntkalk gerichtet wurde und dieses zu intensivem Leuchten brachte, später wurde die explosionsgefährdete Apparatur durch elektrische Kohlebogenlampen ersetzt.

In seinem Graphentheorie-Buch geht Sainte-Laguë u.a. auf die Tiefensuche ein, um entsprechend zu Trémaux bzw. Tarry Labyrinthe zu durchlaufen und dabei eine Baumstruktur zu gewinnen, damit Zyklen https://magiclanternmuseum.com/files/pdf/scua/ml_gazette/mlgvol27no01.pdf

Eine Anzeige (USA) aus dem Jahr 1908.



André Sainte-Laguë.

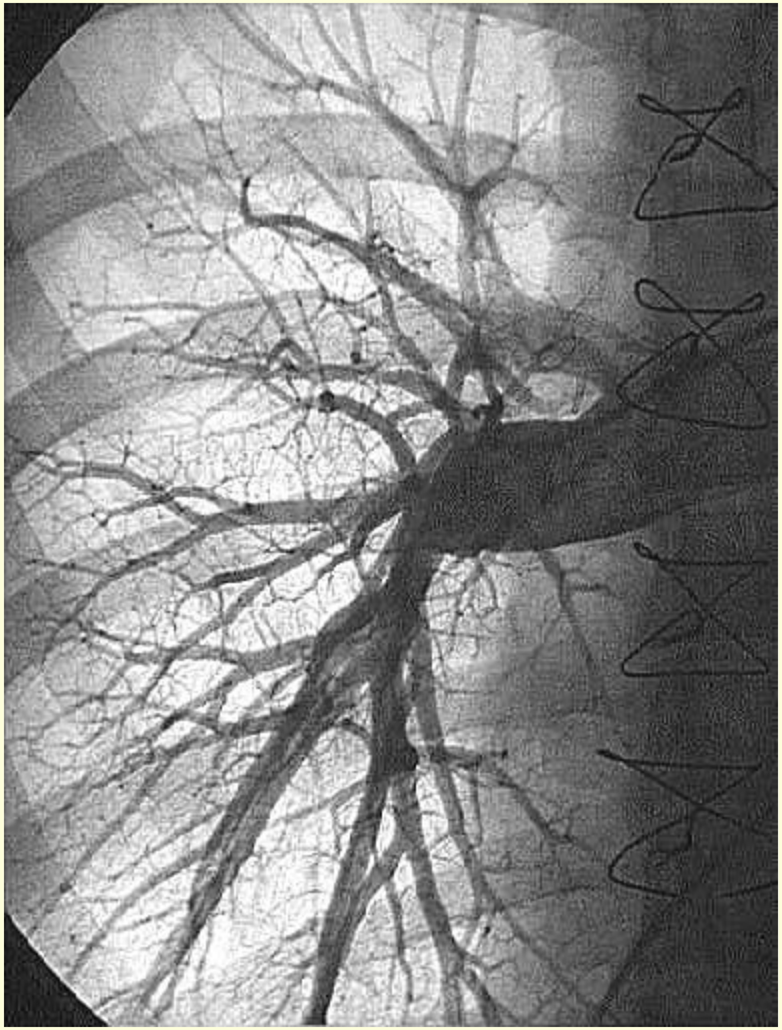
aufgebrochen bzw. vermieden werden. Neben seinem Buch über Graphentheorie verfasste Sainte-Laguë auch mehrere populärwissenschaftliche Bücher. Am bekanntesten ist er heute jedoch für ein Sitzzuteilungsverfahren bei Wahlen, das seinen Namen trägt (in den USA wird es allerdings „Webster method" genannt). Er veröffentlichte dies 1910 im Alter von 28 Jahren („La représentation proportionelle et la méthode des moindres carrés") – heute ersetzt es weltweit zunehmend andere Algorithmen (z.B. nach Hondt bzw. Hare/Niemeyer), die grössere Verzerrungen bei der Abbildung der Stimmen auf die Sitze bewirken. Die Methode kommt z.B. seit 2009 bei Bundestagswahlen in Deutschland und bei einigen kantonalen Parlamenten der Schweiz (Aargau, Basel-Stadt, Schaffhausen, Zürich) zur Anwendung.

Zu Zürich vgl.: Friedrich Pukelsheim und Christian Schuhmacher: Das neue Zürcher Zuteilungsverfahren für Parlamentswahlen. Aktuelle Juristische Praxis (AJP) 2004, S. 505–522

"In the summer of 2017 there were major street demonstrations in Iraq in protest against proposals to modify the seat allocation method used. The 'pure' Sainte-Laguë method uses divisors of 1, 3, 5, 7 ... etc. In the past some countries used a 'modified' version in which the first divisor, instead of being 1, was 1.4, which made it somewhat more difficult for small parties to win a first seat. In August 2017 the Iraqi parliament decided that the first divisor should be 1.9, and though as a result of widespread protests it reduced this to 1.7, representatives of small parties were understandably still dissatisfied. ... This may well be the first time anywhere in the world that disagreement over the size of one of the Sainte-Laguë divisors has led to street protests."

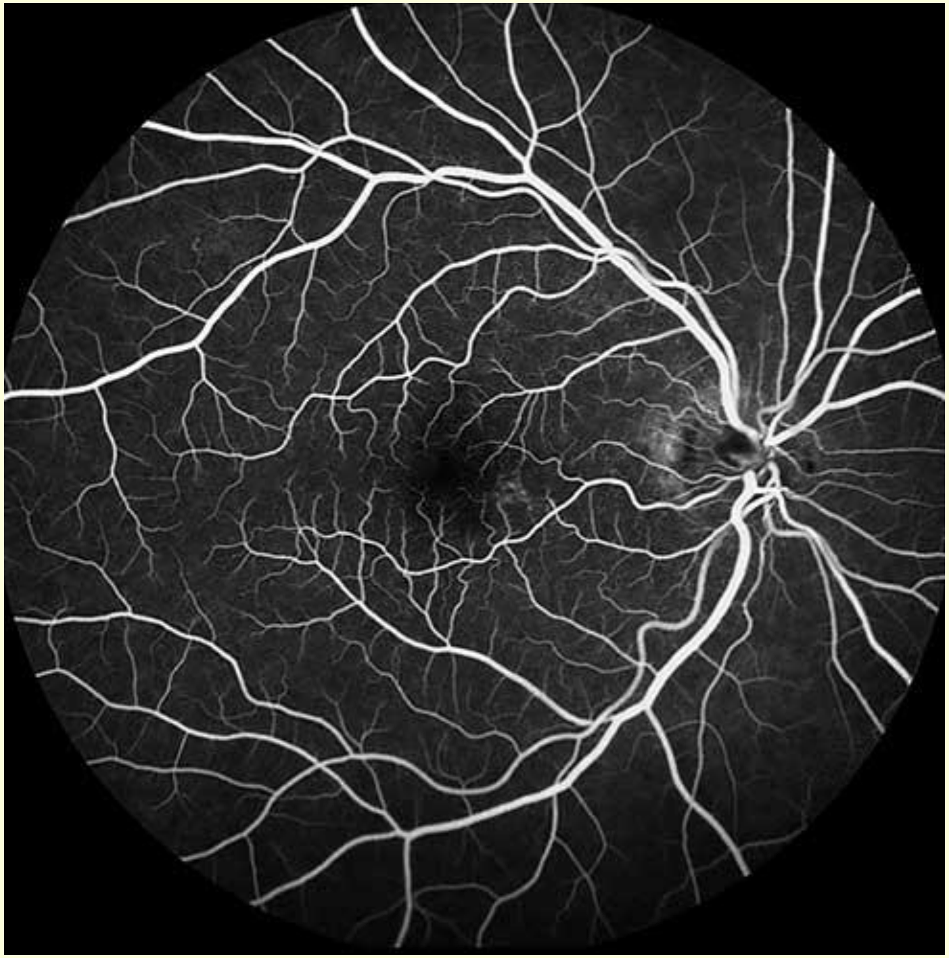
-- www.tcd.ie/Political_Science/about/people/michael_gallagher/ElSystems/Docts/saintel.php

► Arterien



Angiogramm der Lungenarterien

https://kardiologie-heute.de/Archiv_2012/



Angiogramm des Auges

www.a-wie-augenarzt.de/wp-content/uploads/2014/07/4.-gesunde-Angio.jpg

► Dendrit

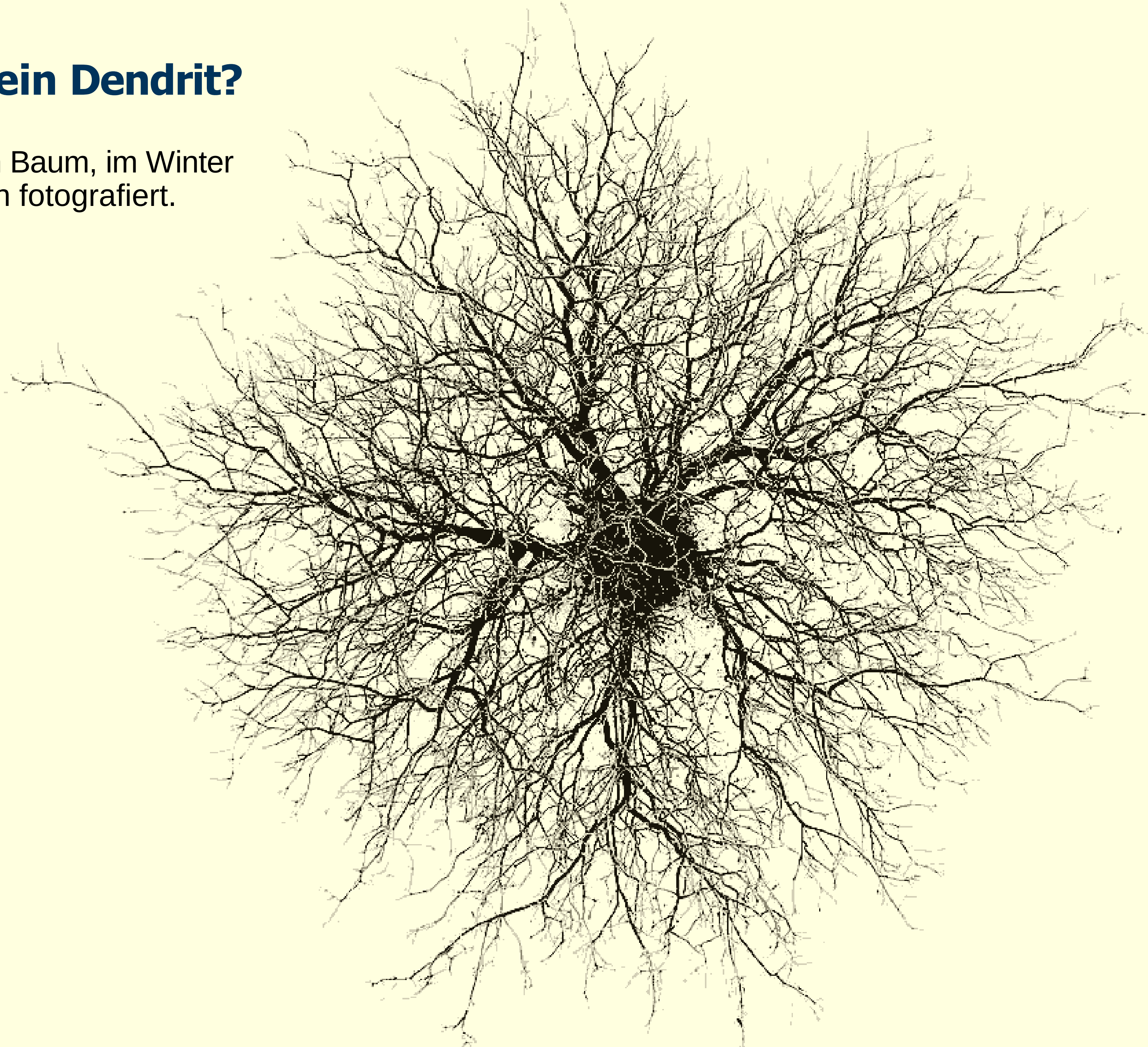
Dendriten (altgr. δένδρον *dendron* „Baum“ bzw. dendrites „gehörend zu einem Baum“) sind Fortsätze von Nervenzellen (Neuronen), die aus dem Zellkörper hervorgehen. Sie bilden mittels Synapsen Kontaktstellen zu anderen Zellen; die Signalübertragung erfolgt im allg. über chemische Botenstoffe (Neurotransmitter), seltener auch elektrisch. Der Dendritenbaum einer Nervenzelle kann mehrere Tausend synaptische Kontakte umfassen.

Das menschliche Gehirn besteht aus ca. neunzig Milliarden Nervenzellen. Die Gesamtzahl an Synapsen wird auf knapp eine Billiarde geschätzt.

www.mbfbioscience.com/sites/default/files/montage_c1 channel_0.PNG

Auch ein Dendrit?

Nein: ein Baum, im Winter
von oben fotografiert.

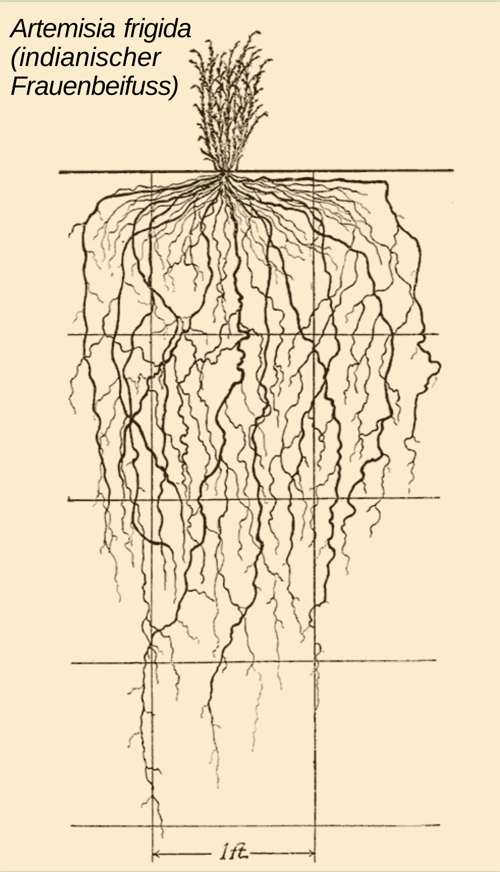


https://1xondemand.com/featured/dendrites-branko-markovic.html

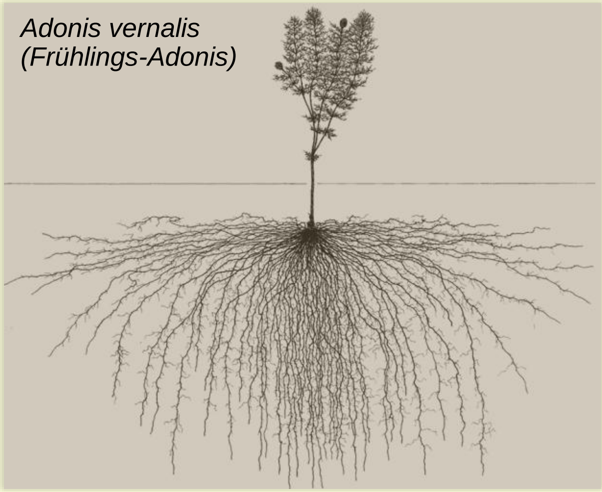
Pflanzenwurzeln

Pflanzenwurzeln bilden oft ein Geflecht, dessen Struktur fast einem idealen (mathematischen) Baum entspricht.

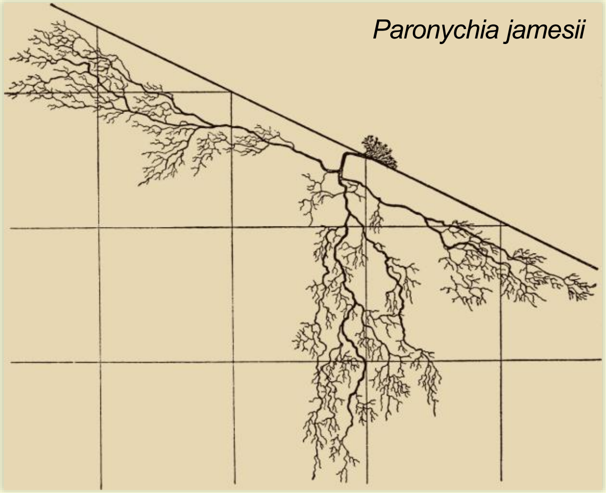
Bilder li. und Mi. un.: „The ecological relations of roots, 1919“ (John E. Weaver, 1884-1966); re. und Mi. ob.: “Wurzelatlas mitteleurop. Grünlandpflanzen” (L. Kutschera; E. Lichtenegger)



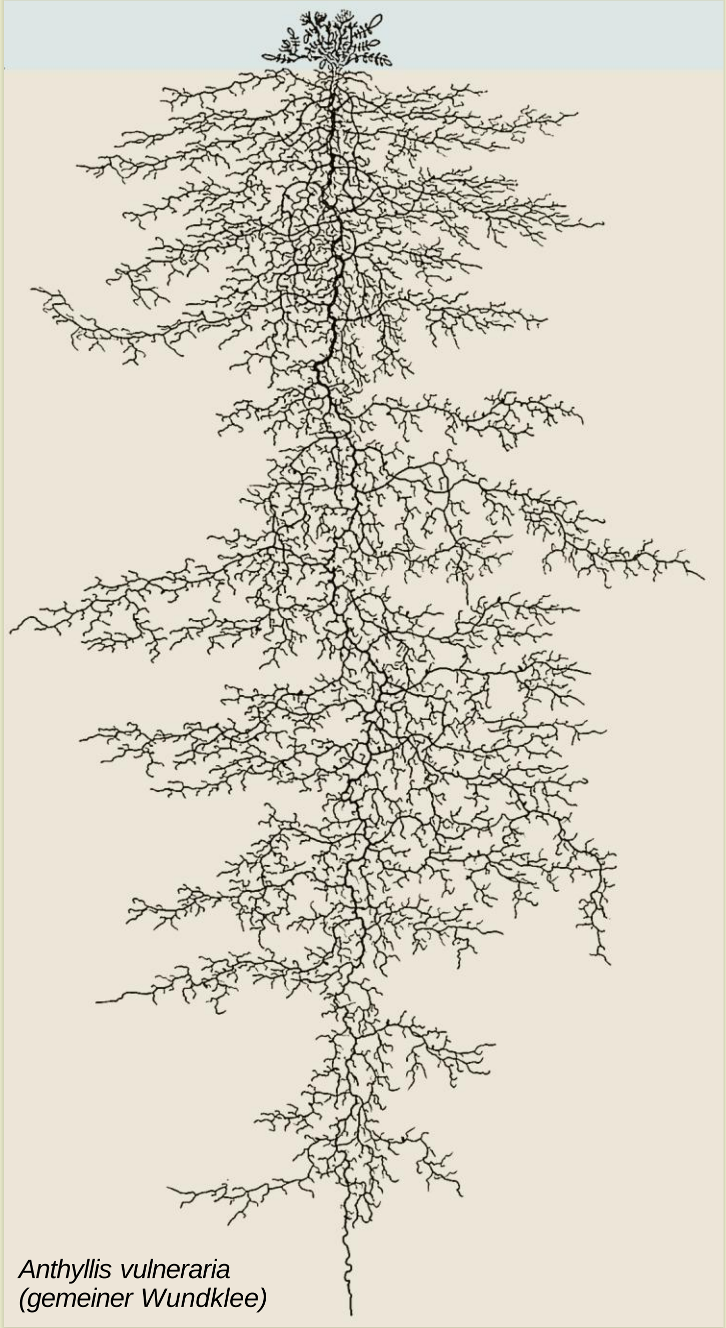
Artemisia frigida (indianischer Frauenbeifuss)



Adonis vernalis (Frühlings-Adonis)



Paronychia jamesii



Anthyllis vulneraria (gemeiner Wundklee)

Blue Tree

Wie viele Bäume sind wohl schon gemalt worden? Milliarden? Dieses Bild („blue tree“, Druck in Aquatinta-Technik, 1998) stammt vom US-amerikanischen Künstler Donald Baechler (1956 - 2022). Baechler lebte in New York und war in den 1980er-Jahren Teil der East-Village-Kunstszene, zu der beispielsweise auch Keith Haring gehörte.

Sein Stil ist durch andere Pop-Art-Künstler wie Andy Warhol, Robert Rauschenberg und Roy Lichtenstein beeinflusst, jedoch sind seine Bilder bewusst schlicht gehalten und erinnern manchmal an Kinderzeichnungen mit einfachen und klar erkennbaren Motiven. Seine Werke wurden daher gelegentlich auch als „banal“ kritisiert. Und doch finden sich diese heute nicht nur im MoMA und im Guggenheim-Museum in New York, sondern u.a. auch im Stedelijk Museum in Amsterdam sowie im Centre George Pompidou in Paris.

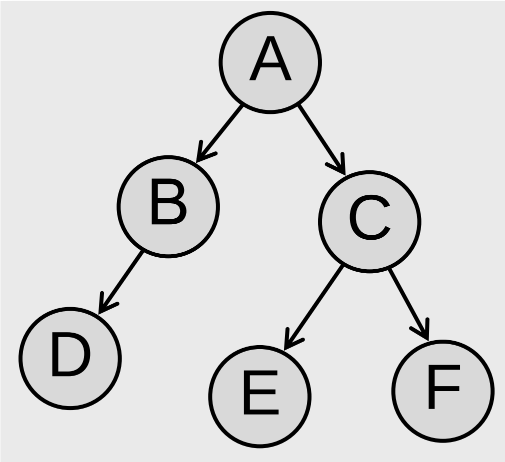
◄◄ Noch mehr Bäume

- Einige der oben angerissenen Aspekte werden später vertieft, z.B.:
  - Syntaxbäume für die Analyse von Programm-strukturen und formelmässigen Konstrukten
  - Konzeptbäume zur Festlegung von begrifflichen Hierarchien bei der Objektorientierung
  - Spielbäume zur Analyse strategischer und kom-binatorischer Entscheidungssituationen
- Wir werden im Folgenden auch noch an-dere Anwendungsbereiche sowie spezia-lisiertere Baumtypen kennenlernen, z.B.:
  - Operatorbäume für arithmetische Ausdrücke
  - Suchbäume zum effizienten Zugriff auf Daten mit Schlüsselwerten
  - Backtrack-Bäume zum systematischen Durch-forsten kombinatorischer Zustandsräume

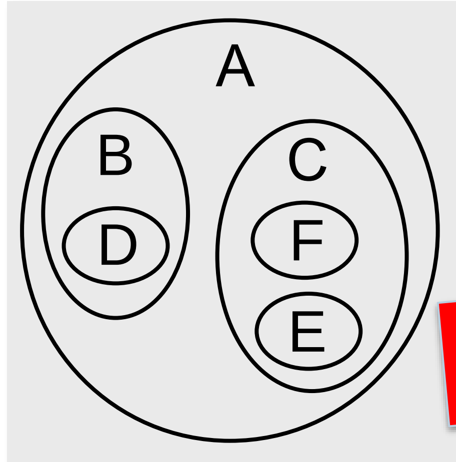
Throughout human history, the tree structure has been used to explain almost every facet of life: from consanguinity ties to cardinal virtues, systems of law to domains of science, biolog-ical associations to database systems. It has been such a suc-cessful model for graphically displaying relationships be-cause it pragmatically express-es the materialization of multi-plicity (represented by its suc-cesssion of boughs, branches, twigs, and leaves) out of unity (its central foundation trunk, which is in turn connected to a common root, source, or ori-gin). -- *Manuel Lima*


EUROPA
CEPT
BELGIË
BELGIQUE
3F
EUROPA
CEPT
POSTE ITALIANE
L.70
1962
EUROPA
CEPT
ÍSLAND
6.50 KR
EUROPA
CEPT
HELVETIA
50
1962
COURVOISIER S.A.
EUROPA
POSTES
CEPT
REPUBLIQUE FRANÇAISE
0,25
EUROPA
CEPT
NORGE
50
EUROPA
CEPT
TÜRKIYE CUMHURIYETI POSTALARI
75 KURUŞ
EUROPA
CEPT
ΕΛΛΑΣ
2.50 ΔΡ.
EUROPA
CEPT
ÉIRE
1/3
EUROPA
CEPT
NEDERLAND
12c
EUROPA
CEPT
LUXEMBOURG
5F
1962
COURVOISIER S.A.
EUROPA
CYPRUS
ΚΥΠΡΟΣ - KIBRIS
10M

Darstellung von Wurzelbäumen



Als (gerichteter) Graph



Als Mengendiagramm
(zeigt „Verschachtelung")

Alles sind nur unterschiedliche Darstellungen des gleichen „abstrakten" Baums!

Man wähle die für den jeweiligen Zweck geeignetste!

In eingerückter Form („indentation")

```
A
  B
    D
  C
    E
    F
```

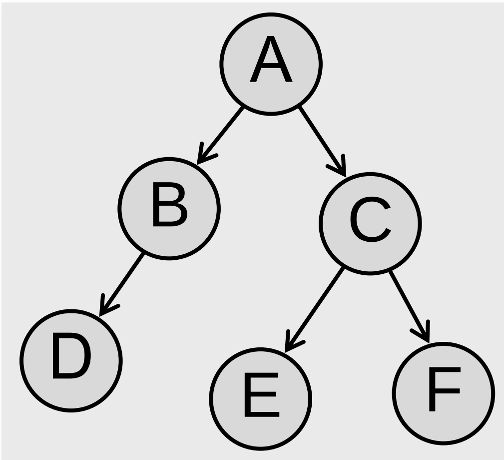
A (B (D) , C (E , F))

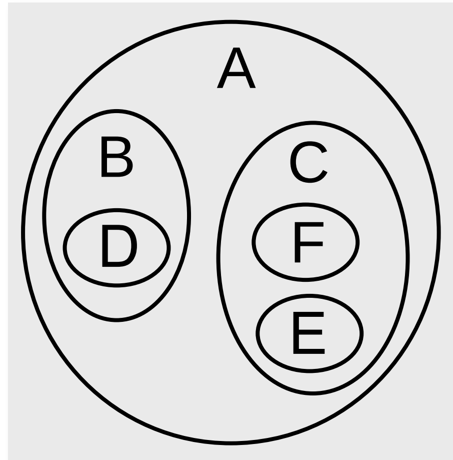
In Klammerdarstellung

Name der Wurzel, danach in Klammern die Unterbäume, jew. durch Komma getrennt

Lineare Darstellung ist sehr kompakt; geeignet z.B. zum Speichern von Bäumen in Text-Dateien oder zur Ein- / Ausgabe

Darstellung von Wurzelbäumen





Alles sind nur unterschiedliche Darstellungen des gleichen „abstrakten" Baums!

Mit jeweils exakt derselben Bedeutung

Sind verschiedene Zeichen für denselben (abstrakten) Baum

Alle Darstellungen sind gleichwertig (→ „äquivalent")

A
  B
    D
  C
    E
    F

A (B (D) , C (E , F))

Zum einzigen & wahren Wert

Mengendiagramme können allerdings (im Unterschied zu den anderen Darstellungen) keine Ordnung auf Unterbäumen ausdrücken

Darstellung von ~~Wurzelbäumen~~

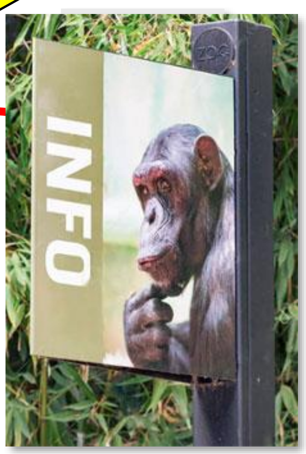
Alles sind nur unterschiedliche Darstellungen des gleichen

Mit jeweils exakt derselben Bedeutung

Alle Darstellungen sind gleichwertig (→ „äquivalent")

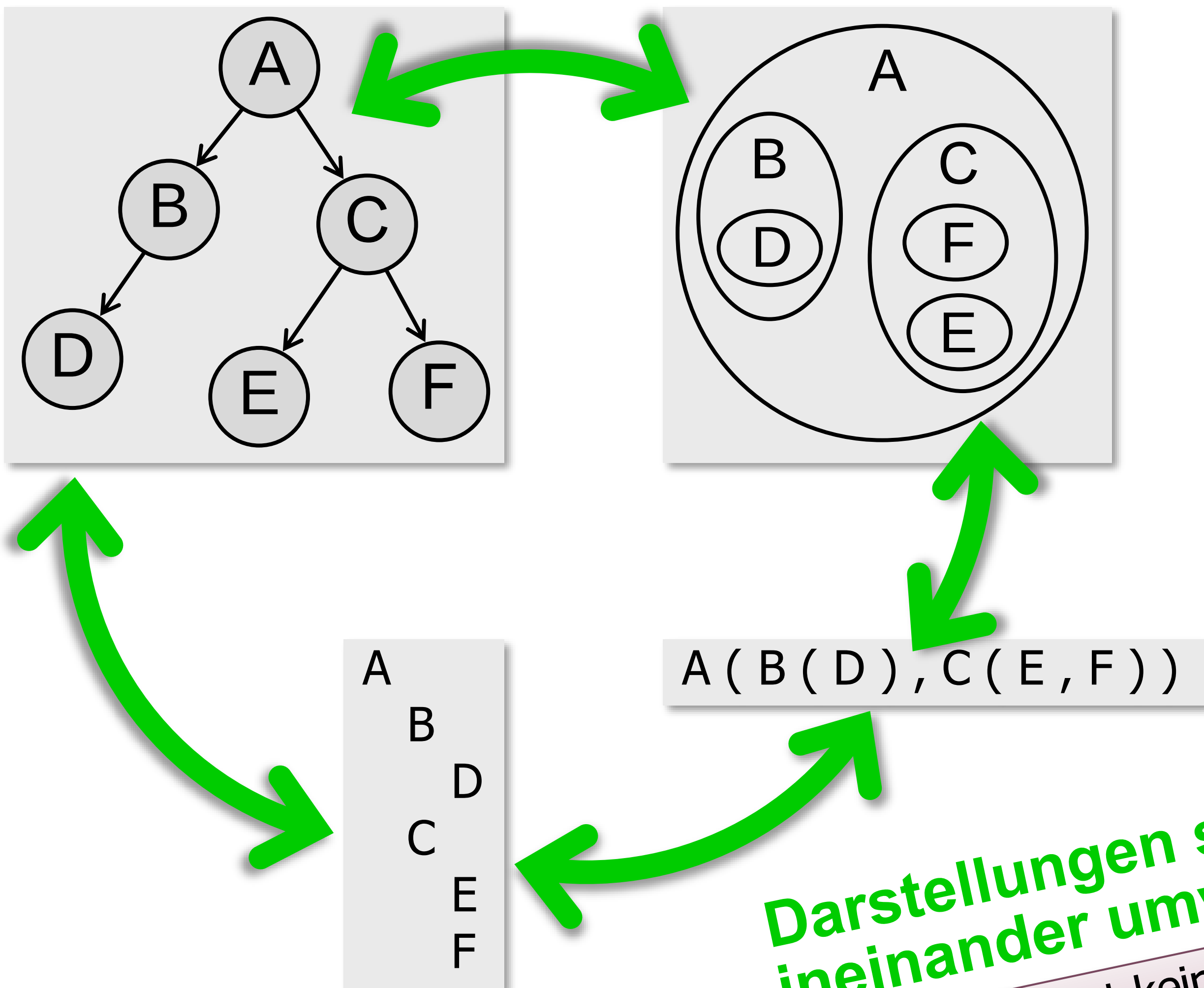
Sind verschiedene Zeichen für denselben Affen „Chacha"

Zum einzigen & wahren Affen



Für scholastische Geister: Sollte man von „**demselben**" abstrakten Baum sprechen oder von „**dem gleichen**"? (Vor Gericht zum Beispiel kann es relevant sein, ob ein Zeuge dasselbe oder „nur" das gleiche Auto gesehen hat.)

Darstellung von Wurzelbäumen



Alles sind nur unterschiedliche Darstellungen des gleichen „abstrakten" Baums!

Mit jeweils exakt derselben Bedeutung

Alle Darstellungen sind gleichwertig (→ „äquivalent")

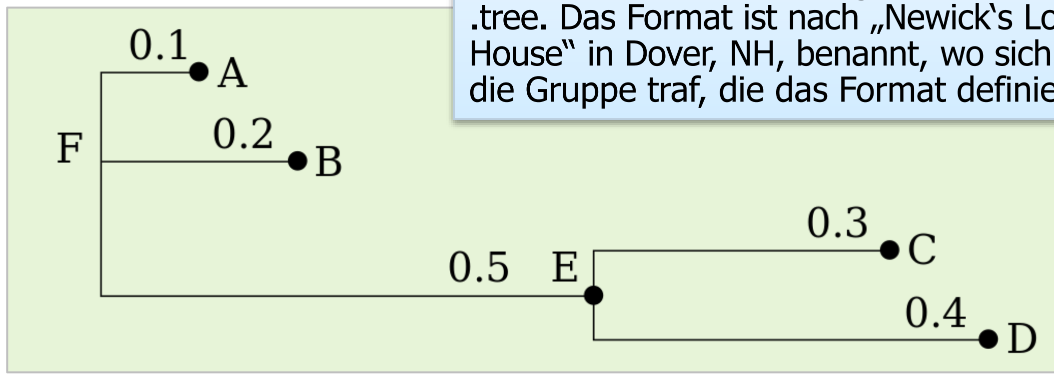
Darstellungen systematisch ineinander umwandeln?

Ja, das ist keine allzu schwere Übung → am besten mit rekursivem Ansatz

Scientists want to show that things that don't look alike are really the same. -- Gian-Carlo Rota

Das Newick-Baumformat

Das Newick-Format wird von den meisten Software-Tools akzeptiert, mit denen man phylogenetische Bäume bzw. Phylogramme analysieren und visualisieren kann. Dateien mit dieser Baumdarstellung haben das Suffix .tree. Das Format ist nach „Newick's Lobster House" in Dover, NH, benannt, wo sich 1986 die Gruppe traf, die das Format definierte.



Das Newick-Format wurde vor allem zur Darstellung phylogenetischer Bäume in der Biologie entwickelt, bei denen die Längen der Kanten relevant sind, weil diese z.B. ein Mass für die Distanz der beiden adjazenten Knoten verkörpern. Dieses Mass kann etwa die Anzahl der Nukleotidsubstitutionen oder die Zeit bis zum Entstehen einer neuen biologischen Art beziffern. Solche Bäume werden auch Phylogramme genannt. In graphischer Form werden Phylogramme meist horizontal, mit einer Auffächerung nach rechts, gezeichnet (siehe oben).

Das Newick-Format ist eine Klammerdarstellung, wobei der Wurzelname aber rechts (statt links) neben den rekursiv in Klammern gesetzten Unterbäumen steht und die Kantenlängen explizit codiert werden. Obiger Baum wird so repräsentiert:

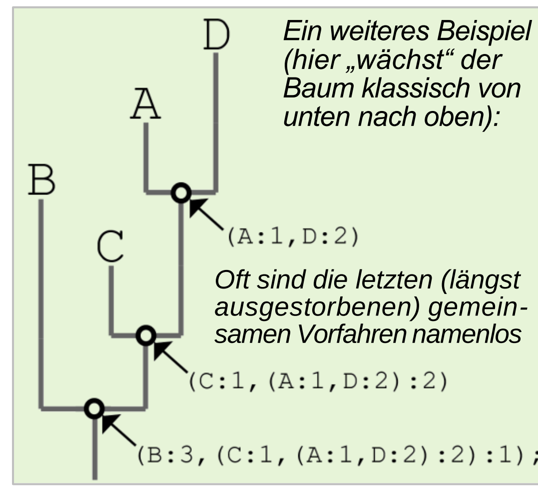
(A:0.1,B:0.2,(C:0.3,D:0.4)E:0.5)F;

Möchte man nur die Blätter benennen, dann lässt man die Namen der anderen Knoten (hier F und E) einfach weg. Sind die Kantenlängen irrelevant, verkürzt sich dies zu

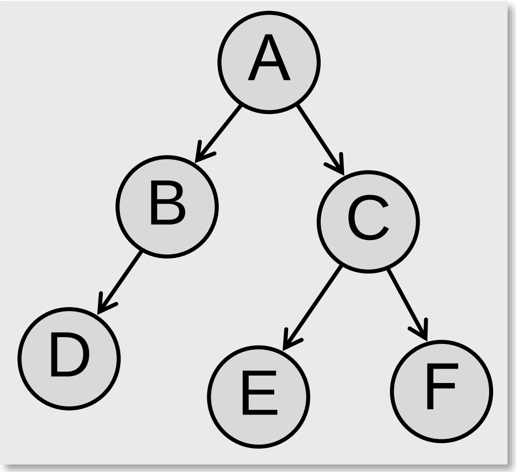
(A,B,(C,D)E)F; bzw. **(A,B,(C,D));**

Die Struktur alleine kann maximal verkürzt angegeben werden:

(,,(,));



Darstellung vs. „Ding an sich"



„Das ist der Baum!"

Streng genommen falsch: Es handelt sich nur um eine bestimmte (manchmal gut geeignete) Darstellung eines Baums

„Das ist nur eine Darstellung des Baums"

A (B (D) , C (E , F))

Das „nur" ist hier abwertend und schon fast beleidigend – weglassen!

„Kann man den Baum aus der Klammerdarstellung eindeutig rekonstruieren?"

Der Frage liegt eine falsche Auffassung zugrunde – gemeint ist offenbar: „Kann man die Klammerdarstellung eindeutig (und algorithmisch) in eine Darstellung (des gleichen Baums) als gerichteten Graphen umwandeln?"

„*Ah ja!*"

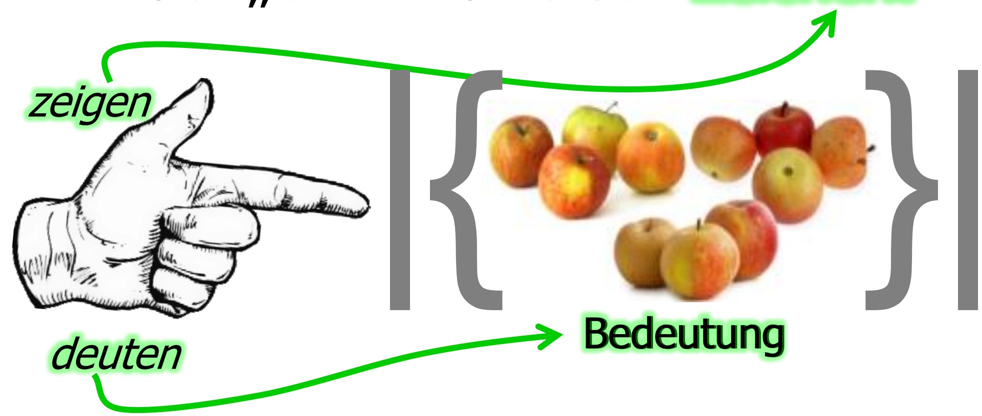
Alles klar? Dann doch noch eine Denkübung: Handelt es sich bei A(B(D),C(E,F)) und A(C(E,F),B(D)) um denselben Baum?

„*Meinst du nicht eher «...verschiedene Darstellungen desselben...»*"?

Ertappt!

Darstellung und Bedeutung

- Generell lässt sich eine Information auf verschiedene Weise darstellen bzw. repräsentieren
  - Kann jeweils abhängig vom Zweck mehr oder weniger adäquat sein
- Wir kennen das von Zahlen – z.B. der „elf" in diversen Zeichen:
  - Dezimal: 11
  - Dual: 1011
  - Im Gefängnis: 卌 卌 |
  - Römisch: XI
  - Vor 1860: eilf
  - Englisch: eleven



- Dies alles soll, „richtig" interpretiert, immer dasselbe bedeuten
  - → Semantik (von griech. σημαντικός = bezeichnend bzw. σῆμα = Zeichen)
- Darstellungen, Zeichen etc. lassen sich oft verschieden deuten
  - Z.B. „XI" auch als Buchstabenfolge oder Wort einer Sprache
  - Ohne konkrete Interpretation sind sie mehrdeutig bzw. bedeutungslos

Papiergeld als Zeichen?

Banknoten stellen einen Wert dar, der auf dem Vertrauen gegenüber der Notenbank beruht. Gefälschte Banknoten sind wertlos. -- Wikipedia

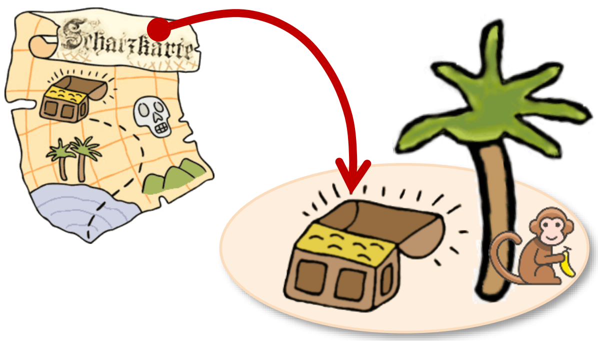
„Das Papiergeld ist ein Zeichen für etwas anderes und gerade in diesem, daß es ein Zeichen ist, liegt sein Werth und seine Bedeutung. Seine eigene Beschaffenheit ist gleichgültig; ob es diesen oder jenen Stich enthält, in rother oder blauer Farbe gedruckt, groß oder klein ist, darauf kommt es nicht an. […] Das Papiergeld circuliert täglich durch Tausende, welche sich nie klar gemacht haben, daß es nur ein Zeichen ist, sondern es als etwas an sich begehrenswerthes ansehen."

[Heinrich Hertz: „Die Constitution der Materie", 1884. Hertz hielt diese Vorlesung über die Grundlagen der Physik mit 27 Jahren an der Universität Kiel, noch bevor er die elektromagnetischen Wellen, damals „Hertzsche Wellen", entdeckte.]

Bei dieser Sichtweise von Papiergeld wurde Hertz vermutlich durch den Soziologen und Philosophen Ferdinand Tönnies (1855 – 1936), den Begründer der Soziologie in Deutschland, beeinflusst, der seinerzeit ebenfalls an der Universität Kiel lehrte. Tönnies postulierte, dass Papiergeld an sich wertlose Ware sei. Er sah darin, analog zu einem sprachlichen Begriff, etwas, das nur durch seinen Bezug zu einem anderen („bezeichneten") realen Objekt Bedeutung und Wert erhält. Die Rolle des Bezugsobjekts kommt hier dem gemünzten Geld mit seinem substanziellen Edelmetall-Warenwert zu. Dem Papiergeld, eigentlich lediglich ein kaufmännischer Kredit, würde nur kraft sozialem Willen Bedeutung (als gesetzliches Zahlungsmittel) zugewiesen. Da es an sich wertlos ist, würde man es nur als universelles Tauschobjekt haben wollen. Und damit es jemand anderes annimmt, muss man darauf vertrauen, dass man es mit derselben Wirkung wieder loswird. Was oft, aber nicht immer, gelingt.

Die Schatzkarte ist nicht der Schatz

„La carte n'est pas le territoire" lautet ein französisches Sprichwort (basierend auf einer Phrase des polnisch-amerikanischen Ingenieurs und Philosophen Alfred Korzybski, der den Ausspruch „the map is not the thing mapped" des Mathematikers und Science-Fiction-Autors Eric Temple Bell adaptierte) – und natürlich ist eine Schatzkarte kein Schatz! Aber in welcher Beziehung steht die Schatzkarte zum Schatz? Sie verweist bzw. „zeigt" auf ihn; die Schatzkarte ist gewissermassen ein Zeichen für den Schatz. Wobei eine „echte" Schatzkarte noch die über die reine Zeichenfunktion hinausgehende „Dereferenzierungseigenschaft" aufweist, indem damit ein tatsächlicher „Zugriff" auf den Schatz möglich ist – in das Zeichen ist also das Zugriffsverfahren gleich mit eingebaut. Normalerweise ist das nicht der Fall, selbst wenn das Zeichen für ein konkretes Objekt steht: Nationalflaggen beispielsweise symbolisieren in mächtiger Weise einen Staat, aber es gibt keine Operation auf der Schweizerfahne, mit der man dadurch in die Schweiz gelangen kann. Mit dem Schweizerpass oder einer Schatzkarte ist es etwas anders, diese haben einen besonderen Wert – weshalb man beim Duplizieren vorsichtig sein sollte, weil dann der Wert evtl. verloren geht!



Tatsächlich scheint eine Schatzkarte so wertvoll zu sein wie der referenzierte Schatz, abzüglich dessen Bergungskosten – sofern es sich um ein Unikat handelt und der Schatz nicht anderweitig gehoben werden kann. Bei einem Barscheck scheint es ähnlich zu sein: Für sich alleine hat der Fetzen Papier keinen Wert, aber er symbolisiert einen Wert, den man (abzüglich der Bankgebühren) einlösen kann. Englisches Papiergeld hat übrigens auch heute noch den Vermerk „I promise to pay the bearer on demand the sum of x Pounds". (Gemeint waren tatsächlich x Pfund in Sterlingsilber, hinterlegt bei der Bank of England; seit 1931 bekommt man aber bestenfalls gleichwertige andere Banknoten dafür!). Klar, dass das Kopieren von Banknoten verboten ist!

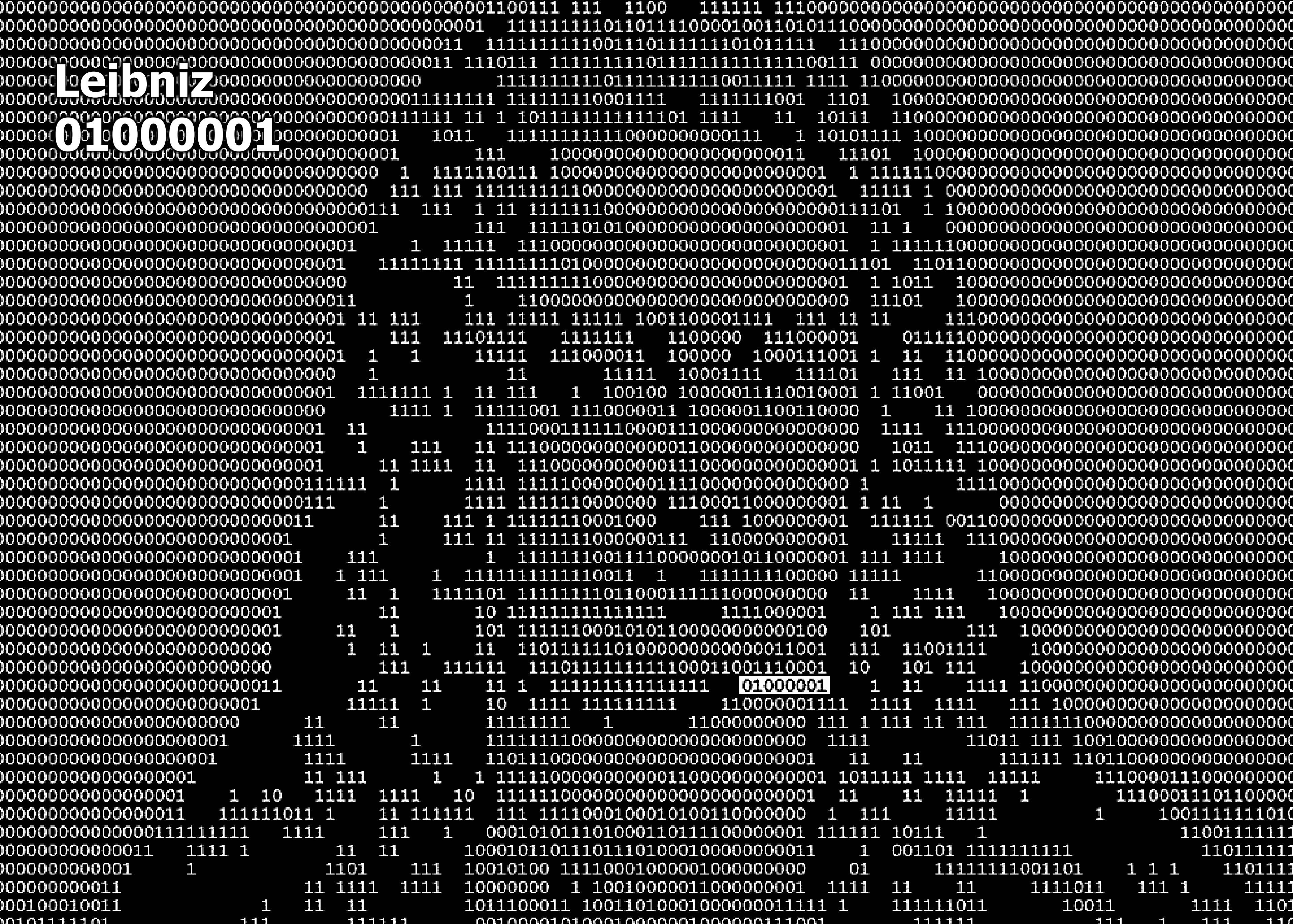
Eine scheinbar philosophische (oder juristische?) Frage: Erwirbt man mit dem Kauf einer Schatzkarte eigentlich auch das Eigentum am Schatz? Die Frage wird neuerdings bei NFTs („non-fungible tokens") relevant. Ein NFT ist ein digitales Token, das ein (physisches oder digitales) Objekt eindeutig repräsentiert, wobei die Eindeutigkeit und Einzigartigkeit mit kryptographischen Mitteln und einem Blockchain-Mechanismus gewährleistet wird. Ein Token kann so z.B. den Besitz eines Objekts oder spezifische Rechte am Objekt (z.B. dessen nicht-exklusive Nutzung) symbolisieren. Ein NFT ist ein Zeichen – aber für was genau steht es? Für das Objekt selbst oder z.B. für einen Nutzungsvertrag? Sicher ist jedenfalls: The token is not the thing!

Bedeutungslose Zeichenmanipulation?

- Ein Zeichen wie 01000001 kann vieles bedeuten – abhängig vom Kontext oder Bezugssystem bzw. je nach Interpretation etwa:
  - Fünfundsechzig (Dualsystem)
  - Einemillioneins (Zahl zur Basis 10)
  - Ton f' (eingestrichenes f, MIDI-Code)
  - Buchstabe 'A' (UTF-8/ASCII-Code)
  - Istore_2 (Java Bytecode)
  - Dunkelgrün (RGB-Farbcode grün)
  - Lade Register B mit Inhalt von Register C (CPU des Nintendo Game Boy, 1989)
  - Null – Eins – Null – Null – Null – Null – Null – Eins (Bitfolge von links nach rechts)
- Computer speichern und verarbeiten Zeichen uninterpretiert
  - Sie haben quasi keine Ahnung, was eine Bitsequenz (für uns) bedeutet
- Konsequenz: Evtl. desaströse Fehlinterpretationen!
  - Wenn z.B. Daten irrtümlich als Befehlscodes aufgefasst werden

- Dennoch können (quasi ohne Sinn und Verstand) Zeichen mit Digitalschaltungen oder Software „sinnvoll“ manipuliert werden
  - Man baut und programmiert informationsverarbeitende Systeme gerade so, dass die Transformation von der Eingabe zur Ausgabe bei einer bestimmten festgelegten Interpretation zur beabsichtigten Informationsverarbeitung passt
  - Z.B.: „Die Bitfolgen A auf Eingang 1 und B auf Eingang 2 erzeugen auf dem Ausgang eine Bitfolge, die der Summe von A und B entspricht, wenn man alles an den Ein- und Ausgängen als Zahlen in Dualdarstellung interpretiert“

Leibniz
01000001



Zeichen – Gekritzel auf einem Stück Papier

„...Zeichen. Gekritzel auf einem Stück Papier, das erst von einem Menschen durch die Bezüge, die er daran knüpft, zum Leben erweckt werden muss.

Durch ihre Bezüge bekommen die Zeichen Bedeutung. Aber auch losgelöst von ihrer Bedeutung kann man mit Zeichen etwas Sinnvolles anstellen. Man kann sie umformen. Wenn man sie nach bestimmten Regeln umformt, dann kommt dabei etwas heraus. Jeder kennt das, wenn man etwas schriftlich ausrechnet: Zuerst steht eine Folge von Zeichen da. Alle Information liegt vor, aber die Frage ist offen. Dann formt man die Zeichen nach bestimmten Regeln um und kommt zum Ergebnis. *Manchmal sogar ganz ohne die Bedeutung der Zeichen.* Man muss noch nicht einmal wissen, dass »5« Fünf bedeutet, solange man sich an die Regeln hält, wie aus »5+3« eine »8« zu machen ist.

Zeichen sind wie der Brennpunkt in meinem Auge: Ein kleiner Punkt, an dem auf der einen Seite der unterschiedlich grosse Bezugskegel der Bedeutungen abgeht. Auf der anderen Seite des Brennpunkts öffnet sich auch etwas: der Fächer formalen Schliessens. Die Möglichkeiten, die Zeichenfolge nach Regeln umzuformen. Dieser Kegel der Möglichkeiten des Umformens sind die Algorithmen.“

[Sebastian Stiller: Planet der Algorithmen]

Ein Rabe, den man eine Taube nennt, wird dadurch nicht weiss.
-- Altes slawisches Sprichwort

(Und wenn wir eine Objektreferenz umbenennen oder löschen, dann ändert das nichts am Objekt.)

Zeichen (Semiotik)

Semiotik: Wissenschaft, die sich mit Zeichensystemen befasst

- Zeichen (Symbole): Sichtbare Gebilde, deren Funktion darin besteht, auf andere Objekte hinzuweisen oder etwas über sie auszusagen
  - Ihre primäre Funktion ist die der Referenz, nicht die der Präsenz
  - Ein Zeichen liefert also nicht „das Ding" selbst, sondern Information zum bezeichneten Ding
- Beispiel: Verkehrszeichen
  - Stellt kein an sich wesentliches Objekt dar, sondern liefert Information zu einem anderen Objekt

- Damit die transportierte Information „ankommt":
  - Adressierte (hier: Autofahrer/innen) sollen das Bezeichnete erkennen bzw. die Bedeutung des Zeichens kennen
  - Sind Zeichen nicht (z.B. als Piktogramme oder Ikonen) direkt verständlich („ansichtig"), so ist für deren Bedeutung eine explizite Übereinkunft bzw. ein (zu lernender) „Code" nötig

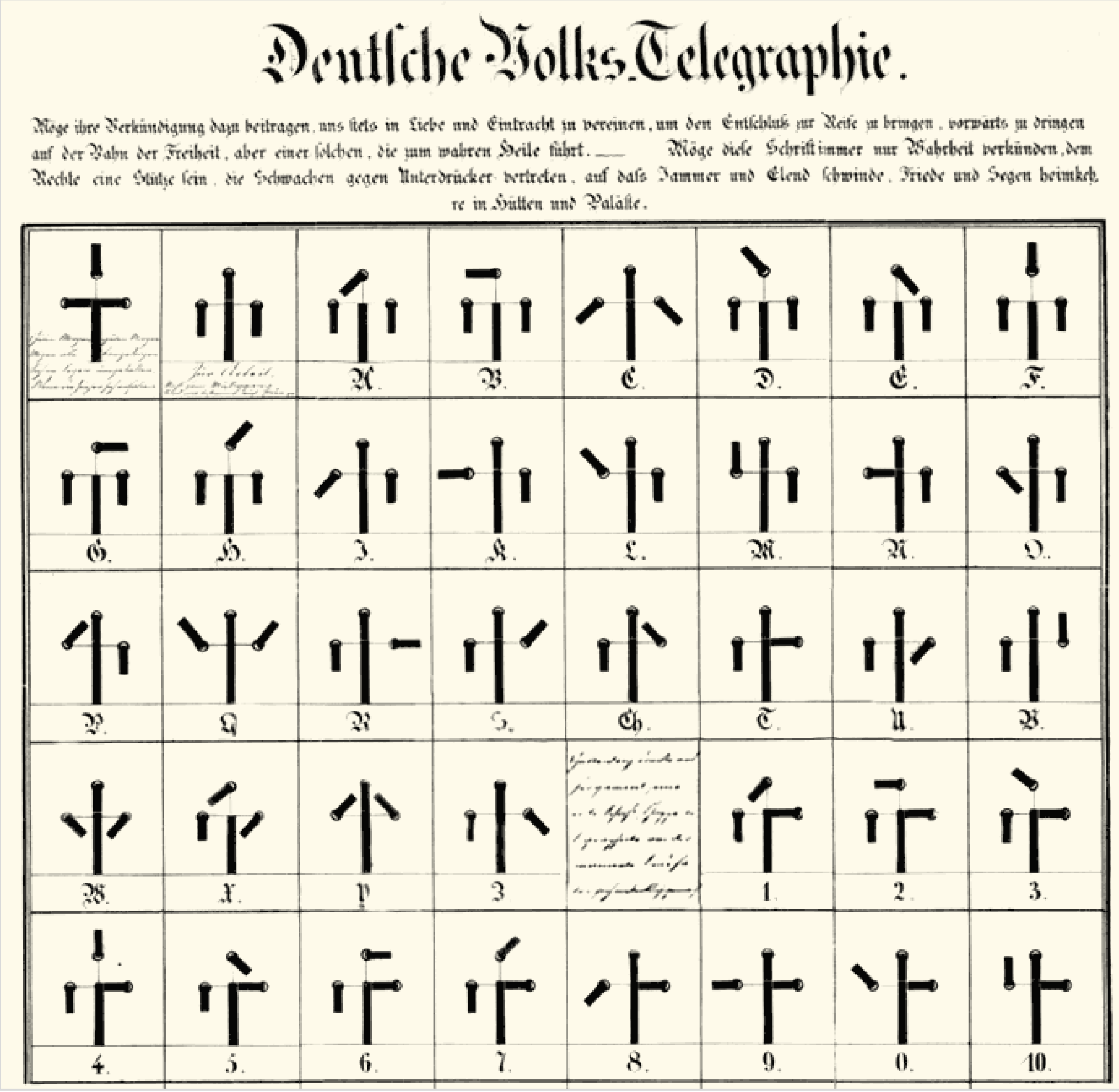
- In der Informatik: Berechnung = formale Zeichenmanipulation
  - Geschieht im Computer ohne Referenz auf die Bezugsobjekte (d.h. rein syntaktisch)!
    → Interpretationsfreies Operieren mit Symbolen (mittels Regeln / Kalkül / Algorithmus)

Zeichen


CAUTION
WATER ON ROAD
DURING
RAIN
SWIM
Schild
außer
Betrieb
P
auf dem
Seitenstreifen
NORD
EST
OUEST
PHYSICALLY
IMPOSSIBLE
ENTRY
1,5 m
WARNING
EXTREMELY
SALTY WATER
Hauptwegweiser

Zeichen der Revolution

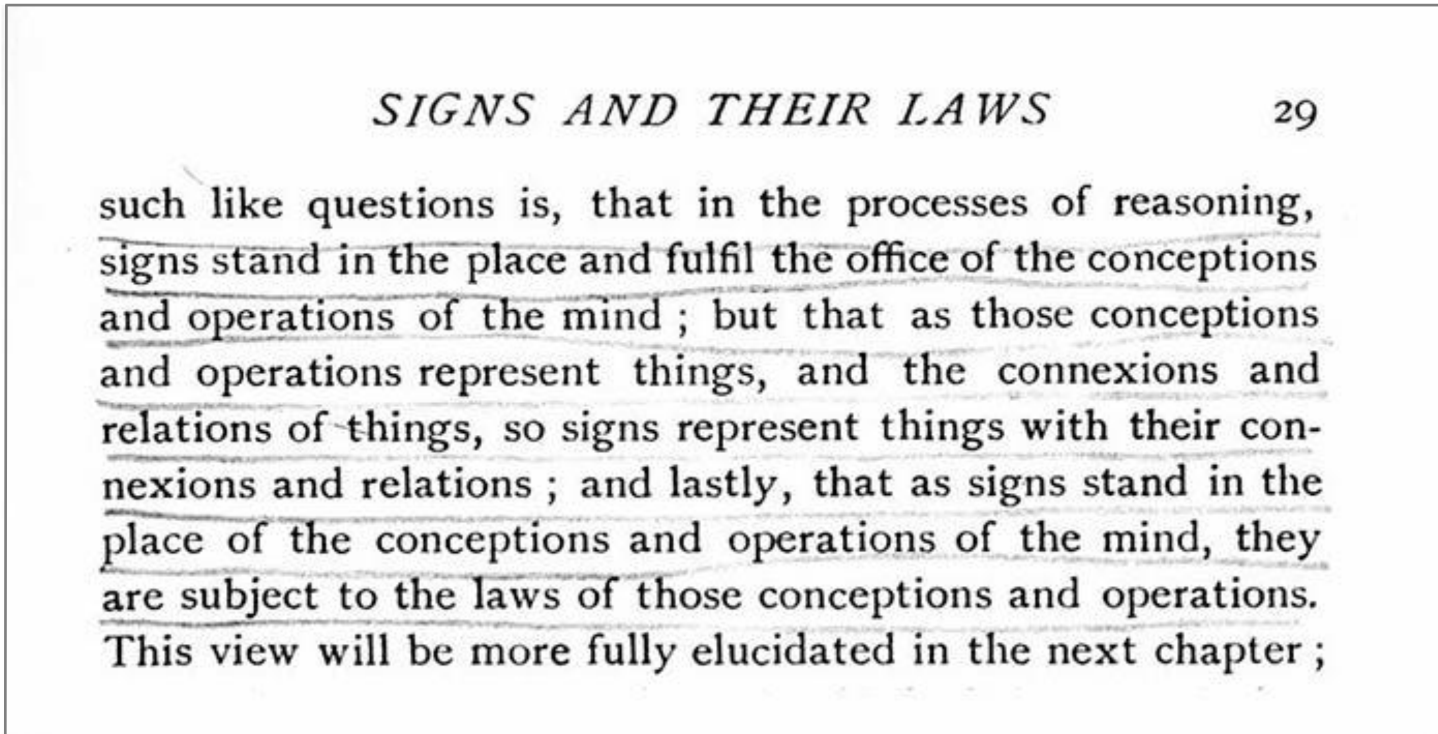
Möge ihre Verkündung dazu beitragen, uns stets in Liebe und Eintracht zu vereinen… Möge diese Schrift immer nur Wahrheit verkünden,… die Schwachen gegen Unterdrücker vertreten, auf dass Jammer und Elend schwinde,…



Der Altonaer Kaufmann & Weinessigfabrikant Johann Ludwig Schmidt baute Mitte der 1830er-Jahre eine optische Telegrafenlinie zwischen Cuxhaven und Altona bei Hamburg. Ab 1847 machte jedoch die „Electro-Magnetische Telegraphen-Compagnie“ mit der neuen Technik zunehmend Konkurrenz. Im Bestreben, breite Bevölkerungskreise als Fürsprecher für seine Linie zu gewinnen, bemüht er sich, seine Telegrafen als einen Dienst für Jeden zu etablieren. Er verteilt öffentlich seinen Zeichensatz, sodass Interessierte seine Botschaften mitlesen konnten. Der „Volkstelegraph“ wurde von der Bevölkerung auch „Redner mit den Armen“ genannt; Schmidt stellte ihn1848 in den Dienst der aufkommenden Deutschen Revolution, indem er mehrfach täglich Berichte aus Unruhegegenden des Reiches sendete. Diese werden auch „beim Telegraphen“ gedruckt und veröffentlicht. Anfang 1849 musste Privatunternehmer Schmidt allerdings aufgeben, die elektrische Telegrafie war einfach besser.

Zeichen (Boole)

George Boole vertritt 1853 in seinem Buch „The Laws of Thought“ die Auffassung, dass Sprache das Mittel des logischen Denkens und Schlussfolgerns sei, und dass dies durch Zeichen repräsentiert sowie durch algebraische Gesetze operationalisiert werden kann.



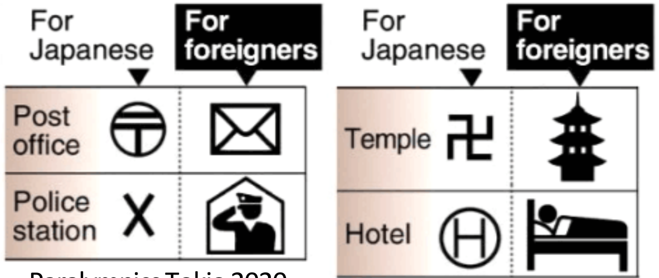
SIGNS AND THEIR LAWS 29

such like questions is, that in the processes of reasoning, signs stand in the place and fulfil the office of the conceptions and operations of the mind ; but that as those conceptions and operations represent things, and the connexions and relations of things, so signs represent things with their connexions and relations ; and lastly, that as signs stand in the place of the conceptions and operations of the mind, they are subject to the laws of those conceptions and operations. This view will be more fully elucidated in the next chapter ;

Zeichen (Peirce)

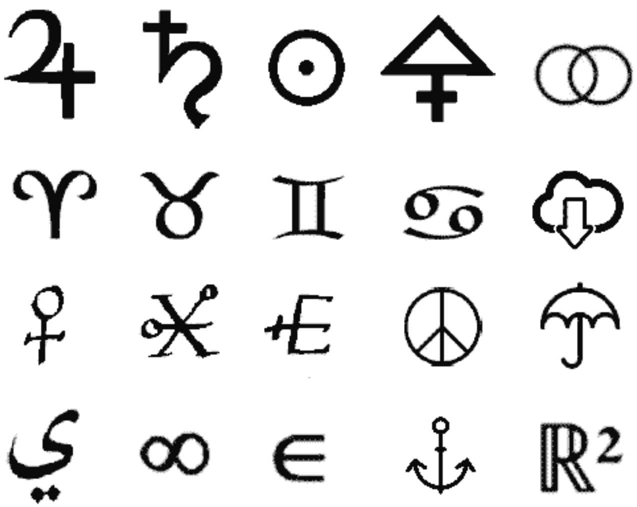
> *Nothing is a sign unless it is interpreted as a sign.* -- Charles Peirce

- In der Semiotik-Theorie von Charles Peirce (1839 – 1914) betrachtet man unterschiedliche Arten von Zeichen:
- Ein icon (vom Griech. εἰκών = Bild) ist ein Sinnbild, das eine wahrnehmbare Ähnlichkeit zum referenzierten Objekt hat



Paralympics Tokio 2020

- Ein Symbol ist durch Arbitrarität und Konventionalität bezüglich des Bezeichneten charakterisiert
  - Beispiel: Taube als Friedenssymbol
  - Ohne einen „Code", z.B. den Morse-Code, bleibt uns -·-· --- -·· · als Symbolfolge unverständlich
  - Der Schweizer Sprachwissenschaftler Ferdinand de Saussure hatte jedoch eine etwas andere Auffassung von „Symbol"; es gibt hier keine „objektiv richtige" Theorie!



La fameuse pipe, me l'a-t-on assez reprochée ! Et pourtant, pouvez-vous la bourrer ma pipe ? Non, n'est-ce pas, elle n'est qu'une représentation. Donc si j'avais écrit sous mon tableau « ceci est une pipe », j'aurais menti ! -- René Magritte

Das ist <u>nicht</u> das berühmte Bild von René Magritte; es handelt sich um eine digitale Kopie einer Fotografie von Magrittes Bild von 1928

Alice trifft Goggelmoggel...

..., eine eiförmige Kreatur, der mit ihr über Semiotik diskutiert. (Zum Nachforschen: Gab es diese oder ähnliche Sprachtheorien damals tatsächlich schon?) Unten zwei Auszüge aus „Alice hinter den Spiegeln“ von Lewis Carroll, übersetzt von Christian Enzensberger. „Through the Looking Glass“ (1872) ist die Fortsetzung zu Alice im Wunderland. Goggelmoggel heisst im Original „Humpty Dumpty” und ist eine Figur aus einem populären britischen Kinderreim; in anderen Sprachen wird er Lille Trille, Unto Dunto, Zanco Panco oder Rondu-Pondu genannt.

„Steh nicht herum und gackere vor dich hin“, sagte Goggelmoggel und blickte sie zum ersten Mal an, „sondern sag, wie du heisst und was du willst.“

„Ich heisse Alice, aber –“

„Albern genug für einen Namen!“, unterbrach sie Goggelmoggel unwirsch. „Was soll der denn bedeuten?“

„Muss denn ein Name etwas bedeuten?“, fragte Alice zweifelnd.

„Das ist doch klar“, sagte Goggelmoggel, kurz auflachend.

Alice trifft Goggelmoggel... (2)

[...] „Wenn das keine Glocke ist!"

„Ich verstehe nicht, was Sie mit ‚Glocke' meinen", sagte Alice.

Goggelmoggel lächelte verächtlich. „Wie solltest du auch – ich muss es dir doch zuerst sagen. Ich meinte: ‚Wenn das kein einmaliger schlagender Beweis ist!'"

„Aber ‚Glocke' heisst doch gar nicht ein ‚einmalig schlagender Beweis'", wandte Alice ein.

„Wenn ich ein Wort gebrauche", sagte Goggelmoggel in recht hochmütigem Ton, „dann heisst es genau, was ich für richtig halte – nicht mehr und nicht weniger."

„Es fragt sich nur", sagte Alice, „ob man Wörter einfach etwas anderes heissen lassen kann."

„Es fragt sich nur", sagte Goggelmoggel, „wer der Stärkere ist, weiter nichts".

Filmstar Dorothy Gulliver (1908 – 1997) als Humpty Dumpty in der Stummfilmserie "The Collegians" aus den Jahren 1926 / 1927.

Der bekannte französische Psychoanalytiker Jacques Lacan (1901 – 1981) war von Lewis Carrolls Büchern begeistert und bezeichnete Goggelmoggel als „maître du signifiant". (Wir aber möchten mit diesem eiförmigen Besserwisser lieber kein Scrabble spielen, oder?)

Jabberwocky [Lewis Carroll: Through the Looking Glass, 1872]

Jabberwocky

’Twas brillig, and the slithy toves
Did gyre and gimble in the wabe;
All mimsy were the borogoves,
And the mome raths outgrabe.

Der Brabbelback

Verdaustig wars, und glasse Wieben
Rotterten gorkicht im Gemank;
Gar elump war der Pluckerwank,
Und die gabben Schweisel frieben.

„Das reicht fürs erste“ unterbrach sie Goggelmoggel; „da kommen schon recht viele schwere Wörter vor. Verdaustig heisst vier Uhr nachmittags – wenn man nämlich noch verdaut, aber doch schon wieder durstig ist.“ „Das passt sehr gut“, sagte Alice; „und glass?“ „Nun glass heisst glatt und nass. Das ist wie eine Schachtel, verstehst Du: zwei Bedeutungen werden dabei zu einem Wort zusammengesteckt.“ „Jetzt versteh ich‘s schon“, sagte Alice nachdenklich. „Und was sind Wieben?“ „Also, Wieben sind so etwas Ähnliches wie Dachse – und wie Eidechsen – und so etwas Ähnliches wie Korkenzieher.“ „Das müssen aber merkwürdige Geschöpfe sein.“ „Das wohl“, sagte Goggelmoggel; „Sie bauen ausserdem ihre Nester unter Sonnenuhren – und ausserdem fressen sie nur Käse.“ „Und was ist rottern und gorkicht?“ „Rottern ist das gleiche wie rotieren; das heisst: sich schnell drehen. Gorkicht heisst alles, was sich in Holz einbohrt.“ „Und ein Gemank ist dann wohl der freie Platz um eine Sonnenuhr von der Art, wie sie oft in einem Park stehen?“ fragte Alice über ihre eigene Scharfsinnigkeit verwundert.

Lewis Carroll (1832 – 1898), mit bürgerlichem Namen Charles Lutwidge Dodgson, lehrte Mathematik in Oxford und verfasste neben seinen Hauptwerken *Alice im Wunderland* und *Alice hinter den Spiegeln* Erzählungen, Gedichte, aber auch wissenschaftliche Werke.

Die indogermanische Wurzel von *sign*

Das englische Wort für „Zeichen“ im oben verwendeten Sinn ist „sign“ (oder alternativ, wie auch im Deutschen, „symbol“). Es stammt (vermittels des Französischen „signe“) aus dem Lateinischen „signum“ und beruht auf der indogermanischen Wurzel **sekw*- bzw. **sek*-, was die Wortfamilie zu „schneiden“ ausmacht.

Die Bedeutung von „signum“ im Sinne von „Zeichen“, „Kennzeichen“, „Vorzeichen“ etc. geht insofern auf in Holzstäbe eingeschnittene Marken bzw. Zeichen zurück.

Von der Sprachwurzel **sek*- sind beispielsweise auch die deutschen Wörter „Säge“, „Sense“, „Schere“, „Scherbe“, „Scharte“, „Scheitel“, „Scheide“, „Abschied“, „Sichel“ oder „Segel“ (abgeschnittenes Stück Stoff) abgeleitet und indirekt sogar „Skandal“. Im Weiteren auch alles, was mit „scheiden“ bzw. „schied“ zusammenhängt (vgl. z.B. „Schiedsrichter“). Im Lateinischen hat sich „secare“ mit der direkten Bedeutung „schneiden“ erhalten, was zu deutschen Lehn- und Fremdwörtern wie „sezieren“, „Sektion“, „Segment“, „Sektor“, aber auch „Insekt“ führte. Auch das lateinische „sexus“ (getrennte Geschlechter) stammt von dieser Sprachwurzel, interessanterweise aber auch Wortformen aus „scio“ (Wissen) bzw. „scientia“ (Kenntnis, Wissenschaft – im Sinne von „eine Sache von einer anderen trennen können“) und damit auch das englische „science“ und das deutsche „gescheit“. „Schranke“, „Schirm“ und „screen“ scheinen sich ebenfalls daraus abzuleiten. Wenn man sich Mühe gibt, kann man noch weitere von der Sprachwurzel abgeleitete Wörter identifizieren: „Schienbein“ (daraus später abgeleitet „Schiene“) oder auch „Plebiszit“ („Pleps“ = gemeines Volk; „scitum“ = Beschluss, aus „scio“ = Wissen), „Scheibe“ (abgeschnittene Platte), „Geschirr“ (das Zurechtgeschnittene), „Schiff“ (ausgeschnittener / -gehöhlter Baum), „schreiben“ (über das Lateinische „scribere“, mit einem Griffel einschneiden); im Englischen z.B. „shirt“ bzw. „shorts“ (Abgeschnittenes) und sogar „shit“ (abgeschieden).

Indogermanische Wurzeln von *Zeichen* und *digital*

Ein Blick in einige Wörterbücher verrät, wie „Zeichen" mit „digital" und anderen Wörtern zusammenhängt

digital *(Adjektiv)*

- Signale und Daten dargestellt in Ziffern (meist binär als Folge von Nullen und Einsen).
- Das Adjektiv wurde im Dt. zunächst im med. Bereich im Sinne von »mithilfe des Fingers« verwendet. In dieser Bedeutung handelt es sich um eine Entlehnung aus lat. *digitalis*, einer adj. Ableitung des Substantivs *digitus* »Finger«. In der Technik und in der Datenverarbeitung steht »digital« für »zahlenmäßig, ziffernmäßig; in Stufen erfolgend« und ist in der 2. Hälfte des 20. Jh.s aus engl. *digital* übernommen worden, einer adj. Ableitung des Substantivs *digit* in seiner Bedeutung »Ziffer«.

„Digital" in Meyers Conversations-lexikon von 1846: 1) was die Finger oder Zehen betrifft; 2) fingerförmig.

Digit *das; -[s], -s*

- Vom Engl. *digit*, eigtl. = (zum Zählen benutzter) Finger (von lat. *digitus* = Finger; Zehe).
- Ziffer (= schriftliches Zahlzeichen), Stelle (in der Anzeige eines elektronischen Geräts).

Als im Italienischen das Wort *nulla* „Nichts" an die Stelle von *cifra* „Null" (aus arabisch *sifr*) trat, übernahm *cifra* die Aufgabe von *figura*, das bisher „Zahlzeichen" bedeutet hatte.

digitus [lat.]

- = dt. *Finger*.
- Von der indogermanischen Wurzel ***deyk̂-** »zeigen, aufzeigen, weisen«; vgl. Sanskrit *dic-, diśáti* »aufweisen, sehen lassen, hinweisen, zeigen«; griechisch δείκνῡμι »zeigen, nachweisen«; althochdeutsch *zeigon* → dt. *zeigen* (sowie *bezeichnen*, *anzeigen, Zeichen, [ver]zeihen, zeichnen* [ahd. *zeihhonon*] etc.); angelsächsisch *tæcan* → engl. *to teach* (zeigen im Sinne von erklären); engl. *token* (entspr. *Zeichen* im Sinne von Wunderzeichen).
- Vgl. auch lat. *dicere* (sagen = mit Worten auf etwas hinweisen), *indicare* (anzeigen), *index* (Anzeiger), *iudex* (der das Recht Weisende); franz. *dire*; dt. *Diktion*; dt. *Zehe,* engl. *toe.*

Indogermanische Wurzeln von *Zeichen* und *digital*

Englische Wörterbücher

digital *(adjective)*

- representing data as a series of numerical values;
- available in electronic form; readable and manipulable by computer;
- pertaining to, noting, or making use of computers and computerized technologies;
- of or relating to a digit or finger; performed with the fingers.
- *digital data:* A description of data which is stored or transmitted as a sequence of discrete symbols from a finite set, most commonly this means binary data represented using electronic or electromagnetic signals.

Word history: Meaning "using numerical digits" is from 1938.

Digit *(noun)*

- any of the Arabic figures of 1 through 9 and 0 (also called *figure*);
- any of the symbols of other number systems, as 0 or 1 in the binary;
- a finger or toe (this sense in English is attested from 1640s).

Word origin: 1350 – 1400 (Middle English); from Latin *digitus* finger.

Early 13cent. from Old French *figure* (10cent.) "shape, body, form, figure; symbol, allegory," from Lat. *figura* "shape, form, figure," originally in English with meaning "numeral," but sense of "form, likeness" is almost as old.

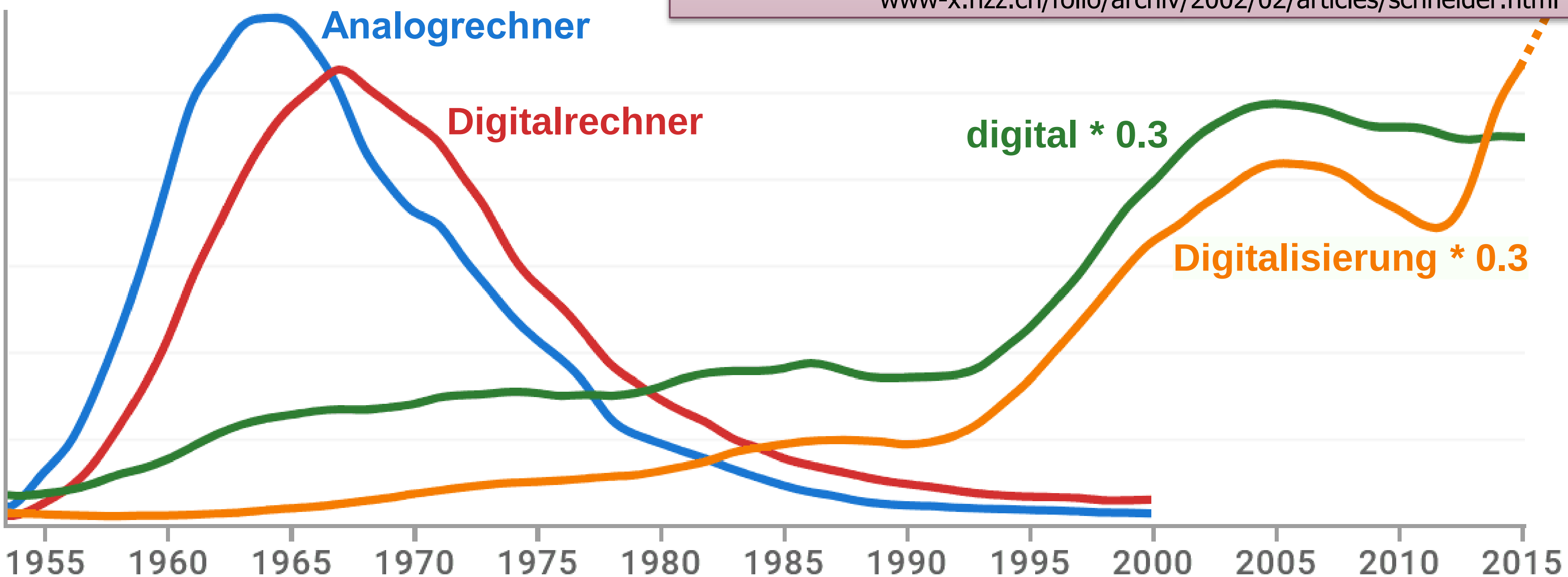
Der angelsächsische Benediktiner Beda nannte im 8. Jh. das seinerzeit übliche Fingerrechnen „computus digitorum"; im 10. Jh. bezeichnete dann Gerbert von Aurillac bei seinem speziellen Abakus die zugehörigen (auf arabisch mit 1 – 9 „bezifferten"!) Rechensteine, die in den Dezimalspalten verschoben wurden, ebenfalls als digiti, es waren gewissermassen symbolische Finger.

„Digital" und „Zeichen" (und auch „token" im Englischen) haben also die gleiche Sprachwurzel *deyk̂-; trotzdem stört es uns nicht, wenn wir Begriffe wie *digitales [Wasser]zeichen* oder *digital token* („*deyk̂deyk̂"?) verwenden (aber: *digitaler Fingerabdruck* auf Franz.: *empreinte digitale numérique!*).

Alles digital!

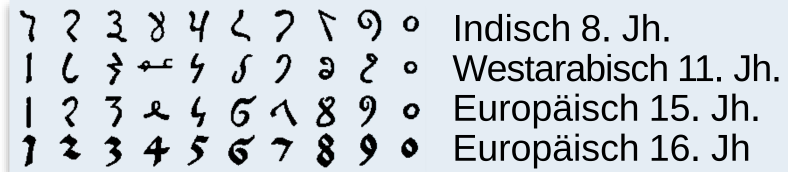
Was bedeutet digital? Erklärung von U. S. aus B., Besitzerin eines Radioweckers mit Digitalanzeige, eines Handys und zweier Stereoboxen, auf denen «digital» steht: «Also wenn eine Uhr nicht rund ist, dann ist sie digital.»

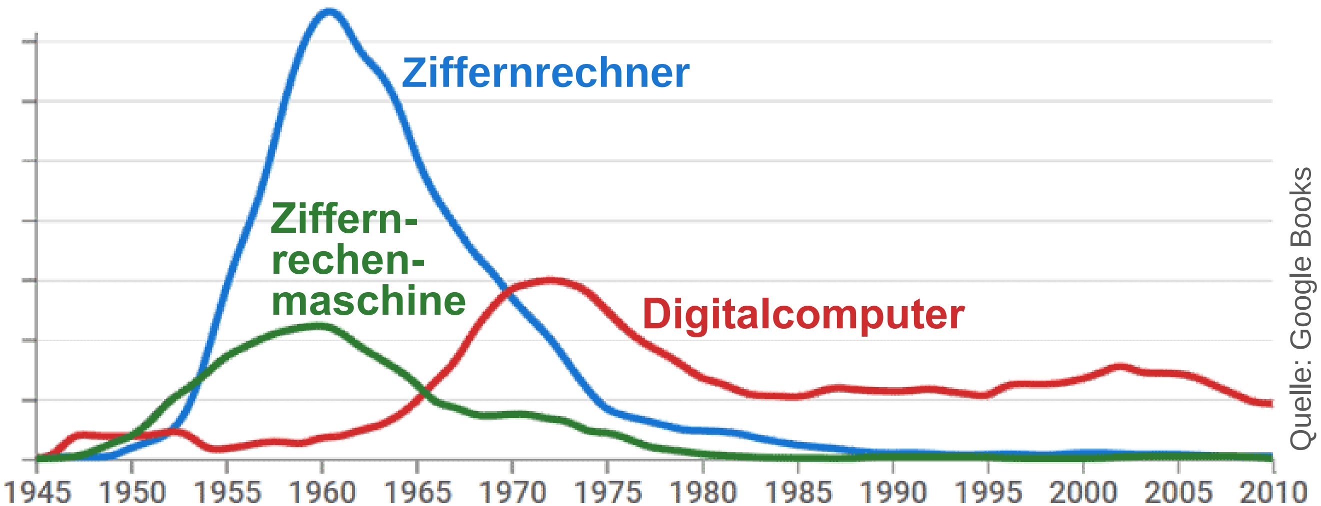
www-x.nzz.ch/folio/archiv/2002/02/articles/schneider.html



Der Begriff „digital“ tritt (in seiner nicht-medizinischen Bedeutung) erst ab den 1950er-Jahren in der deutschen Sprache auf, entlehnt aus dem Englischen (digital = using numerical digits). Anfangs musste man bei Computern noch extra das „Digitale“ hervorheben, um sich von den Analogcomputern abzuheben; generell wurden Computer seinerzeit auch noch als Rechner oder „Rechenautomaten“ bezeichnet. Die Begriffe „digital“ und „Digitalisierung“ erhielten, zusammen mit der Popularisierung des Internet, in den frühen 1990er-Jahren einen gewaltigen Schub, auch wenn „Digitalisierung“ bis kürzlich (die Graphik reicht nur bis 2015) noch gar nicht in der umfassenden Bedeutung wie heute gebraucht wurde: *In Erweiterung der ursprünglichen Bedeutung, der Umwandlung von analogen in digitale Signale, bezieht sich „Digitalisierung“ heute im Geschäftskontext auf den generellen Einsatz informationstechnischer Innovationen.*

Alles ziffrig!

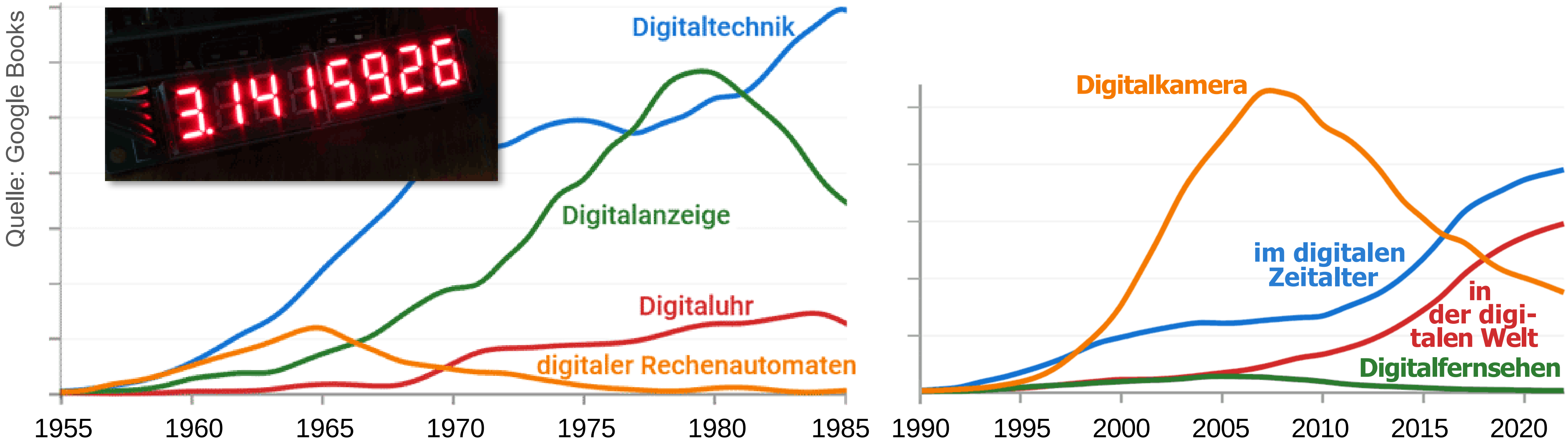




Schon seit dem Mittelalter wird für das engl. Wort „digit“ im Deutschen „Ziffer“ (und im Französischen „chiffre“) verwendet. Daher ist der „digital computer“ anfangs auch konsequenterweise „Ziffernrechner“ (oder auch „Ziffernrechenmaschine“) genannt worden; erst später wurde dies durch den Anglizismus „Digitalcomputer“ ersetzt. Das Wort „Ziffer“ entstammt übrigens dem Arabischen „sifr“ (صِفْر), wo es „nichts“ bedeutet und auch die Ziffer „Null“ bezeichnete; „zero“ ist davon abgeleitet – und auch im Deutschen wurde die Null anfangs „cifra“ genannt (und eine Ziffer dafür „Figur“, vgl. engl. „figure“). Das indisch-arabische Zahlensystem gelangte schon um 750 nach Persien; Leonardo von Pisa („Fibonacci“) lernte es auf seinen Reisen im Mittelmeergebiet kennen, er schrieb darüber 1202 ein Buch „Liber Abaci“ und machte es so im Europa südlich der Alpen bekannt. In den italienischen Handelsstädten ersetzte es zu Beginn des 15. Jahrhunderts das römische Zahlensystem, im deutschen Sprachraum dauerte es bis zum Ende des 15. Jahrhunderts. Insbesondere die Null hatte es schwer, akzeptiert zu werden – bedeutet sie selbst doch nichts, verzehnfacht aber den Wert einer anderen Ziffer. „Wie die Puppe ein Adler sein wollte, der Esel ein Löwe, die Äffin eine Königin – so wollte die cifra eine Figur sein“ wurde sie beispielsweise verspottet.

Digital*

Seit einigen Jahren hat sich der Begriff „Digital" über fast alle Lebens- und Arbeitsbereichen gelegt. Eine Definition ist dabei völlig unwichtig geworden, „Digital" funktioniert als universeller Qualitätsbegriff, als Marke, als Synonym für Fortschritt. -- Norbert Nowotsch



Hier sieht man, wie die „Digitalisierung" phasenweise Bedeutung erlangt und mit den entsprechenden Erscheinungen und Produkten in den allgemeinen Wortschatz eindringt. Anfangs war dies etwa die Digitalanzeige, zunächst in der klassischen 7-Segment-Darstellung mit den „eckigen" Ziffern, die sich z.B. bei Digitaluhren und Radioweckern manifestierten, dann aber auch bei vielen Haushaltsgeräten und Messinstrumenten. Digitalfernsehen und Digitalkamera als „voll digitalisierte" Produkte, bei denen die Signalverarbeitung in digitalisierter Weise erfolgt, tauchten erst später auf. Teilweise wird „digital" dann auch im Wechselspiel mit „elektronisch" verwendet (z.B. digitale / elektronische Signatur). Begriffe wie „digitale Revolution" (im Bild nicht dargestellt), „digitales Zeitalter" oder „digitale Welt" erscheinen ab ca. 1990. Sind alle Rechenautomaten, alle Kameras und das Fernsehen digital, dann braucht das nicht mehr im Begriff extra hervorgehoben zu werden, er verschwindet nach und nach wieder aus dem Wortschatz.

Digitaluhr ⟷ Analoguhr

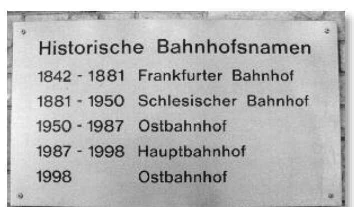
„Digitalanzeigende Bahnhofsuhr – Präzise und unmissverständliche Zeitangabe“ lautet die Bildunterschrift im Begleitbuch zur 13-teiligen WDR-TV-Sendung „Digitaltechnik – eine Einführung“ des deutsch-luxemburgischen Wissenschaftsjournalisten Jean Pütz von 1974.

Der Unterschied analog-digital wird dort u.a. so erläutert: „…ergibt sich die Möglichkeit, dass zwei unabhängige Beobachter ein und demselben Zeigerausschlag zwei verschiedene Messwerte zuordnen. Bei der digitalen Darstellung liegt systemgemäß ebenfalls eine Quantisierung vor. Diese erfolgt jedoch bereits in der Messeinrichtung. Sie ist folglich ohne subjektiven Einfluss durch den Beobachter. Die digitale (ziffernmäßige) Darstellung einer Messgröße ist in jedem Falle eindeutiger als die analoge. Während z.B. bei einer Analogwaage das Ergebnis erst durch den subjektiven und somit unsicheren Vergleich mit einem Vergleichsnormal gewonnen wird, ergibt sich eine fast beliebige Darstell- und Ablesegenauigkeit bei der digitalen Anzeige eines Gewichts. Die Darstellgenauigkeit kann durch das Hinzufügen weiterer Stellen erhöht werden.“

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berlin_Ostbahnhof_1977.jpg

Der Ostbahnhof Berlin erhielt in den 1950er-Jahren eine Zeigeruhr mit blossen Strichen anstatt Ziffern. Als Zeichen des Fortschritts galten in den 1970er-Jahren dann aber Digitaluhren; der Bahnhof bekam vier grosse, grün leuchtende 7-Segment-Ziffern verpasst. Vorsichtshalber brachte man über der Mitteltür aber noch eine „analoge“ Bahnhofsuhr klassischen Designs an.

Wohl kein anderer Bahnhof wechselte so oft seinen Namen: Ursprünglich „*Frankfurter Bahnhof*“ (Bahnlinie nach Frankfurt / Oder), dann lange Zeit „*Schlesischer Bahnhof* “ (im Volksmund auch „*Katholischer Bahnhof*“, weil katholische Schlesier ankamen). Im kalten Krieg war er unter diesem Namen Endhaltestelle für viele Züge aus Osteuropa („Asien beginnt am Schlesischen Bahnhof“ hiess es schon in den 1930er-Jahren). Um den Bezug zu den ehemaligen deutschen Ostgebieten aufzugeben, nannte ihn die DDR nach dem Weltkrieg in „*Ostbahnhof* “ um. Aber die „Hauptstadt der DDR“ brauchte auch einen *Hauptbahnhof*, so wurde er ab 1987 auch so bezeichnet. Unerwartet kam es bald darauf zur deutschen Wiedervereinigung, und man plante im neuen Regierungsviertel einen neuen Hauptbahnhof. Also wurde er 1998 wieder „*Ostbahnhof* “ genannt; seit 2005 befahren nun durchgehende ICE-Züge die Strecke Interlaken (Ost) – Berlin (Ost).


Historische Bahnhofsnamen

1842 - 1881	Frankfurter Bahnhof
1881 - 1950	Schlesischer Bahnhof
1950 - 1987	Ostbahnhof
1987 - 1998	Hauptbahnhof
1998	Ostbahnhof

„Gedenktafel“ an Gleis 1

Foto: SLUB / Deutsche Fotothek 33004657, 1960

https://fhzz.de/wp-content/uploads/2020/02/57-Verschwunden-Orte-1.jpg

1985 werden 250 kg Sprengstoff gezündet, die Rundbögen und die weisse Putzfassade mit der Digitaluhr landen auf dem Schutt. 1987 wird das nun „Hauptbahnhof“ genannte neue Gebäude mit dem fast neoklassizistisch wirkenden Entree der DDR-Hauptstadt eröffnet. Eine grosse Analoguhr ziert die Fassade. Das Ganze hat allerdings einen strukturellen Fehler: Die Front weist genau in Richtung West-Berlin, die Mauer mit dem anschliessenden Streifen der Grenzsicherungsanlagen zur Spree hin ist nur etwa 150m entfernt.

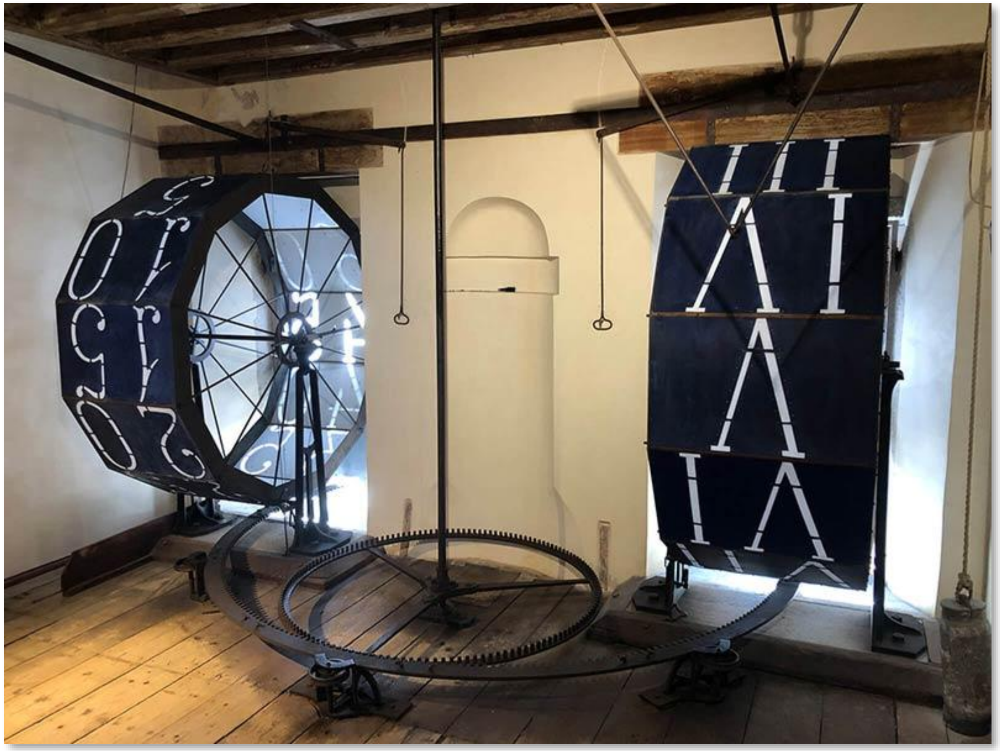
Nach der deutschen Wiedervereinigung werden 1998 die vier Buchstaben „HAUP“ gegen „OS“ ausgetauscht, der Name lautet nun wieder „Ostbahnhof“.

www.golocal.de/media/e687e8edab64ddb98feee877c553cbc4/700/6165a30fd13ccf88.JPG

www.tip-berlin.de/wp-content/uploads/2020/10/imago0089635676h.jpg

In den Jahren 1998 bis 2000 dann erneut eine Umgestaltung: Viel Glas ist jetzt angesagt. Und die Uhr? Man muss schon sehr genau hinsehen und in das Bahnhofsinnere hineinschauen: Am oberen Rand der Anzeigetafel in der Halle befindet sich tatsächlich eine Uhr. Noch ganz analog. Neuerdings simuliert man solche Analoguhren mit digitalen Pixeln; Fahrplananzeigen sind digital.

Frühe Digitaluhren – die Digitalisierung der Zeit



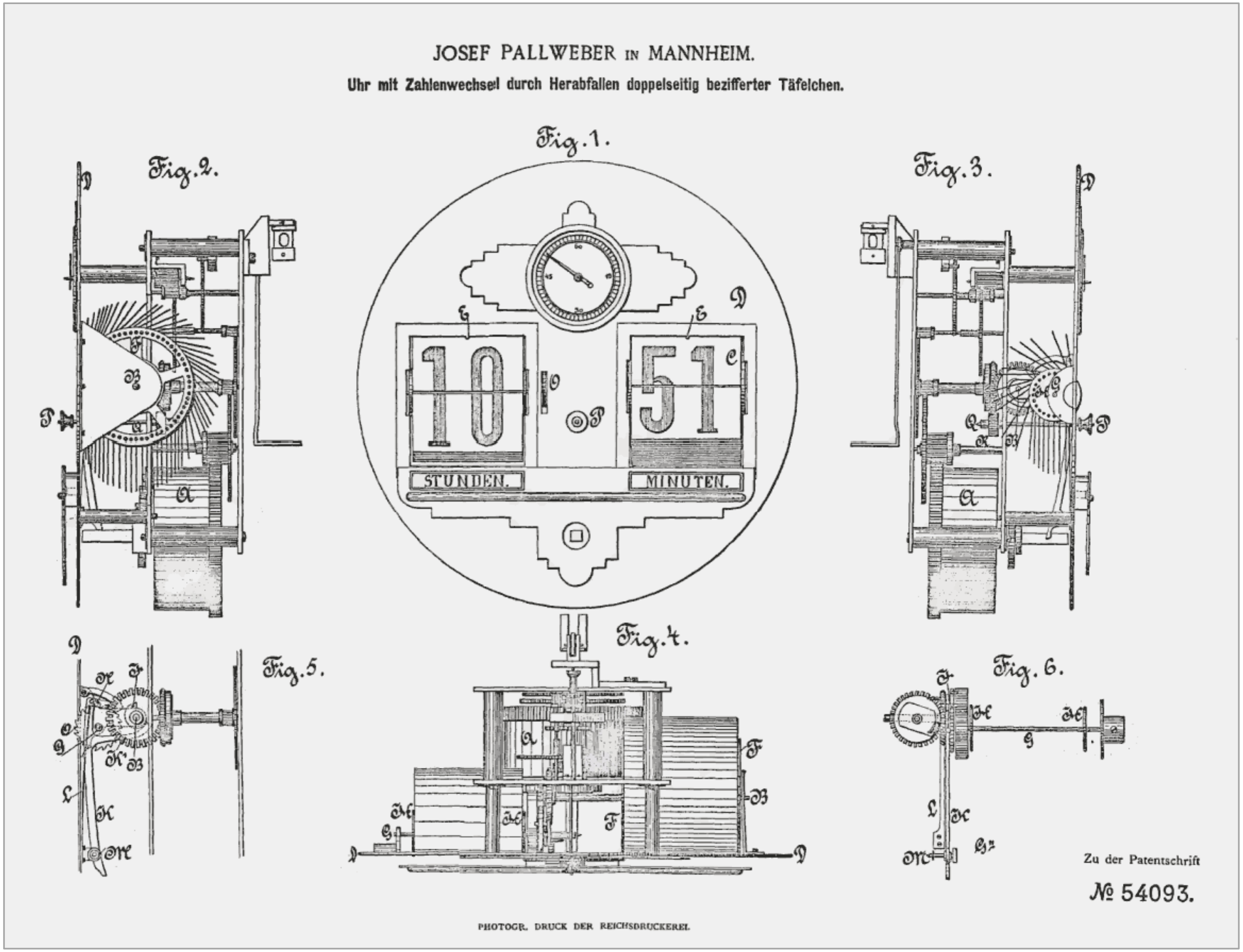
https://imagesofvenice.com/wp-content/uploads/2020/10/ven_clock-tower-of-st-mark-10_blog.jpg

Uhren mit einer ziffernmässigen – also digitalen – Anzeige, aber einem „analogen“, d.h. mechanischen oder elektromechanischen Uhrwerk, gab es ab dem 17. Jh. Ein berühmtes Beispiel ist der Uhrenturm von San Marco in Venedig, wo 1858 zwölfeckige Walzen installiert wurden (Bild rechts). Die Minutenanzeige „sprang“ im Fünfminutentakt; nach alter Tradition werden die Stunden in römischen Ziffern angezeigt.

Ab Ende des 19. Jh. wurden zunächst Taschenuhren, später auch Armbanduhren mit Ziffernanzeigen konstruiert (Bild rechts: Schweizer Armbanduhr um 1930). Man nannte sie auch „Scheibenuhren“. In den 1920er- und 1930er-Jahren boten US-Hersteller „Zyklometer-Uhren“ als Tischmodelle an. Hier drehten sich schmale Zylinder mit Ziffern an der Aussenseite – wie bei mechanischen Kilometerzählern.

https://sammlung.wienmuseum.at/objekt/386412/

Ein innovatives Prinzip war die „Klappuhr“. Hier Bilder aus dem Patent für eine „Uhr mit Zahlenwechsel durch Herabfallen doppelseitig bezifferter Täfelchen“ von Josef Pallweber von 1890.



10 Uhr 51
=
9 vor 11

Beistehende Zeichnung zeigt das Zifferblatt einer solchen Uhr in verkleinertem Massstabe und veranschaulicht damit die grosse Deutlichkeit der Zeitangabe nach der im Eisenbahnwesen gebräuchlichen Ausdrucksweise „Zehn Uhr einundfünfzig Minuten“. Es ist sicherlich nicht schwieriger, diese Ausdrucksweise zu gebrauchen, als zu sagen: „Neun Minuten vor elf Uhr“.

-- Deutsche Uhrmacher-Zeitung, 1. Dez. 1893

Links: Die Fallblattuhr bzw. „Klappuhr“ (auf englisch heute meist „flip clock”, „flap clock” oder „digit snap clock” genannt) nach dem Patent des österreichischen Ingenieurs Josef Pallweber (1858-1921), produziert ab 1895 von der Lenzkircher Uhrenfabrik, startete eine weltweite Mode.

Rechts: Eine Uhr von Junghans, 1904, bei der die Ziffern nicht vertikal unter Schwerkraftnutzung klappen, sondern horizontal wie Buchseiten „umblättern“.

https://bawue.museum-digital.de/singleimage?imagenr=41020

Mobile Uhr: Durch den praktischen Henkel konnte man sie wie eine Laterne dortin (vorsichtig) tragen, wo man sie jeweils haben wollte.

Die Antriebsfeder im Sockel musste man regelmässig mit einem Aufziehschlüssel spannen.

https://sammlung.wienmuseum.at/images/objects/389087/3306192_full.jpg

Da die neue Stundenzahl jedes Mal in demselben Moment erscheinen muss, wo die Minutenangabe von 59 nach 0 wechselt, so darf die Umdrehung der Stundentrommel keine allmählige sein, sondern muss im richtigen Augenblick plötzlich erfolgen. -- Deutsche Uhrmacher-Zeitung, 1. 12. 1890

Der innere Mechanismus der beiden Fallblattuhren der vorherigen slide:

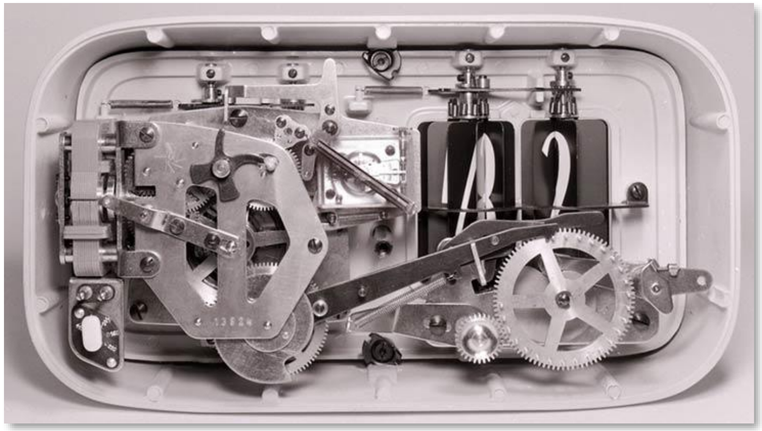
https://bawue.museum-digital.de/singleimage?imagenr=41020

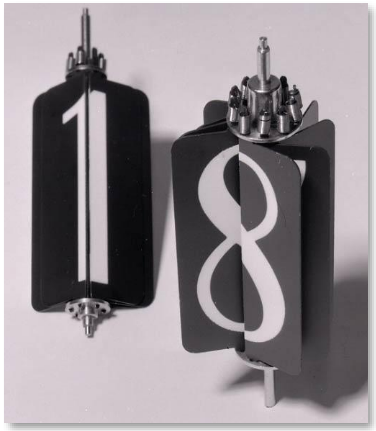
https://sammlung.wienmuseum.at/images/objects/389087/3306193_full.jpg

Später im 20. Jh. folgten auch Uhren mit Fallblattanzeige im öffentlichen Bereich, z.B. an Bahnhöfen. Bild rechts: Wien, 1955: Josefstädter Straße, Ecke Skodagasse und Albertgasse. Solche Uhren wurden u.a. von der italienischen Firma Solari produziert, dort konzipierte man ab 1954 schliesslich auch kleinere Tisch- und Wanduhren für Büros und Wohnungen. Das Ergebnis war 1955 die „Cifra 5“, die eine Design-Ikone werden sollte (Bilder links / unten).

https://magazin.wienmuseum.at/die-digitalisierung-der-uhrenanzeige

www.solari.it/wp-content/uploads/2020/01/cifra5.jpg





https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paolo_Monti_-_Servizio_fotografico_-_BEIC_6355499.jpg

www.solari.it/wp-content/uploads/2020/01/stabilimento-udine.jpg

← Das Solari-Werk in Udine.

Zu Beginn der 1960er-Jahre brachte Solari die kleinere „Cifra 3“ (Bild unten) auf den Markt; das minimalistische Design der Uhr in Zyinderform wurde ein grosser Erfolg, bereits 1966 nahm das Museum of Modern Art sie als Dauerausstellungsstück in seine Sammlung „Humble Masterpieces“ auf.

https://i.pinimg.com/736x/c2/60/c1/c260c13039f9edc1202909963ca50bbde.jpg

https://store.solarilineadesign.com/wp-content/uploads/2017/07/c3-red-top-image-1920x900.jpg

Pulsar: Rein elektronisch, ohne bewegliche Teile. Die erste digitale Armbanduhr mit LED-Anzeige; 1972, $2100.

Bananenkauf: digital ⟷ analog?

Am Beispiel des Bananenkaufs im Supermarkt zeigt Walther Zimmerli, Professor für Philosophie, wie analoge und digitale Prozesse miteinander verwoben sind; er kommt zum Schluss „*analog* und *digital* ist kein ausschließender Gegensatz“:

„…dann merken Sie sich die zum Artikel Bananen gehörende Kennzahl (bei Coop z.B. die 101), tippen diese in das Tastenfeld an der nächsten Waage ein, auf die Sie die Bananen legen. Der in der Waage eingebaute Drucker druckt daraufhin ein selbstklebendes Preisschild aus, auf dem sowohl für Sie lesbar alphabetisch als auch maschinenlesbar in einem Strichcode mindestens folgende Informationen ausgedruckt sind: Artikel (in diesem Falle z.B. Bananen); Gewicht per kg (in diesem Falle z.B. 3.95 Fr.); Nettogewicht (in diesem Falle z.B. 0.778 kg), Preis (in diesem Falle z.B. 3.05 Fr.), Verpackungsdatum (z.B. 08.03.18). Sie bringen Ihre Ware mit dem aufgeklebten Preisschild zur Kasse, wo entweder Sie selbst oder die Person an der Kasse sie über ein Lesegerät zieht.“

Die relevanten Aspekte lassen sich nach Zimmerli wie folgt analysieren:


www.paexfood.de/blogs/bananen-lexikon/wie-viel-wiegt-eine-banane

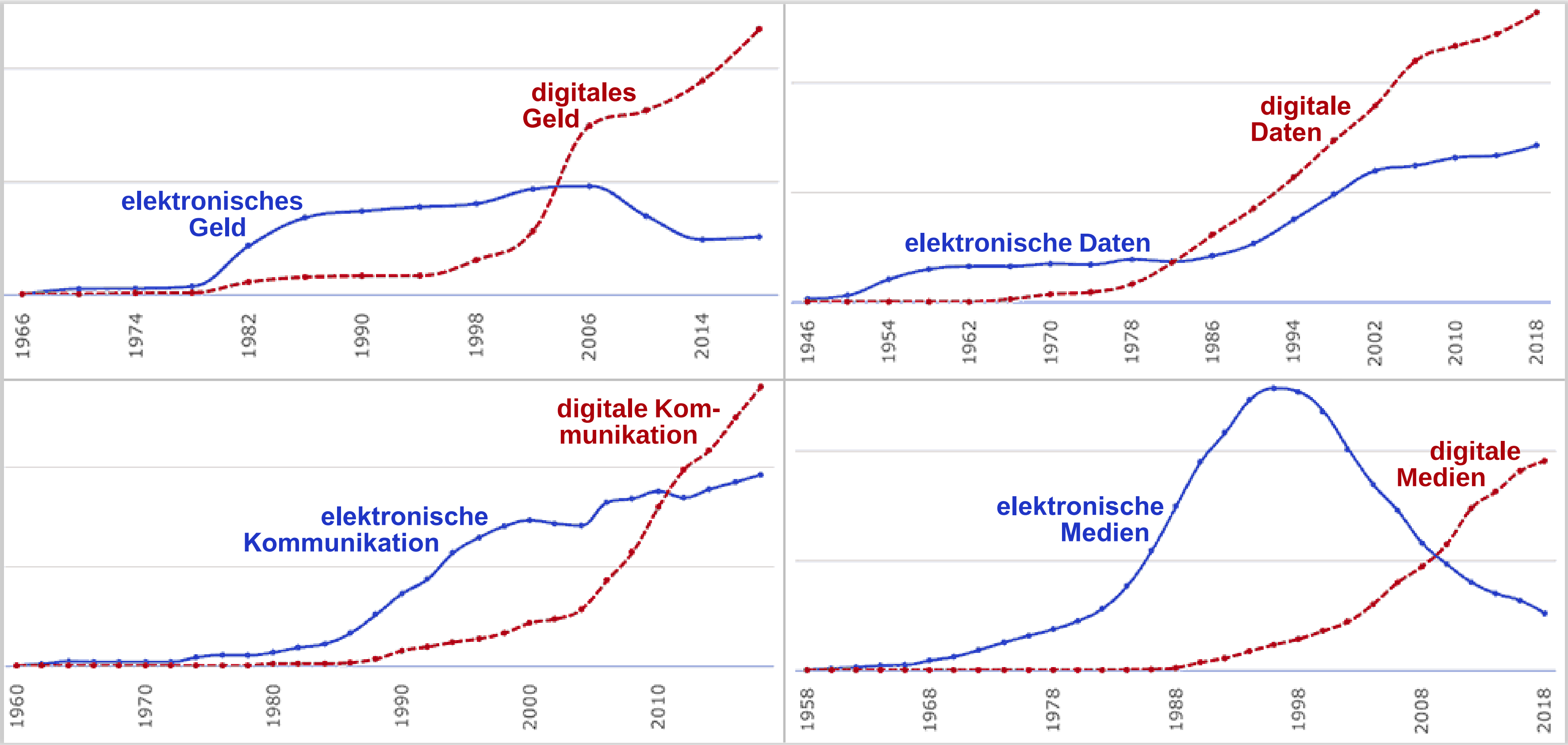
„1. Sie wählen Bananen; das ist an sich noch weder *digital* noch *analog*.
2. Sie geben die dazu passende Kennziffer ein; hier findet nun ein erster Übergang von *analog* zu *digital* statt.
3. Es wird ein selbstklebendes Preisschild sowohl maschinenlesbar (*digital*) als auch für Sie lesbar (*analog*) ausgedruckt.
4. Am Lesegerät der Kasse werden diese Informationen *digital* erfasst.
5. Der Preis wird zu den Preisen eventuell weiterer gekaufter Waren *digital* hinzuaddiert.
6. Auf dem Display der Kasse erscheint die jeweilige Zwischensumme und abschließend das Total – zwar als Zahlen, aber nicht *binär*, weswegen wir es auch ‚*analog*‘ nennen können.
7. Die Bezahlung erfolgt dann entweder bar (*analog*) oder mit Karte (was einen erneuten Zyklus von teils *digitalen*, teils *analogen* Schritten auslöst).“

Walther Ch. Zimmerli: Analog oder digital? Philosophieren nach dem Ende der Philosophie, Springer, *2021*

Digital ⟷ elektronisch

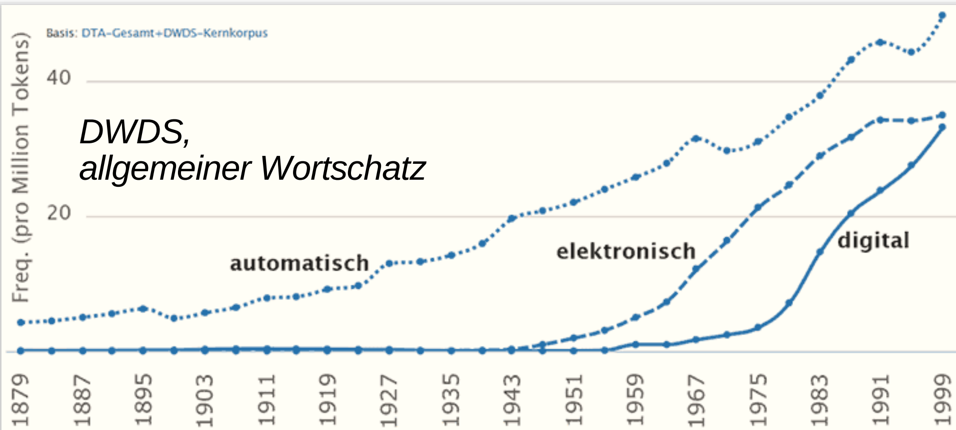
Ob sich das heute viel beschworene *digitale Zeitalter* später einmal als Epochenbegriff durchsetzt, entscheidet sich erst in Zukunft. -- Christoph Pallaske, 2012

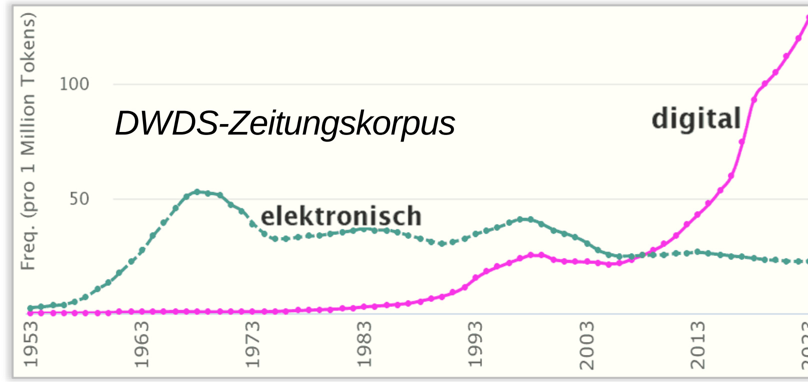
Mit den Textkorpora beim DWDS lässt sich mittels Wortverlaufskurven verfolgen, wie relevante Schlüsselbegriffe bei den Zeitungen im Laufe der Zeit Fuss fassten. Die Adjektive „elektronisch“ und „digital“ sind natürlich nicht bedeutungsgleich, aber bei vielen vagen oder modischen Begriffen wurde in Laufe der Zeit „elektronisch“ durch das moderner klingende „digital“ ersetzt:

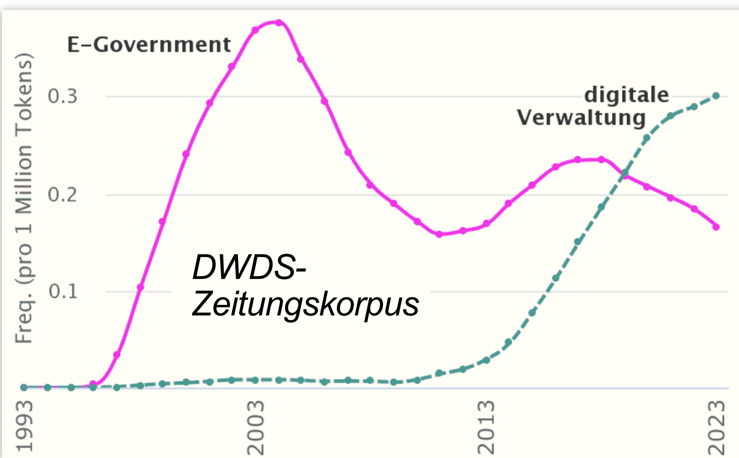


Digital ←→ elektronisch (2)

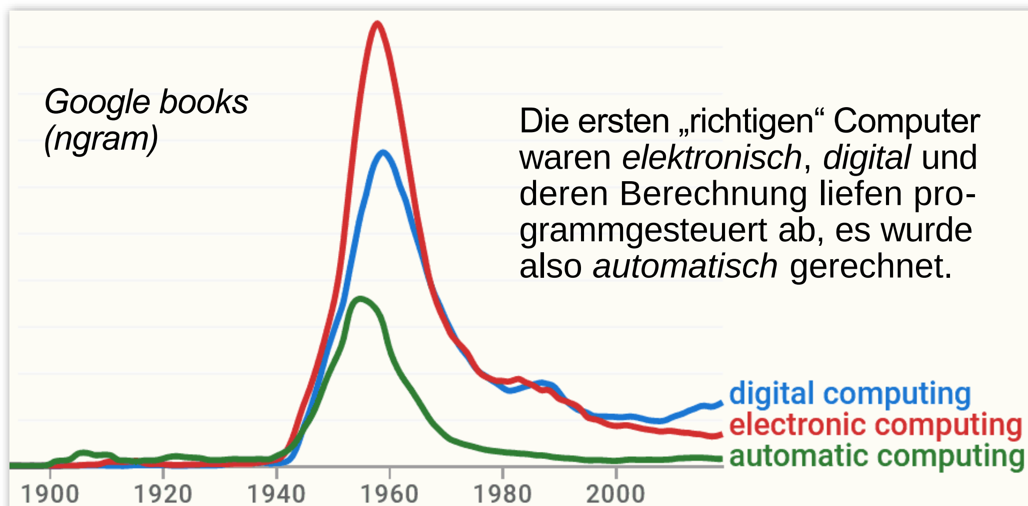
"Time and again, one reads about the pre-digital age. Most people probably mean a period that ended in the second half of the 20th century. *For many people, digital and electronic are synonyms*. If the digital age starts with finger-reckoning, there would be no predigital age." -- Herbert Bruderer







Aus „E-Government" wurde allerdings nicht „D-Government", sondern „digitale Verwaltung"…



Die ersten „richtigen" Computer waren *elektronisch*, *digital* und deren Berechnung liefen pro-grammgesteuert ab, es wurde also *automatisch* gerechnet.

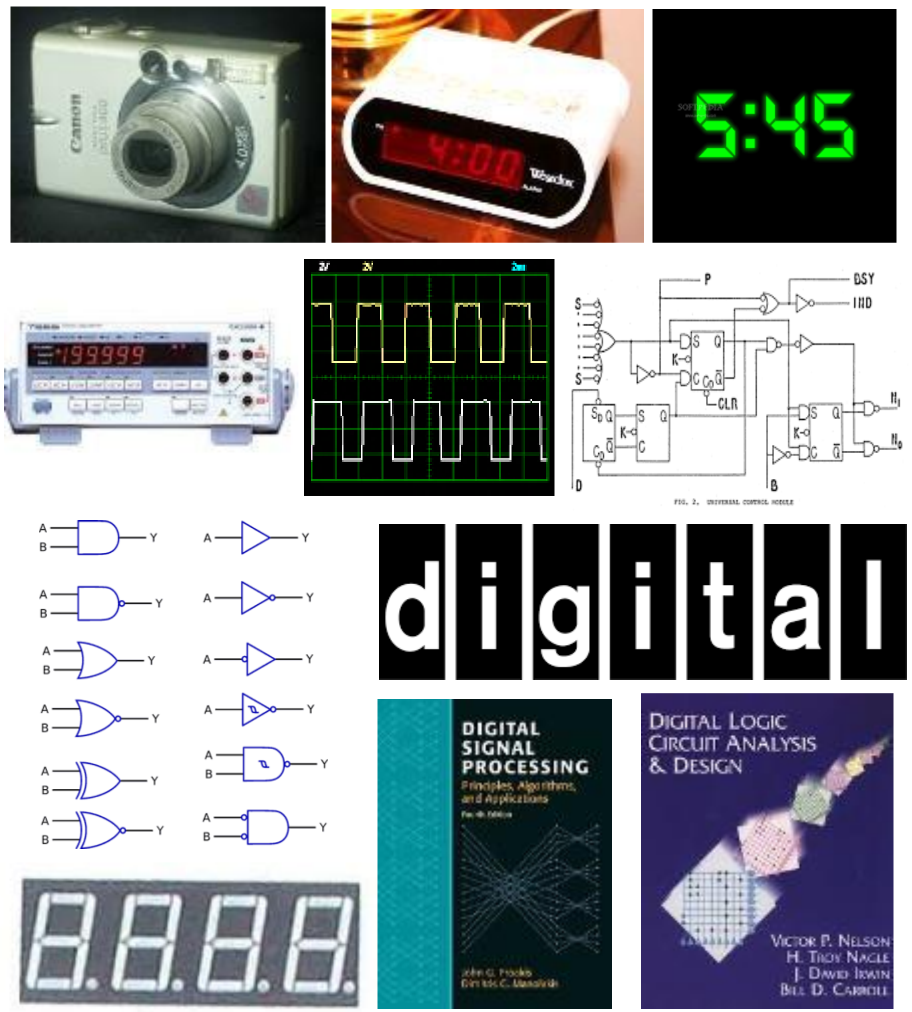
Digitalisierung als Modebegriff

„In der Bevölkerung teilt die Digitalisierung das Los vieler anderer politischer Schlagworte, die so oft genannt und gehört werden, dass sich der Normalbürger nicht viel darunter vorstellen kann. [...] Im schlimmsten Fall weiss er nichts über Digitalisierung, bestenfalls noch, dass sie ‚irgendwas mit Computern zu tun hat'."

[Heike Schmoll: Die Digitalisierung als Schlagwort und Schlüsselbegriff in politischen Reden, Frankfurter Allgemeine Zeitung, 27.10.2016, S. 8]

„Seit ein paar Jahren wird die Welt digital. Oder zumindest scheint es so. Alles digitalisiert sich, Bücher, Fernsehen, Arbeit, Autos, Strom, Telefon, Politik, sogar Radio. [...] Auch wenn man jetzt ständig davon hört, ist das Phänomen Digitalisierung nicht neu. Computer haben das analoge Stadium ab den 1940er-Jahren allmählich verlassen. Banken, Versicherungen und zahlenintensive Verwaltungsbereiche digitalisierten ihre Rechenvorgänge ab den 1960er-Jahren.

→



*Suchergebnisse zu „digital" bei Google im Jahr **2006** – es dominieren kantige und rechtwinklige Formate*

Digitalisierung als Modebegriff (2)

1976 heißt es im Spiegel: ‚Die elektronische Revolution hat die Zeitungsverlage erreicht‘, gemeint waren Lichtsatz, Bildschirmterminals und Speicherung der Texte auf Magnetbändern. Im Lauf der 80er und 90er wurden textlastige Verwaltungstätigkeiten digital. Die Umstellung von Schallplatte auf CD fand in den 1980er-Jahren statt. Ende 1997 war das deutsche Telefonnetz vollständig digitalisiert. Fotografie und Film folgten.

Während der ersten siebzig Jahre dieser Vorgänge spielte der Begriff der Digitalisierung keine große Rolle. Wo er ab den 1990er Jahren vereinzelt auftauchte, bezeichnete er noch die konkrete Digitalisierung von etwas: von Telefonnetzen, Wörterbüchern, Landkarten. Erst ab 2010 wird der Begriff häufiger und in seiner heutigen vagen Bedeutung verwendet.“

[Kathrin Passig, Aleks Scholz: Schlamm und Brei und Bits – warum es die Digitalisierung nicht gibt. Merkur 69 (798), S. 75-81, 2015]

Suchergebnisse zu „digital" bei Google im Jahr ***2016*** *– es dominieren bläuliche Farbtöne: Himmel, Erde, Ozean*

Digitalisierung in neuer Begriffsauffassung

Nicht 0 und 1, sondern die Veränderung des sozialen Lebens sei bestimmend

Sabine Müller-Mall, Professorin für Rechts- und Verfassungstheorie an der TU Dresden, vertritt in Ihrem Buch „Freiheit und Kalkül. Die Politik der Algorithmen“ aus dem Jahr 2020 eine These, die aus Sicht der Informatik zunächst etwas befremdlich wirkt: Dass Informationen binär codiert werden, mache gar nicht das Wesen der „Digitalisierung“ aus. Digitalisierung sei etwas anderes – eine „sich selbst verstärkende und in alle Bereiche der sozialen Welt ausgreifende Bündelung von Computerisierung, Mobilisierung und Algorithmisierung“.

Müller-Mall eröffnet ihr Buch so: „Werden digitale Gesellschaften, digitale Revolutionen oder gar ein neues Zeitalter der Digitalisierung ausgerufen, geht es nur am Rande darum, dass sich Gesellschaft, Welt oder Geschichte binär kodieren, also in den Zahlenwerten 0 und 1 vollständig beschreiben ließen. Der binäre Code, die allem zugrunde liegende Sprache der Computer, steht weniger im Vordergrund als ein anderer Aspekt: Digitale Techniken machen soziales Leben nicht nur effizienter, schneller oder bequemer, sondern verändern es auf eine Weise grundlegend, dass die Art und das Ausmaß der Veränderungen bislang kaum fassbar sind. Digitalisierung wird entsprechend mit ähnlichen Revolutionen wie der Entwicklung der Schrift, des Buchdrucks oder der Elektrizität verglichen.“

Dann wird die Autorin im Sinne der oben aufgeführten These explizit: „…bildet doch die bloße Möglichkeit der Repräsentation […] der Welt […] oder Informationen in einer binären Codierung (bestehend aus 0 und 1) nicht den Kern dessen, was der Begriff der Digitalisierung beschreibt.“ Binärcodierung sei schliesslich schon seit dem 17. Jahrhundert durch die Arbeiten von Leibniz und dessen binäre Rechenmaschine bekannt – lange bevor Digitalisierung als Begriff aufkam.

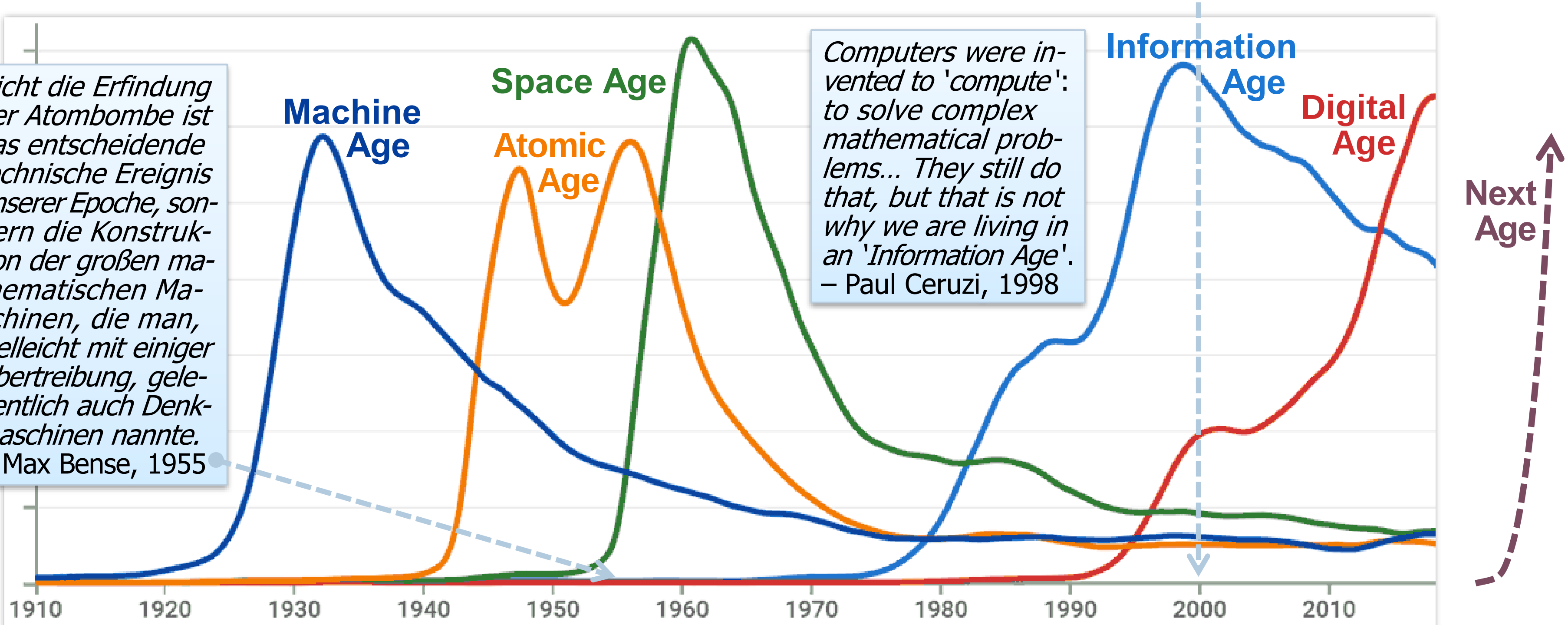
Eigentlich geht es in dem Buch dann doch um etwas anderes: Die Politisierung des Einsatzes von Algorithmen, so wie es auch der Buchtitel erwarten lässt. Andererseits ist aber, nach Meinung der Autorin, die „Algorithmisierung“ ja eine der drei Kernkomponenten der Digitalisierung…

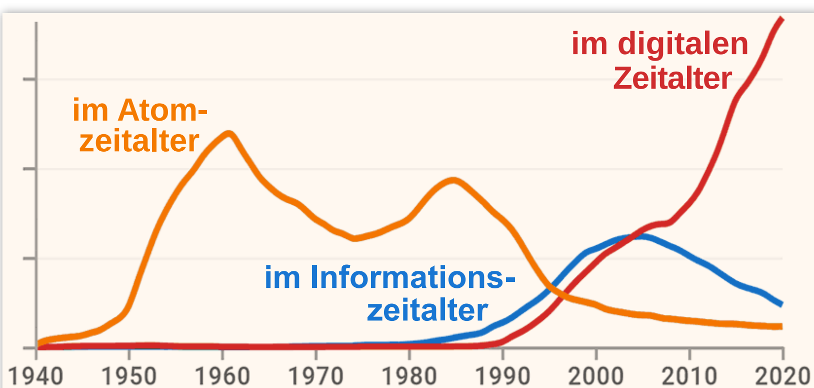
New Age – Digital Age

As we approach 2001, we are in the Information Age, not in the Space Age.
-- Randy Katz, UC Berkeley, März 2000

Nicht die Erfindung der Atombombe ist das entscheidende technische Ereignis unserer Epoche, sondern die Konstruktion der großen mathematischen Maschinen, die man, vielleicht mit einiger Übertreibung, gelegentlich auch Denkmaschinen nannte.
-- Max Bense, 1955

Computers were invented to 'compute': to solve complex mathematical problems... They still do that, but that is not why we are living in an 'Information Age'.
– Paul Ceruzi, 1998

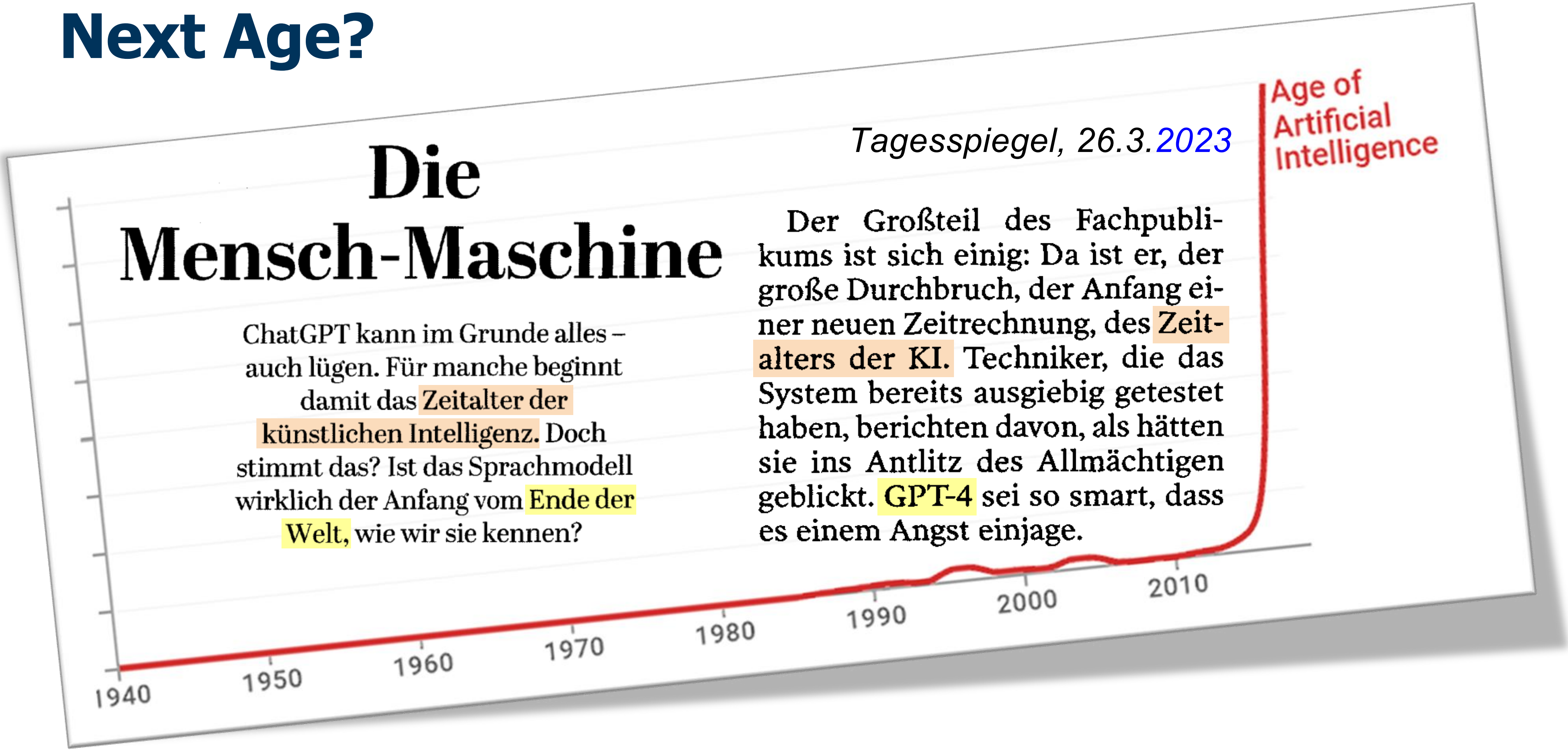




Mitten im 20. Jahrhundert meinte man, mit dem „Atomic Age“ den Schlüsselbegriff für das Jahrhundert gefunden zu haben – was sollte denn an noch Gewaltigerem kommen? Und dann wurde es doch das Space Age! (Oder vielleicht sogar das Information Age?) Klar ist: Nach dem Digital Age kommt das „Next Age“ – was immer es sein mag!

Zum selber ausprobieren: Industrial Age, Jet Age, Nuclear Age, Maschinenzeitalter.

Next Age?



Die Mensch-Maschine

ChatGPT kann im Grunde alles – auch lügen. Für manche beginnt damit das Zeitalter der künstlichen Intelligenz. Doch stimmt das? Ist das Sprachmodell wirklich der Anfang vom Ende der Welt, wie wir sie kennen?

Der Großteil des Fachpublikums ist sich einig: Da ist er, der große Durchbruch, der Anfang einer neuen Zeitrechnung, des Zeitalters der KI. Techniker, die das System bereits ausgiebig getestet haben, berichten davon, als hätten sie ins Antlitz des Allmächtigen geblickt. GPT-4 sei so smart, dass es einem Angst einjage.

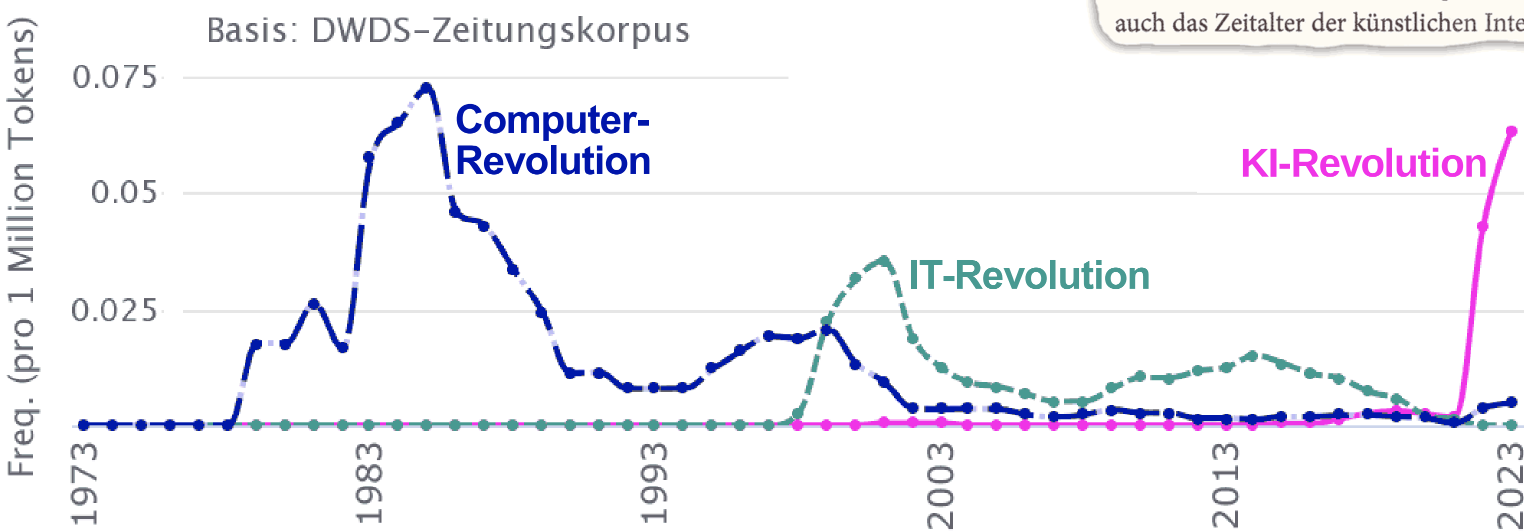
Die Roboter	6:11
Spacelab	5:51
Metropolis	5:59
Das Modell	3:38
Neonlicht	9:03
Mensch-Maschine	5:28

„Klangreinheit in Perfektion präsentiert sich auf dem Album Die Mensch-Maschine […] in ihrem Aufbau ebenso logisch wie genial präzise. Für den Konsumenten normaler Charts-Popmusik müssen Kraftwerk zu diesem Zeitpunkt (1978) […] wie Musik von einem anderen Planeten, wie eine Band aus der Zukunft geklungen haben. Verzerrte Computerstimmen, kalt und steril wirkende Klanggebäude, sehr knappe und scheinbar bedeutungsarme, nur die Musik unterstützende Texte – dargeboten in einer völlig einzigartigen Atmosphäre, zeitlos begeisternd.“
www.zine-with-no-name.de/rev_kraftw_dmm.html

Techno-Revolutionen

Adrian Kreye zum Beginn des Zeitalters der KI – im Jahr 2023

… nun gebe es eine Zeit vor und eine Zeit nach ChatGPT. Als sei der Messias gekommen. Einen gewaltigen Unterschied gab es allerdings zu den künstlichen Intelligenzen der Vergangenheit. Die erfassten, was Menschen denken. Generative KI wie ChatGPT erfasste, *wie* Menschen denken. Und so begann nicht nur das Jahr, sondern auch das Zeitalter der künstlichen Intelligenz.



Seit 1789 spricht man vom „Zeitalter der Revolutionen“, zunächst waren damit die politischen und gesellschaftlichen Umwälzungen gemeint – die Französische Revolution von 1789 (mit der Abschaffung des feudal-absolutistischen Ständestaats und der Erklärung von Bürger- und Menschenrechten) stellt den Inbegriff dafür dar. Die industrielle Revolution, die schon Mitte des 18. Jh. begann (z.B. Dampfmaschine von James Watt, patentiert 1769) und den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft einleitete, machte man ab ca. 1830 aus; im 20. Jh. wurde daraus ein geradezu epochaler Begriff. Später apostrophierte man rückblickend die ab 1900 um sich greifende Elektrifizierung als die „zweite industrielle Revolution“, schliesslich wurde die „mikroelektronische Revolution“ (neuerdings auch „digitale Revolution“ genannt) ab Mitte der 1970er-Jahre als „dritte industrielle Revolution“ bezeichnet, sodass sich ab ca. 1950 sogar die Pluralform „industrielle Revolutionen“ einbürgerte. Der Revolutionsbegriff wurde in der Folge für immer engere Technologiebereiche verwendet. In Fachkreisen wurde schon Mitte der 1960er-Jahre von „Computer-Revolution“ gesprochen, die Zeitungen (siehe Graphik) griffen dies erst prominent auf, als die Homecomputer aufkamen. Auch die „KI-Revolution“ fand in Fachbüchern schon viele Jahre vor der plötzlichen medialen Aufgeregtheit im Jahr 2022, als ChatGPT allgemein verfügbar wurde, statt.

Neue Buzzwords braucht das Land

An Begriffen, die so bedeutend sein sollen, dass sie eine neue Ära einleiten oder die vielleicht sogar das ganze Jahrhundert charakterisieren, herrscht kein Mangel.

Allzu oft handelt es sich aber nur um ein Buzzword, welches alleine schon durch ein etwas ungewöhnliches „wording“ Aufmerksamkeit erregen möchte. Der Begriffsinhalt ist dann meist nicht klar definiert, sondern bleibt oft sogar bewusst schwammig, um in flexibler Weise eine Vielzahl anderer wichtiger Bereiche zu umfassen. So können sich viele Mitspieler (und auch Möchtegerns) darin wiederfinden.

Keine Frage, dass nach dem Internet etwas „Neues“ kommen muss. Wer sich in der Industrie einen Namen beim Internet der Dinge oder bei „Industrie 4.0“ gemacht hat, sieht wortwörtlich aber alt aus, wenn der Mainstream nun einen neuen Begriff wie „digitaler Zwilling“ oder „Metaverse“ entdeckt – selbst wenn dabei kein echter inhaltlicher Paradigmenwechsel stattgefunden hat.

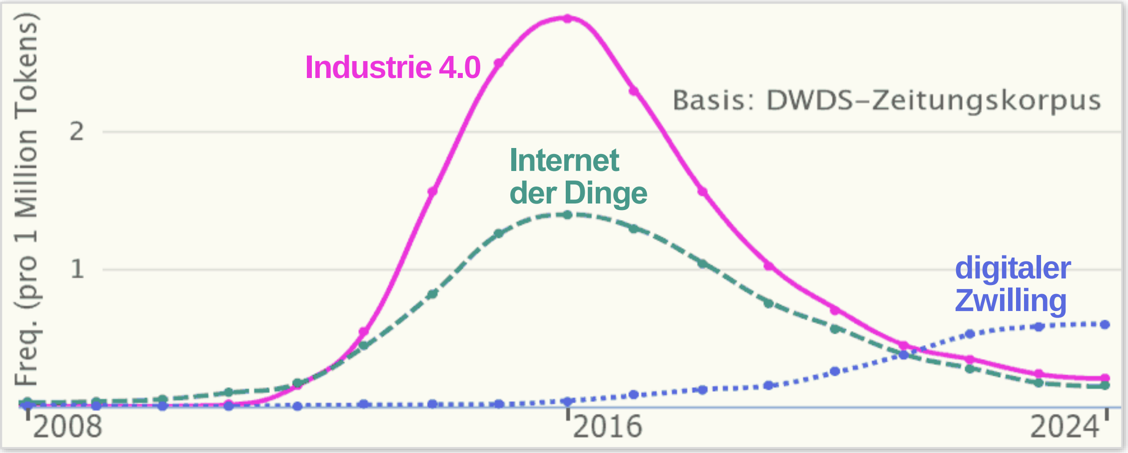
„Künstliche Intelligenz – wozu vor allem selbstlernende und vernetzte digitale Systeme zählen – gilt als bestimmende Universaltechnologie des 21. Jahrhunderts.“

– Der Standard, 11. 7. 2023

Eine etwas ungewöhnliche Definition von KI!

„Die Tech-Branche lebt seit jeher vom Narrativ des nächsten großen Entwicklungssprungs. Immer wieder geht es um den Durchbruch in eine neue Ära ungeahnter Möglichkeiten – und damit auch um neue Dimensionen der ökonomischen Wunscherzeugung und -erfüllung. Zuletzt übernahm die Künstliche Intelligenz (KI) diese Funktion. Nun beansprucht ein neues Buzzword die Pole Position: das Metaversum.“

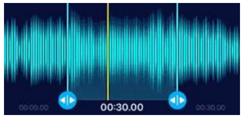
– Zukunftsreport 2022, S. 110 (Christian Schuldt; Hg.: Matthias Horx)

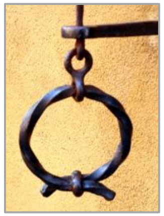


Technologiegetriebener Paradigmenwechsel

z.B. mechanisch → elektrisch → elektronisch → digital → ...

Ganz früher klopfte man an die Haustür, die besseren Häuser hatten auch einen Türklopfer, um die Knöchel der Klopfenden zu schonen. Für eine Signalisation über grössere Distanzen verwendete man mechanische Glocken- oder Klingelzüge; mit Beginn des elektrischen Zeitalters wurden elektrische Klingeln modern, die mit einem blossen Druck auf den Klingelknopf (neben dem „Klingelschild“) bedient werden konnten. Klingeltöne in Form sanfterer elektronischer Klänge, die an Orgeln oder Oboen erinnern, wurden erst im elektronischen Zeitalter möglich; im Digitalzeitalter nutzt man nun fast beliebige „sounds“ für unterschiedlichste Zwecke.





Einige zeittypische Beispielsätze:

- *An der Thüre einer jeden Apotheke ist ein Klingelzug anzubringen, um denjenigen Gehülfen aufzuwecken, welcher bei Nachtzeit pharmaceutische Hülfe leisten soll. (1824)*
- *Die Aufwärter (Waiters) scheinen Flügel zu haben, so schnell kommen sie auf jeden Klingelzug, und in allen Zimmern hängen gute gangbare Klingeln, welche der reisende Engländer nach Herzenslust handhabt. (1830)*
- *Der Mann erblickt eine schöne Frau, und dieser erotische Eindruck setzt wie der Druck auf den Klingelknopf den Strom im Erektionssystem in Gang. (1937)*
- *Heute drückt sich die Individualität des Menschen vor allem im Klingelton aus, für den er sehr viel Geld ausgibt und den er sehr sorgfältig unter allerlei Selbsterfahrungsversuchen beim Angerufenwerden aussucht. (2006)*
- *Forderte der Empfänger diesen Klingelton an, wurde zusätzlich ein trojanisches Pferd auf das Handy übertragen. (2010)*

„Digitalisierung" bei WIKIPEDIA

Die Begriffserklärung wird immer wieder verändert; ein Zeichen für schnellen Bedeutungswandel und Popularisierung des Begriffs; hier eine Version von 2017

WIKIPEDIA
Die freie Enzyklopädie

Digitalisierung steht für

- die Auswirkung der verstärkten Nutzung von Computern und Digitaltechnik in Wirtschaft, Kultur, und Politik
- die Überführung analoger Größen in diskrete Werte
- die Einführung von Digitaltechnik
- Verabreichung von Digitalis-Präparaten in der Medizin

Digitalisierung als historischer Prozess

Digitalisierung als technischer Prozess

Hingegen wird noch 2019 in einem Artikel des Informatik-Spektrums (welches z.B. alle Mitglieder der Gesellschaft für Informatik erhielten) der Begriff strikt (und eindimensional) ausgelegt:

Digitalisierung. Darunter versteht man den Prozess, wenn Informationen von ihrer analogen Form in eine digitale Form übersetzt werden. Zum Beispiel findet eine Digitalisierung statt, wenn die in analoger Form codierte Musik einer Schallplatte in die digitale Form einer CD oder MP4-Datei übersetzt wird. Und genau dies ist die Bedeutung des Begriffs der Digitalisierung: die Speicherung von Daten in digitaler Form. Digitalisiert wird also eine alte Fotografie oder die Aufzeichnung einer Sonate. Und nicht etwa die Gesellschaft, wie man häufig da und dort liest oder hört.

https://doi.org/10.1007/s00287-019-01168-z

„Digitalisierung“: viele Begriffsauslegungen

…gestellt, um in dieser neuen digitalen Welt mithalten zu können?

Viele Auslegungen für einen Begriff

Schon der Begriff der Digitalisierung ist alles andere als selbsterklärend. Wurde er früher oft nur auf den mühsamen Prozess der Umwandlung physischer Dokumente in digitale Formate bezogen, so umfasst das moderne Begriffsverständnis die umfassende Transformation eines Landes mit all ihren Auswirkungen auf die unterschiedlichsten Lebensbereiche. Dazu gehören vor allem der Ausbau und die Versorgung der Bürgerinnen und Bürger mit leistungsfähigem Breitbandinternet, aber auch die digitale Entwicklung der Unternehmen. Digitalisierung betrifft nicht nur die technische Infrastruktur, sondern auch die Art und Weise, wie Menschen Informationen verarbeiten, Entscheidungen treffen und miteinander kommunizieren.

Aktuell sind es vor allem Faktoren wie Künstliche Intelligenz (KI), Big Data oder Cybersicherheit, die Unternehmen

Die Süddeutsche Zeitung sah sich auch noch im Oktober 2024 dazu veranlasst, den Begriff „Digitalisierung“ für ihre Leserschaft zu klären – er sei schliesslich nicht selbsterklärend. Es wird korrekt darauf hingewiesen, dass sich das Begriffsverständnis im Laufe der Zeit erweitert und geändert hat.

Die Verwendung des Terminus „physischer Dokumente“ (anstelle von „analoger Signale“ oder Ähnlichem) zeigt allerdings, dass der Autor nicht wirklich die Historie der (klassischen) Digitalisierung kennt bzw. die Gründe für den Siegeszug der Digitaltechnik verstanden hat, sondern die Digitalisierung im Sinne von OCR und der Repräsentation sowie Verwaltung von ehemals bedrucktem Papier als Bits & Bytes in Dateisystemen (wohl etwas mühsam) selbst erlebt hat.

„Digitalisierung“: enge und erweiterte Auffassung

Felix Stalder (ZHdK) greift in einem Aufsatz „Was ist Digitalität“* die ersten beiden Begriffsauffassungen obiger Wikipedia-Definition von „Digitalisierung“ auf, jedoch eingeschränkt auf Medien:

„Digitalisierung ist, im ganz engen Sinn, der Prozess der Überführung eines analogen Mediums in ein digitales. Man legt ein Buch auf den Scanner und hat nachher ein elektronisches Buch. Interessanter ist aber Digitalisierung in einem erweiterten Sinn, der Veränderung von Prozessen, die mit diesen Medien organisiert werden. Dinge, die vorher mit analogen Medien organisiert wurden, werden nachher mit digitalen Medien organisiert. Aus dieser Perspektive ist Digitalisierung ähnlich wie Alphabetisierung. Auch diese kann man in einem engen Sinne verstehen, dass Menschen individuell Lesen und Schreiben lernen, und in einem weiten, dass die Gesellschaft als Ganzes sich verändert, weil Prozesse nun auf Basis von Schriftlichkeit und eben nicht Mündlichkeit organisiert werden. Digitalisierung ist ein ähnlicher Prozess, wo die Grundlagen gelegt werden, um neue Handlungsabläufe, aber auch neue Wahrnehmungsformen und neue Denkstrukturen zu entwickeln.“

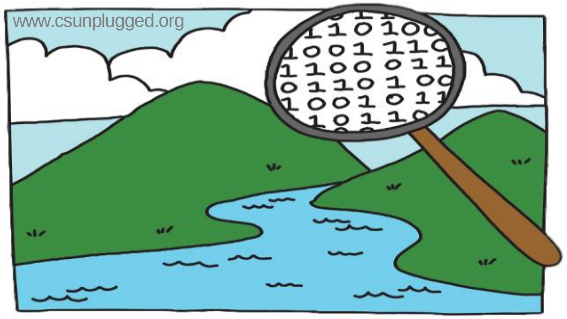
Stalder führt dann denn Terminus der „Digitalität“ ein. Zu diesem Begriff zitieren wir hier Uta Hauck-Thum und Jörg Noller aus der Einleitung des von ihnen herausgegebenen Sammelbandes*: „Indem die Digitalisierung ein Teil unserer Lebenswelt geworden ist, betreten wir den Raum der ‚Digitalität‘. Während die Digitalisierung das technische Phänomen der Umwandlung analoger in digitale Information betrifft und dadurch zu einer Veränderung von Prozessen führt, die mit diesen Medien organisiert werden, bezieht sich Digitalität auf die lebensweltliche Bedeutung der Digitalisierung, die eine Realität eigener Art konstituiert, die mit unserer Realität interferiert, diese ergänzt und erweitert.“ (Oder hätten wir zu „Digitalität“ etwas anderes zitieren sollen, z.B. eine tiefsinnige Rede von Alexander Dobrindt, deutscher Minister für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014 im Bundestag?: „Die Digitalität und die Mobilität sind zwei Elemente einer zukunftsfähigen Gesellschaft, die zusammengehören… Deswegen werden wir den Zusammenhang zwischen Mobilität, Modernität und Digitalität in unserem Haus weiterhin abbilden.“)

*) In U. Hauck-Thum, J. Noller (Hrsg.): Was ist Digitalität? Springer, 2021

Klassisch / eng / technisch verstanden

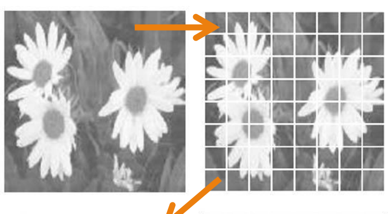
Abgegrenzt, voneinander getrennt, unterscheid-bar, vereinzelt (lat. discernere → unterscheiden)

„Digitalisierung“: Analoge Grössen → diskrete Werte



Generell geht es bei der (hier technisch aufgefassten) Digitalisierung darum, kontinuierliche Werteverläufe zunächst so in diskrete Werte umzuwandeln, dass diese dicht genug liegen, um den kontinuierlichen Verlauf gut genug zu approximieren. Die diskreten Werte werden dann durch Folgen binär kodierte Zahlen repräsentiert. Diese werden evtl. anschliessend noch komprimiert, um den Speicherbedarf oder die Übertragungsbandbreite gering zu halten.

Bei Digitalkameras wird durch den Kamerachip das optische Bild zuerst matrixförmig ortsdiskretisiert (Rasterung bzw. Scanning), dann werden die einzelnen Pixel dieser „Bitmap“ intensitätsdiskretisiert (Quantisierung bzw. Sampling), evtl. getrennt nach Farbkomponenten.

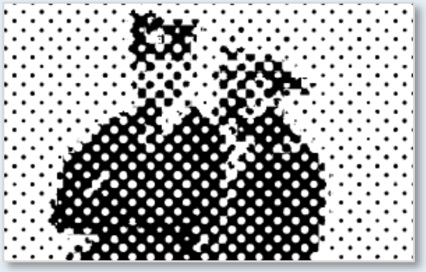


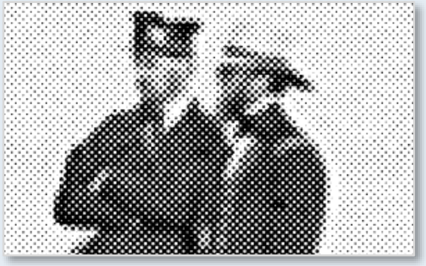
18	21	97	12	34	14	13	54
10	95	90	28	35	33	96	53
15	75	19	22	77	75	71	74
22	83	72	25	26	71	15	77
10	83	16	75	42	93	95	72
22	10	72	22	17	19	93	10
21	21	21	21	18	74	12	10
19	21	21	10	23	25	23	23

Angelika Erhardt: Einführung in die Digitale Bildverarbeitung, 2008

Rasterung

Digitalisierung im technischen Sinne, also die Überführung analoger Grössen in diskrete Werte, lässt sich am Beispiel klassischer Fotografien gut anhand historischer „Vorläufer“ veranschaulichen:

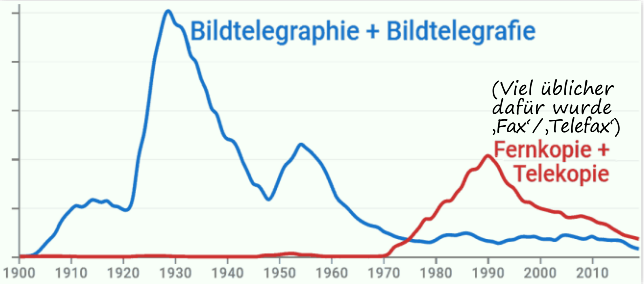




www.support.xerox.com/docu/Nuvera288_cd/german/images/2_frequs.gif

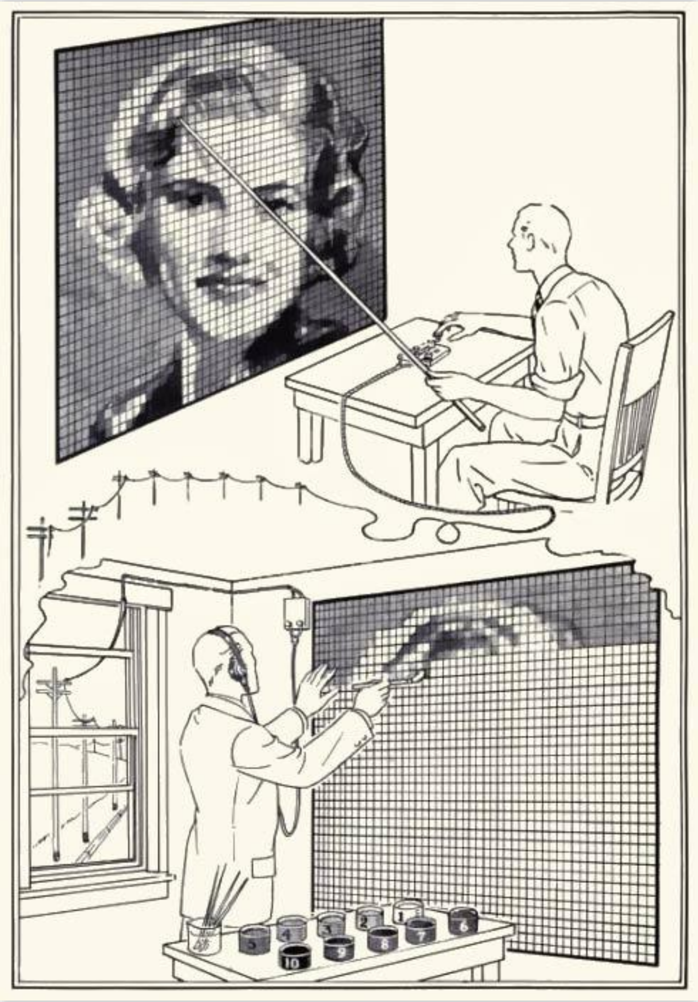
Anders als in der klassischen (chemotechnischen) Fotografie können bei den meisten Druckverfahren Helligkeitsunterschiede nicht direkt wiedergegeben werden. Das bedruckte Papier hat an einer bestimmten Stelle entweder Farbe oder keine Farbe; „ein bisschen Farbe“ gibt es nicht. Um im Druck kontinuierliche Grau- oder Farbverläufe („Halbtöne“) von Fotografien darzustellen, wurden schon Ende des 19. Jahrhunderts Bilder gerastert. Denn durch eine geeignete Anordnung und Grösse der Rasterpunkte kann man dem menschlichen Auge Helligkeitsunterschiede vorgaukeln.

Übertragung gerasteter Bilder



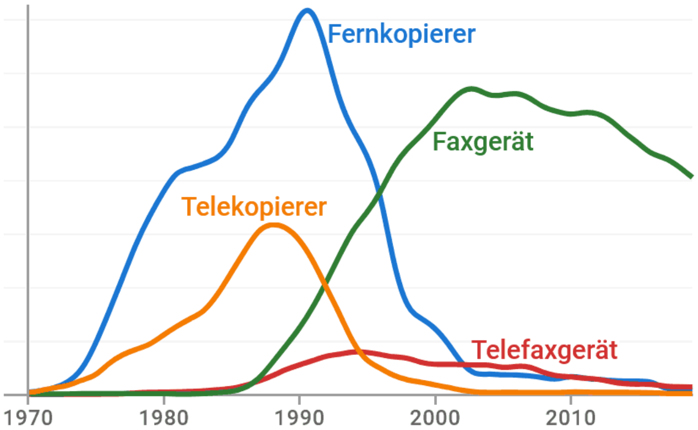
Wie man prinzipiell gerastete Bilder mittels Telegrafie fernübertragen kann, wurde 1936 im Buch „Electronic Television" von George H. Eckhardt anhand einer Analogie und einem Schaubild nett erklärt:

"[…] 3-inch-square photograph could be greatly enlarged, and 300 fine lines drawn across it horizontally, and 300 more fine lines drawn across it vertically. This breaks the picture up into 90,000 small squares or elements. […] It would be possible to establish approximately ten shades between black and white […] Each element could be considered as having an average shade corresponding to one of these numbers. At the far end of the circuit a draftsman could have a large sheet of drawing paper ruled with 300 horizontal and 300 vertical lines […] A telegraph operator could send a series of 90,000 numbers, each number representing one of the ten shades of black and white for a respective element of the photograph. […] As fast as the draftsman would receive a signal, he would fill in the respective square on his sheet of paper with the shade designated by the signal. At the end he would have a picture which, if reduced to the original size of the 3 by 3 inches, would be a fair representation of the original photograph." Rechnerisch kommt man bei diesem völlig unpraktischen Verfahren immerhin auf eine Auflösung von 100 dpi!



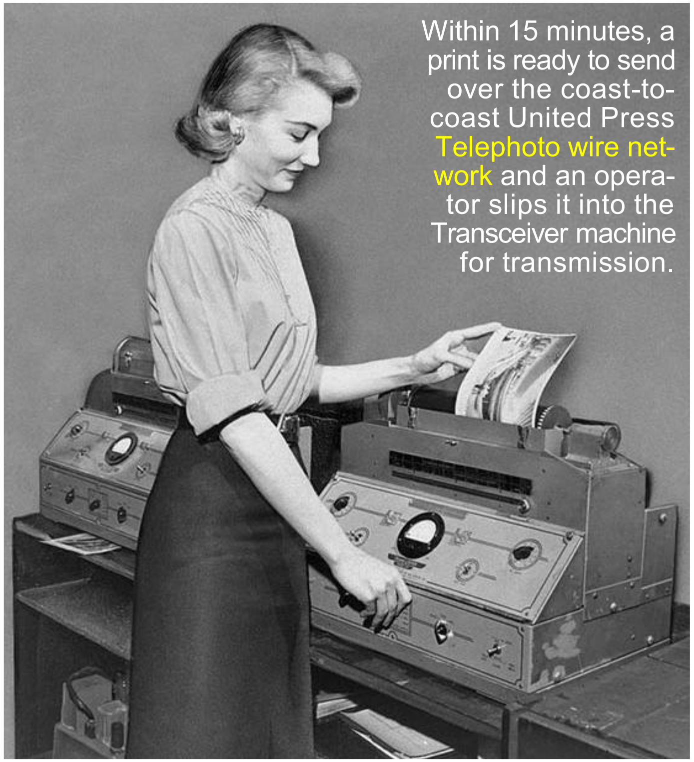
Erste Geräte zur Bildtelegrafie wurden schon Anfang des 20. Jh. konstruiert; die Abtastung (Reflexion eines Lichtstrahls auf eine lichtempfindliche Selenzelle) einerseits und die Aufzeichnung des Bildes (auf Fotopapier) andererseits erfolgte gesteuert durch eine Mechanik. Da seinerzeit die Fotografie stark an Bedeutung gewann und Zeitungen sowie „Illustrierte" den Fotojournalismus entdeckten, gab es einen Bedarf nach einer schnellen Bildübertragung über grössere Entfernung; die französische Wochenzeitschrift „l'Illustration" setzte erstmalig am 24. Nov. 1906 mit der Schlagzeile „UNE SENSATIONNELLE DÉCOUVERTE : LA PHOTOGRAPHIE TRANSMISE PAR LE TÉLÉGRAPHE" eine von Berlin nach Paris gesendete Fotografie (das Portrait des Kronprinzen Wilhelm von Preußen) auf ihre Titelseite.

„fac simile“ (Lat.): „mache es ähnlich“



Fax („Telefaksimile“), anfangs „Fernkopieren“ genannt, setzte sich jedoch erst in den 1970er-Jahren als ein Dienst der Post- und Telefongesellschaften für Geschäftskunden (über das analoge Telefonnetz) durch; eine breitere Verwendung in Privathaushalten, analog zum Telefon, war nie beabsichtigt.

Living With Computers, von Patrick G. McKeown (1986)



https://windycityfotosdotcom.files.wordpress.com/2011/10/1956-wirephoto-transmit.jpg

https://fineartamerica.com/featured/early-home-fax-machine-underwood-archives.html

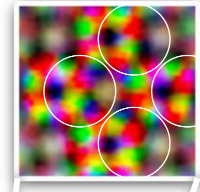
1980 wird mit CCITT Group 3 eine internationale Norm für die digitale Bildübertragung bei Fax festgelegt.

Gab es 1983 in Deutschland erst ca. 10000 Faxanschlüsse, so waren es 1993 bereits über eine Million.

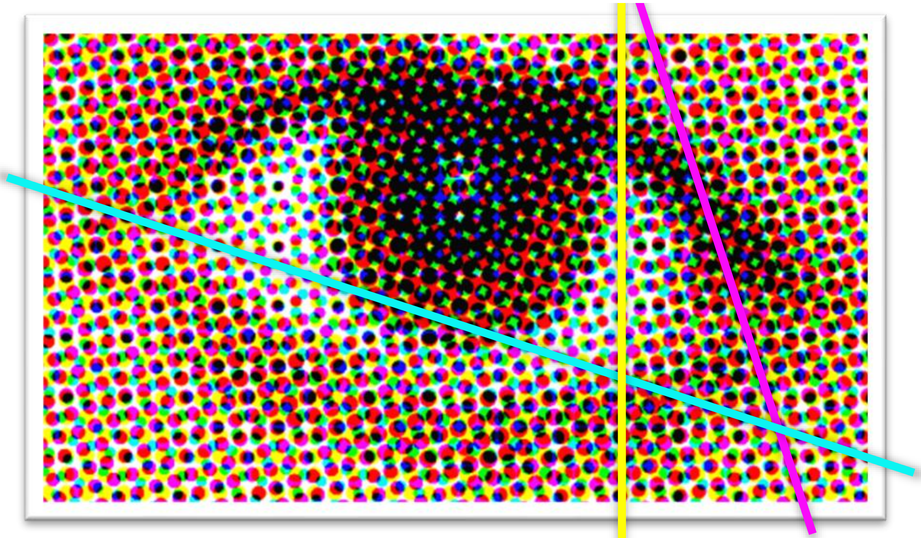
Mit der breiten Verwendung von E-Mail wurde Fax ab dem Jahr 2000 allerdings zunehmend obsolet.

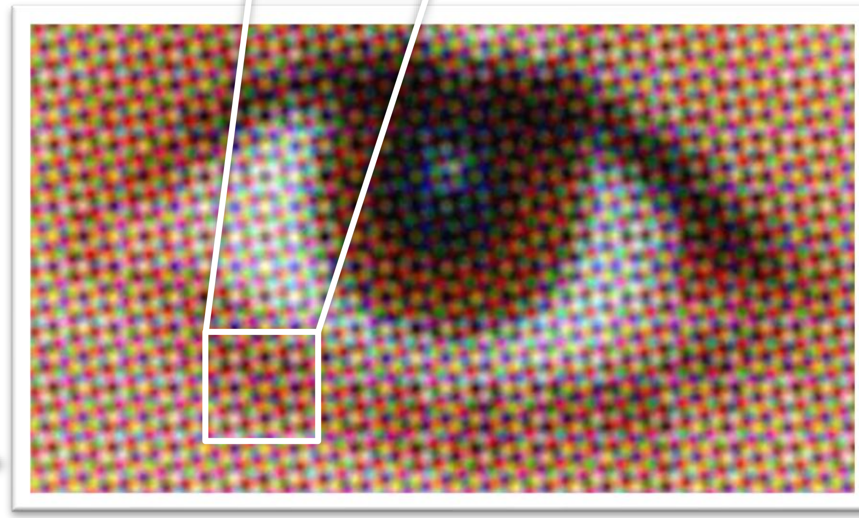
Rasterdruck

Zur Minimierung von Moiré-Effekten sind beim Rasterdruck die Raster der Grundfarben (Cyan, Magenta, Gelb, evtl. Schwarz) winkelversetzt

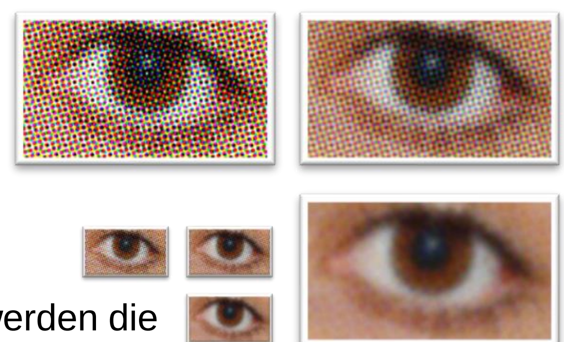


Bei dieser Darstellung erkennt man sogen. Rosetten, ein Moiré-Charakteristikum des Rasterdrucks



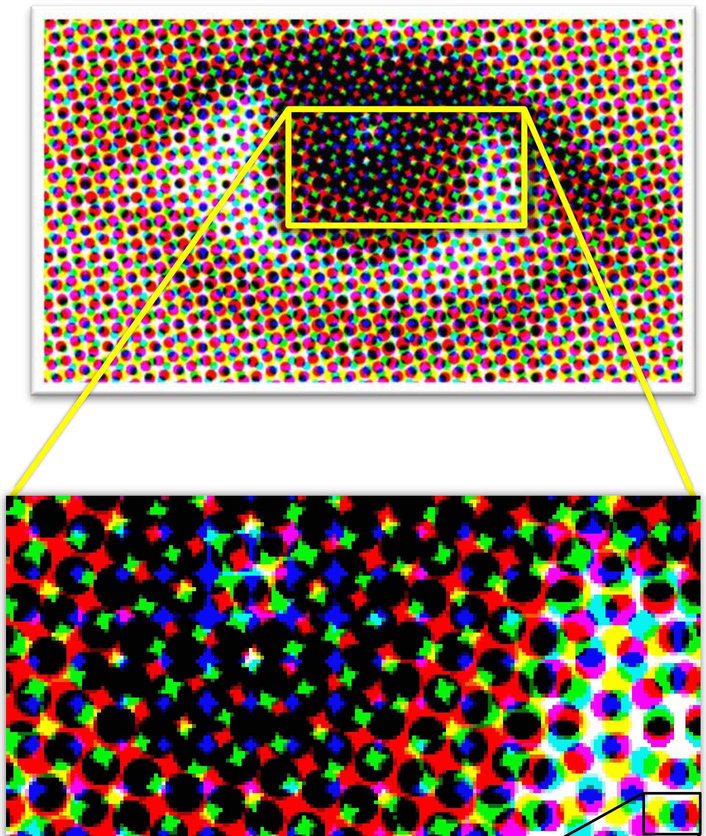


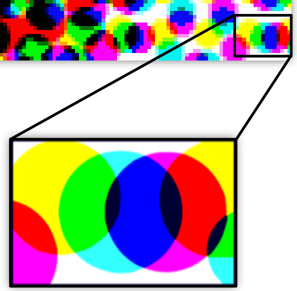
Unschärfere sowie verkleinerte Varianten des Farbraster-Bildes



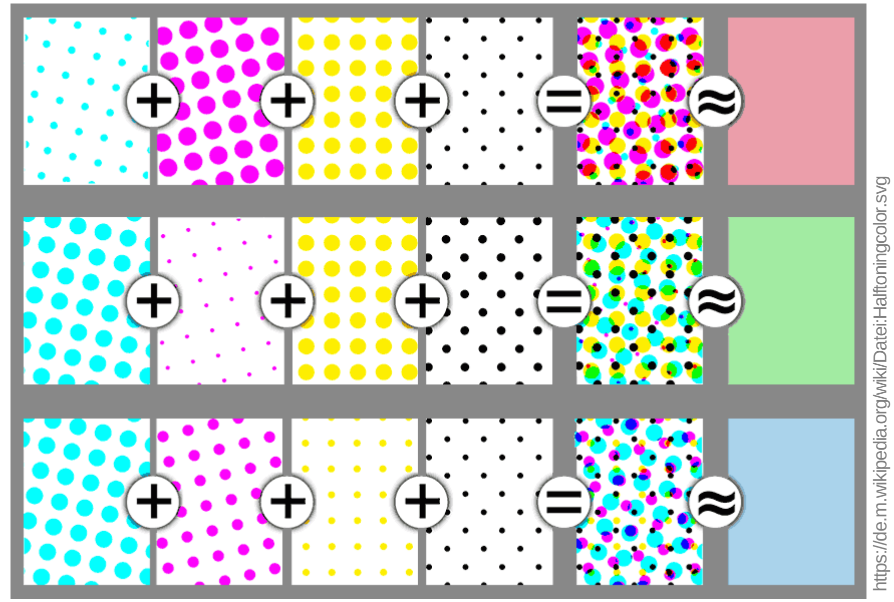
Schliesslich werden die einzelnen Rasterpunkte nicht mehr wahrgenommen

Gerasterte Bilder





Rot, Grün, Blau und Schwarz aus Cyan, Magenta und Gelb

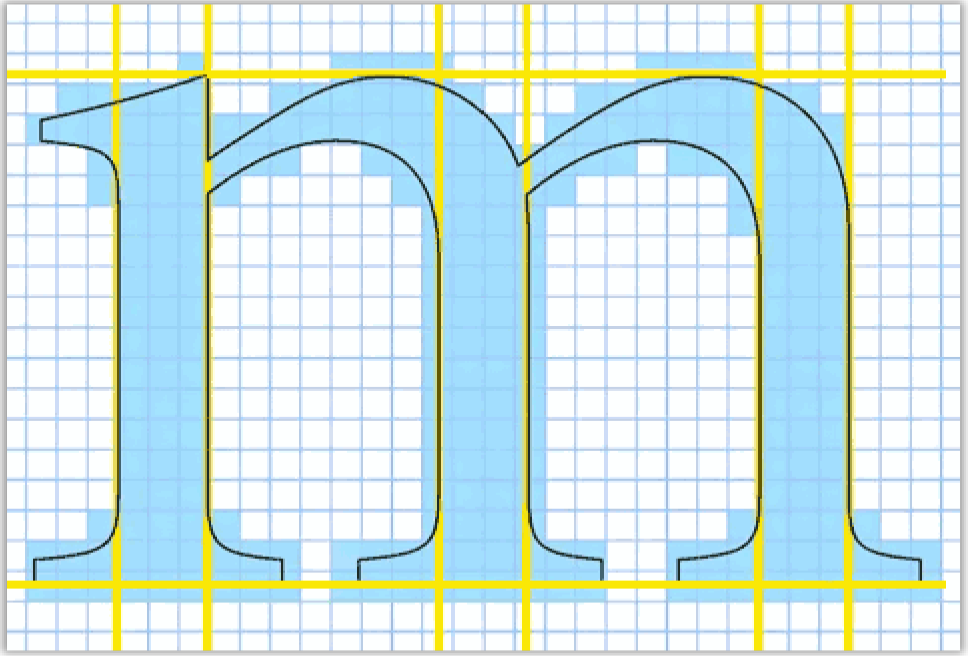


Resultierender Farbeindruck bei der Kombination von CYMK-Farbrastern verschiedener Punktgrössen

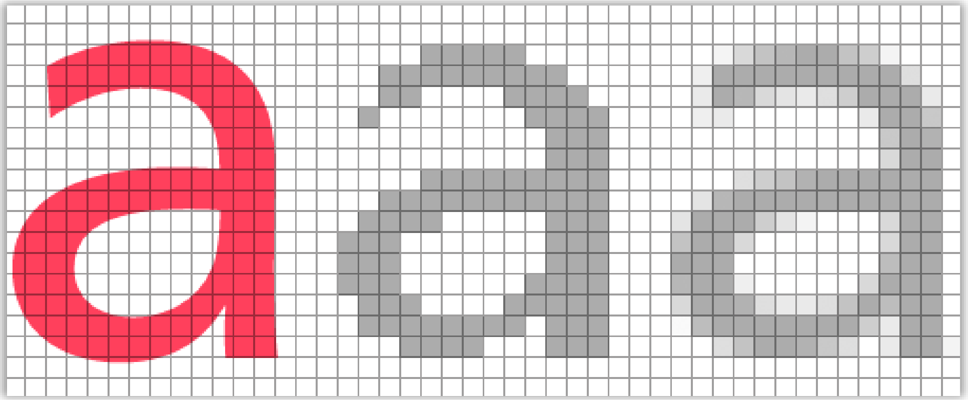
Filter „Zeitungsdruck“ bei GIMP
(Objekt: Taj Mahal, Agra, Indien)

Gerasterte Schrift

Halbe Pixel gibt es nicht.
-- www.linotype.com

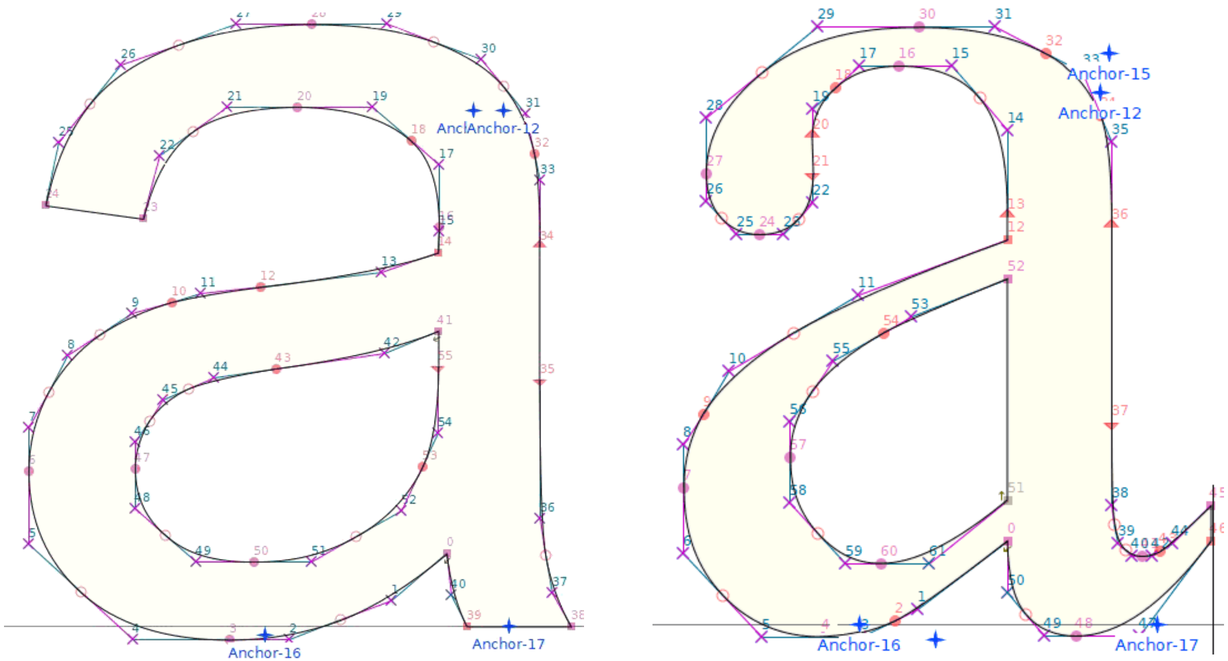


Manchmal müssen auch Schriftzeichen, deren Form (genauer: Umrisse) an sich stückweise durch mathematische Funktionen (z.B. Splines oder Bézier-Kurven) definiert sind (sog. Vektor- oder Outline-Schriften) und die damit ohne Qualitätsverlust stufenlos skalierbar sind, gerastert werden – z.B. beruhen die meisten Ausgabegeräte auf einer Rasterung, bei denen die Ausgabe in Form von Pixeln erfolgt.



Der unschöne Treppeneffekt bei der Rasterung wird oft durch Techniken zur Kantenglättung abgemildert (graue Pixel wirken fast wie halbe Pixel), das Bild wirkt dadurch allerdings unschärfer. Bei Farbbildschirmen können dafür auch die Subpixel der einzelnen Farbkomponenten verwendet werden, was allerdings zu Farbsäumen führt.

Gerasterte Schrift (2)

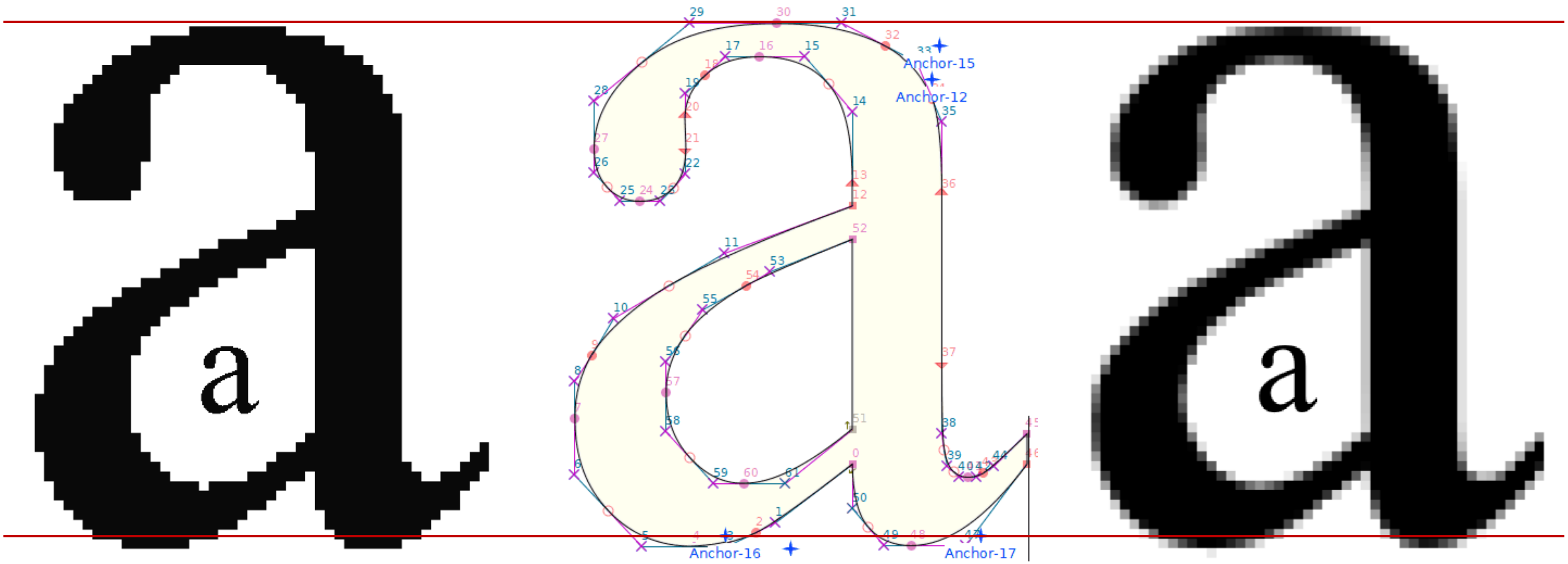


https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-28ba362b5c4d2dd7456088c1df5ce629-pjlq, https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-c90187340a60b3b468b47d9da8743f99

Zwei Vektorfonts, deren Umrisse mathematisch beschrieben sind: Links der Buchstabe „a“ beim Zeichensatz „Arial“, rechts beim Zeichensatz „Times-Roman“.

Bei der automatischen Rasterung solcher Fonts entstehen manchmal unschöne Effekte – das ist vor allem dann der Fall, wenn die Pixelauflösung gering ist bzw. die Schriftgrösse klein ist. Daher machen Designer oft Zusatzangaben („hints“), die z.B. angeben, welche Striche die gleiche Stärke und welche Kurven die gleiche Rundung haben sollen. So entsteht auch bei kleinem Schriftgrad eine saubere Darstellung, selbst wenn dadurch das charakteristische Erscheinungsbild eines Zeichensatzes abgeschwächt wird.

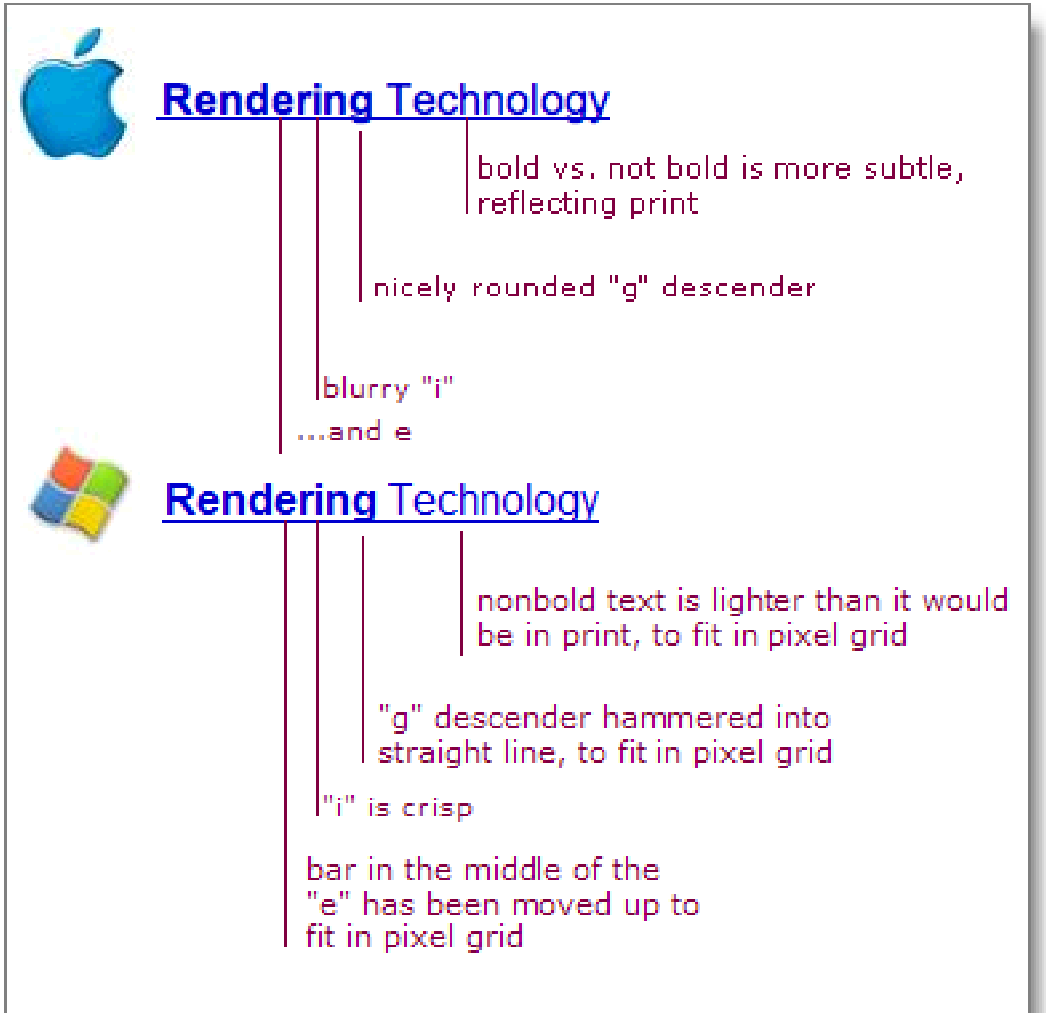
Gerasterte Schrift (3)



Zwei verschieden gerasterte Versionen des Times-Roman-Buchstaben „a“. Rechts mit Kantenglättung (Antialiasing) durch Graustufen, links ohne diesen Effekt. Beim klassischen Druck auf Papier können keine Graustufen gedruckt werden, Rasterbildschirme können hingegen Grautöne darstellen.

“Apple generally believes that the goal of the algorithm should be to preserve the design of the typeface as much as possible, even at the cost of a little bit of blurriness. Microsoft generally believes that the shape of each letter should be hammered into pixel boundaries to prevent blur and improve readability, even at the cost of not being true to the typeface.” [Joel Spolsky]

Gerasterte Schrift (4)



https://i0.wp.com/www.joelonsoftware.com/wp-content/uploads/2007/06/12font.png

"– The nice thing about the Apple algorithm is that you can lay out a page of text for print, and on screen, you get a nice approximation of the finished product. The advantage of Microsoft's method is that it works better for on-screen reading. Microsoft pragmatically decided that the design of the typeface is not so holy, and that sharp on-screen text that's comfortable to read is more important.

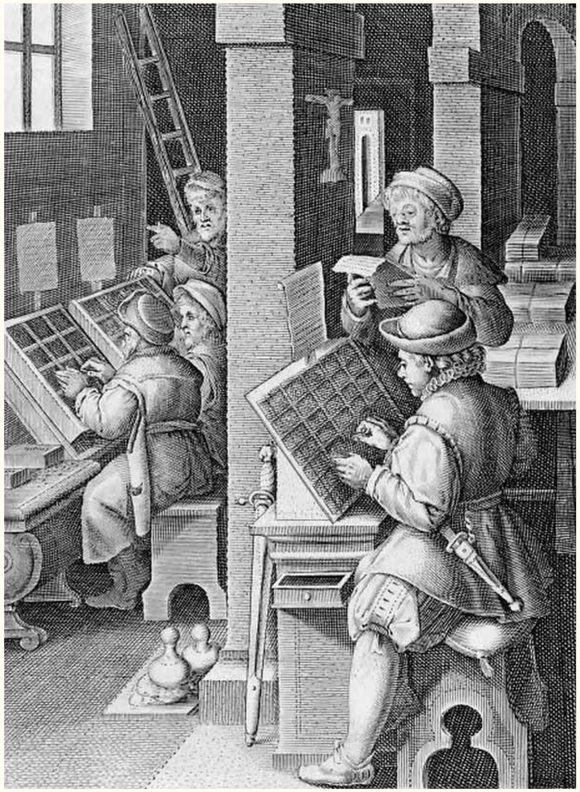
Apple chose the stylish route, putting art above practicality, because Steve Jobs has taste, while Microsoft chose the comfortable route, the measurably pragmatic way of doing things that completely lacks in panache." [Joel Spolsky]

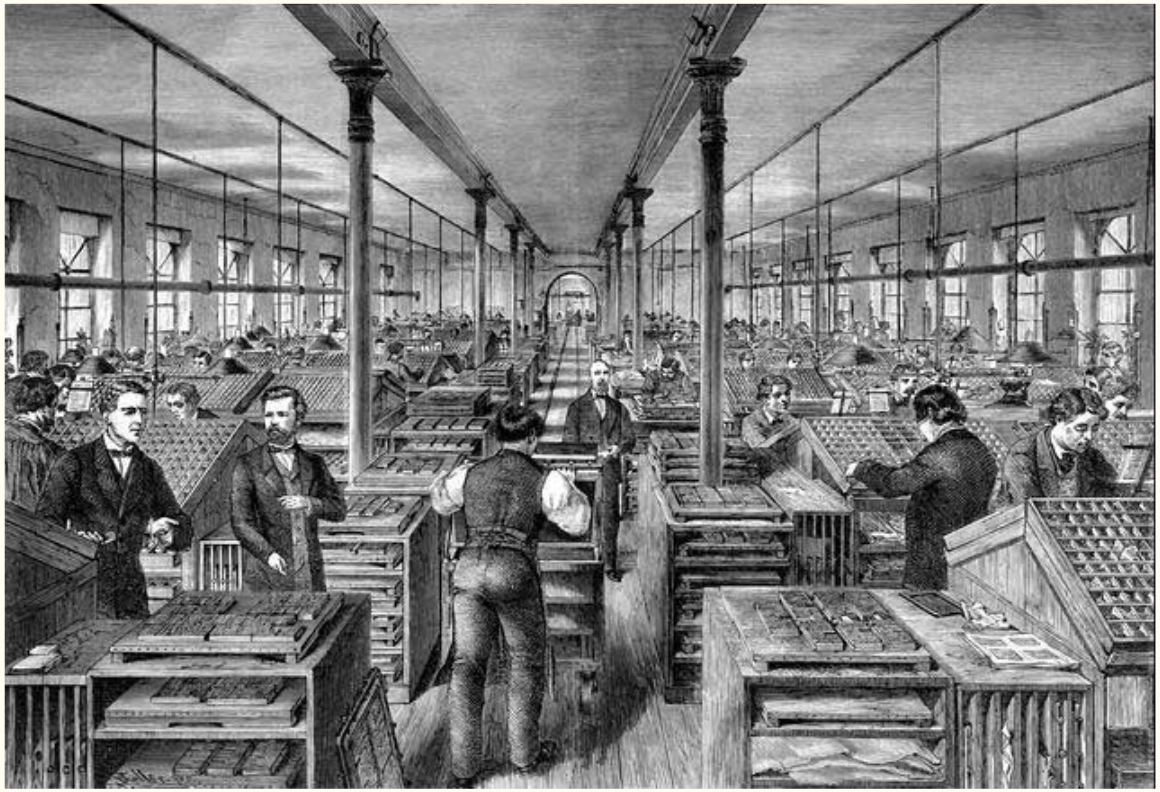
Vor der gerasterten Schrift

www.suedkurier.de

Vor der Digitalisierung der Schrift (zur Darstellung auf Raster-Displays, Ausgabe mit Laserdruckern etc.) nutzte man andere („analoge“) Technologien zum Darstellen und Verbreiten von Information. Im Druckereigewerbe spielten bewegliche Lettern aus Blei eine wesentliche Rolle. Das englische Wort „font“ kommt vom franz. Verb „fondre“ (schmelzen); das zugehörige Substantiv „fonte“ bedeutet „Schmelze“, „Guss“ etc. Beim Bleisatz wurden die einzelnen Lettern aus einer Bleilegierung gegossen und dann zusammengesetzt (durch den Schriftsetzer in einer Setzerei: manuell aus dem Setzkasten oder mittels einer Setzmaschine).

Bild links: „Impressio Librorum“ (Ausschnitt), Jacob van der Straet („Stradanus“, 1523 – 1605), Druckserie „Nova Reperta“; Mann mit Brille diktiert dem Setzer. *Bild rechts*: Setzersaal der Druckerei Breitkopf & Härtel, Leipzig, Ende des 19. Jh.





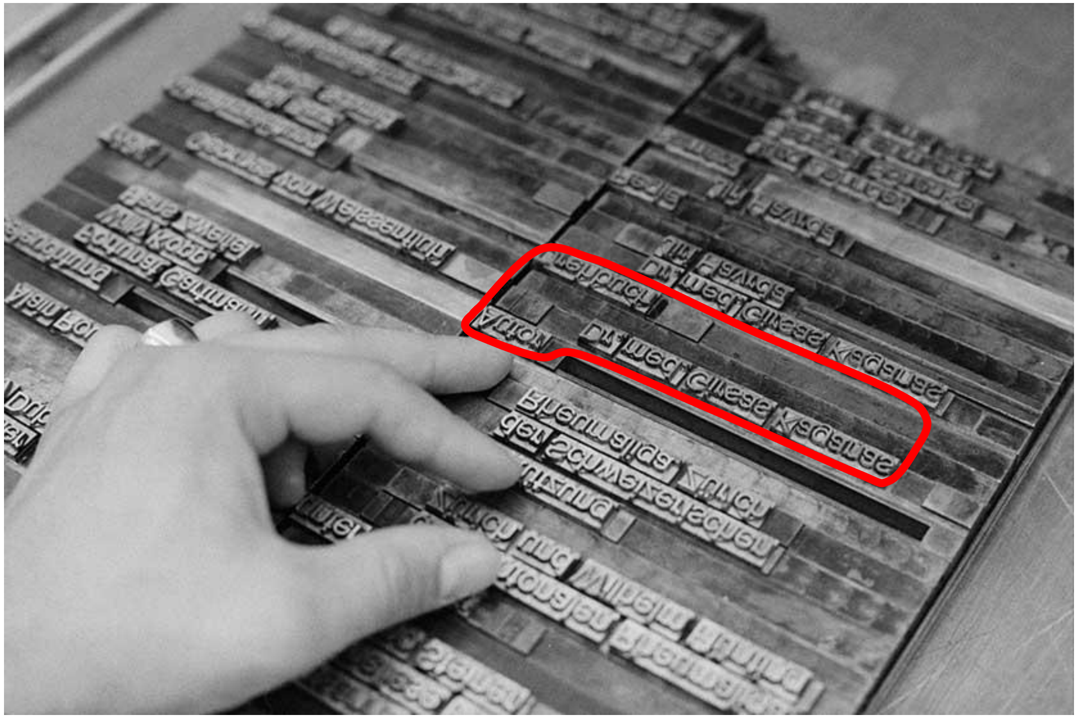


Bild: ETH-Bibliothek Com_L30-0473-0001-0014

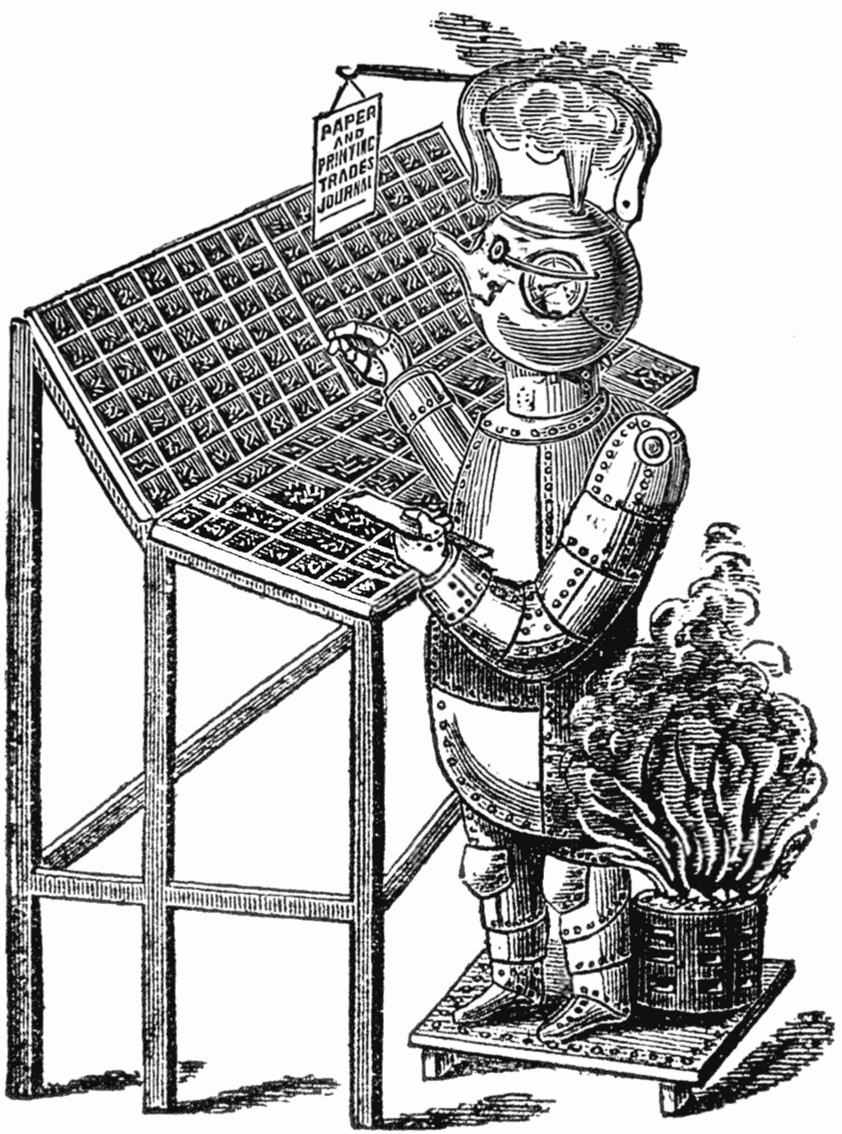
Das nebenstehende Foto einer manuell erstellten Bleidruckform entstand in der Zürcher Handdruckerei Hürlimann am Rindermarkt. Adolf („Dölf") Hürlimann (1919 – 1983) wuchs in einer Arbeiterfamilie in Wollishofen auf und machte bei der NZZ eine Lehre als Schriftsetzer und Drucker. Hans Fässler, der Schweizer Postkolonialhistoriker, Aktivist, Politiker, Kabarettist und Lehrer, charakterisierte ihn als einen „Handwerker von altem Schrot und Korn, der die mündlichen und schriftlichen Überlieferungen der Buchdruckerkunst ernst nahm, weiterführte und verinnerlichte. … Sein Glaube an den Bleisatz mit seiner Schönheit des Schriftbildes, mit den vielen technischen Feinheiten über Jahrhunderte geprüft, war unerschütterlich."

Hürlimann selbst schrieb 1982 über sein Metier: „Der althergebrachte Bleisatz wurde vom Lichtsatz und Computersatz abgelöst, der Offsetdruck verdrängt zunehmend den Buchdruck. Der Bleisatz – und insbesondere das Setzen von einzelnen Typen von Hand – wird auf Grund dieser technischen Entwicklung immer mehr zum Kunsthandwerk, das nur noch wenige Spezialisten beherrschen. Seit Jahrzehnten führe ich am Rindermarkt zusammen mit einigen ausgewiesenen Berufsleuten eine Handsetzerei. Grafiker, Werbeagenturen und andere Kenner der Druckkunst lassen ihre Arbeiten für qualitativ hochstehende Drucksachen bei uns setzen und gestalten."

Zu den von Hürlimann ausgeführten Druckarbeiten gehörten z.B. zu Beginn 1950er-Jahre die (in kleinen die Auflagen hergestellten) ersten Menükarten der Swissair. Im Bild oben erkennen wir z.B. (spiegelverkehrt? seitenverkehrt? umgedreht?): „Autor Dr. med. Girsas Kaganas, Drehbuch…" Es geht um eine Drucksache zu einem Film des in Estland geborenen Arztes Girsas Kaganas (1912 – 2012), Gründer der Schmerzklinik Basel, der in zahllosen Vorträgen, Zeitungsbeiträgen, Radiosendungen – und eben auch zwei preisgekrönten Kinofilmen – Ärzte und Laien gleichermassen über die seinerzeit noch kaum bekannten rheumatischen Erkrankungen aufklärte.

Die Karikatur „The New Steam Compositor“ in dem von Andrew White Tuer (1838 – 1900) 1884 herausgegebenen Büchlein „Quads*) for Authors, Printers & Devils“ stellt nicht nur eine spöttische Zukunftsvision des automatischen Schriftsatzes dar, sondern auch eine Persiflage des Dampfmaschinenzeitalters. Wenn nun immer mehr Lokomotiven, Schiffe, Traktoren, Antriebe für Webstühle und viele andere Fabrikationsmaschinen automatisch und mühelos funktionieren, dann versucht doch bestimmt bald jemand, auch anspruchsvolle Tätigkeiten, wie eben den Schriftsatz, zu automatisieren! Zumindest eine Teilautomatisierung gelang dann bald Ottmar Mergenthaler:

Ottmar Mergenthaler erhielt am 26. August 1884 ein Patent auf seine Setzmaschine.



**) Quad: A blank metal block used to fill short lines of type (syn.: em space), or also a joke used to fill long days of setting type. Devil: A printer's assistant.*

https://ofv500.ch/wp-content/uploads/2019/01/h_360-788x1024.jpg

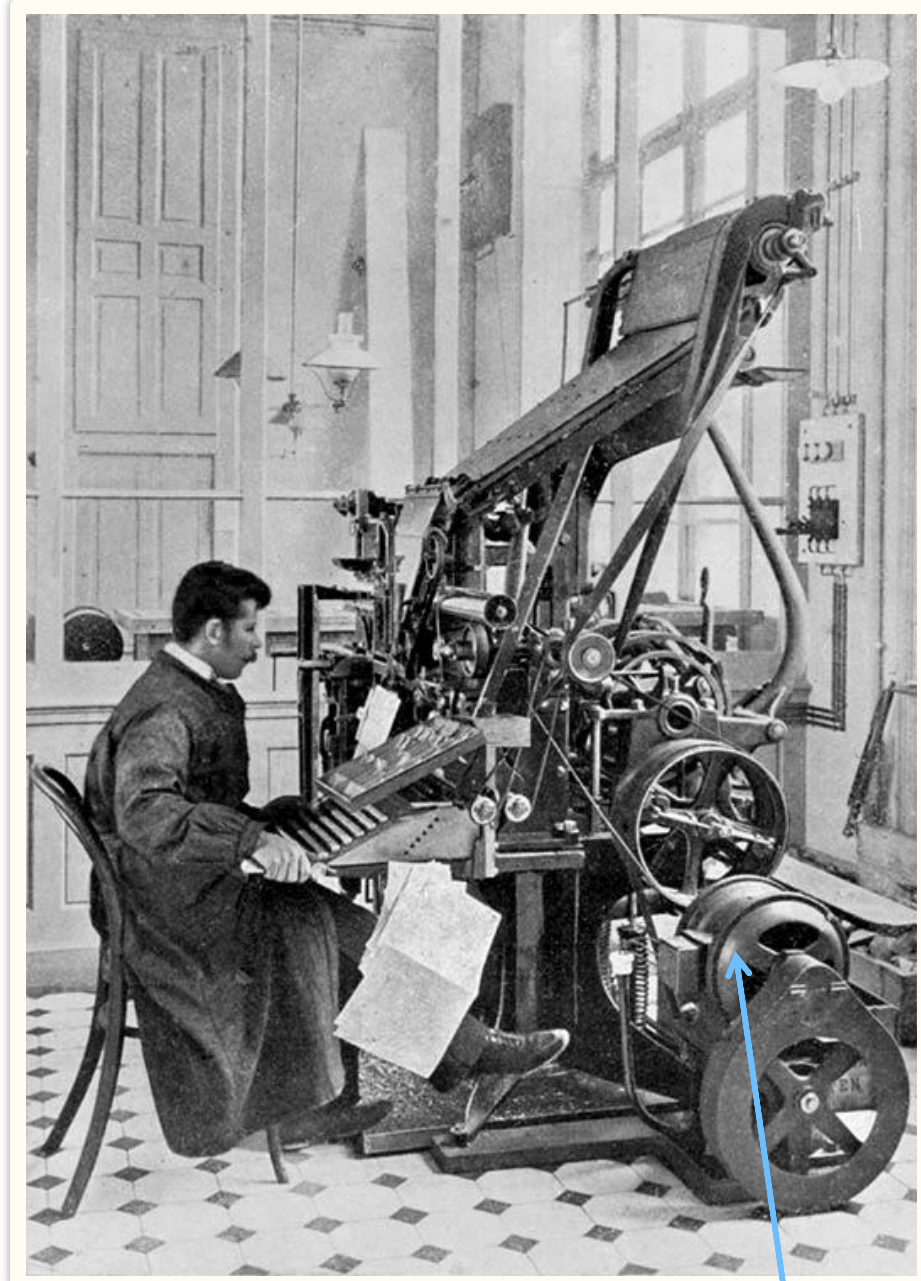
Bis zum Ende des 19. Jhds. war das Setzen der „beweglichen Lettern“ reine Handarbeit und ein begrenzender Faktor bei der Herstellung von Zeitungen.

Die Erfindung der Setzmaschine von Ottmar Mergenthaler beschleunigte die Satzherstellung deutlich, ermöglichte umfangreichere Zeitungen, Taschenbücher sowie Zeitschriften und Heftromane als Massenware.

Bild rechts: Linotype-Setzmaschine des „Tagesanzeigers“ ca. 1902.

www.fluegel-offsetdruck.de/wp-content/uploads/2020/05/fluegel_essmann_03.jpg

Bilder links: Trotz Setzmaschinen gab es den Handsatz mit Bleilettern auch noch lange im 20. Jh.; zuletzt aber nur für wenige bibliophile Buchausgaben.



Antrieb nicht per Dampfkraft, sondern mit einem Elektromotor.

https://blog.tagesanzeiger.ch/zoom/wp-content/uploads/sites/41/2018/02/00009287906-978x1311.jpg

Setzmaschinen induzierten einen gewaltigen Rationalisierungssprung, wie es auch die Werbebotschaft „Fünf gegen Einen!“ verkündet. Die indirekten kulturellen und gesellschaftlichen Folgen waren gewaltig: Mehr Information in umfangreicheren Zeitungen, erhöhte Medienvielfalt und preiswertere Bücher (Taschenbücher und „Rotationsromane“, auch oft als „Verbrauchsgüter“).

Anzeige im „Archiv für Buchgewerbe“, 47(1), Jan. 1910

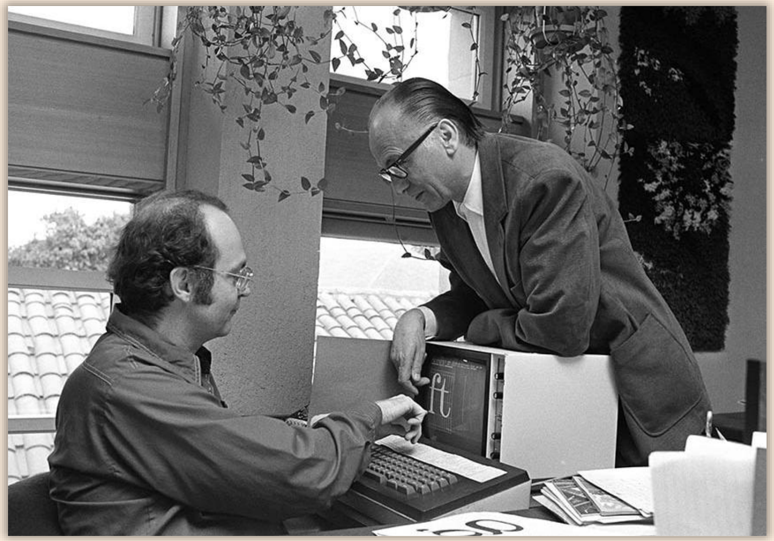
https://cdn.shopify.com/s/files/1/2026/2843/products/new-york-times-newspaper-composition-room-linotype-operators-1942-historicalpix-portraits-of-people-27712898255_5000x.jpg

Maschinensetzer bei der New York Times 1942.

Donald Knuth

Eigentlich hätte der Professor, als er sich über die schlechte Satzqualität seiner Bücher zu ärgern begann, für ein erholsames Studiensemester nach Südamerika fliegen können. Weshalb er sich dann doch lieber in typographische Probleme vertiefte, erklärt Knuth so: »Ich lehne es ab, Margarine statt Butter zu essen.« Der Spiegel, 26/1980, S. 192-193

“Knuth is a professor and computer scientist well known to programmers as the author of *The Art of Computer Programming*, widely regarded as the definitive treatise on the subject. The first of the four current volumes was published in 1968 and Knuth continues to work on it to this day. Truly his life’s work.



Donald Knuth (li.) mit Hermann Zapf 1980 in Stanford. Zapf (1918-2015) war einer der einflussreichsten Buch- und Schriftgestalter des 20. Jahrhunderts.

https://d2r55xnwy6nx47.cloudfront.net/uploads/2020/04/Knuth-Zapf_Painter-Stanford_2000_v2-1720x1251.jpg

Where this story gets interesting for designers like me is what happened in 1977. Knuth was obsessed with making *The Art of Computer Programming* perfect in every way right down to the print and type.

The first three volumes were stunning. It wasn’t until a new edition of Volume 2 was to be reset with primitive digital type instead of the traditional metal type of the earlier editions that there was a problem. Horrified by the inferior results, Knuth took it upon himself to improve things. After all, digital type was software, right? Determined to develop a solution, Knuth stopped work on his books and devoted himself to typography for the next 10 years. The result: The TeX typesetting system and the Metafont font description language. The combination of the two offered powerful typographic control that hasn’t been matched […].

While fonts in other systems consist of outlined letterforms Metafont ‘draws’ each letter, simulating the broad nib pen and the actual strokes you’d use to write them by hand. The resulting fonts are not only beautiful but their construction allows for greater control and variation.”

[Jason Zimdars] https://signalvnoise.com/posts/3183-the-art-of-computer-typography

Raster als Stilmittel der Kunst

Durch die Verwendung auf Werbeplakaten wurden Rasterbilder allgegenwärtig; sie wurden sogar als Stilmittel in der Kunst aufgegriffen. Bekannt wurde die Pop Art von Roy Lichtenstein (1923 – 1997), der in den frühen 1960er-Jahren bei seinen Bildern grossflächig „Ben-day Dots“ (nahe aneinander oder überlappend gedruckt Punkte unterschiedlicher Farbe, die in Comic-Strips Schattierungen und Halbtöne erzeugen) verwendete.

Um die gleiche Zeit hatte auch Sigmar Polke (1941 – 2010), der später die neuen Glasfenster des Zürcher Grossmünsters gestalteten sollte, seine ersten Rasterbilder Punkt für Punkt mit einem kleinen Pinsel angefertigt.

Ausstellung mit Werken von Sigmar Polke in Tiflis (Georgien), 2021.

https://artviewer.org/wp-content/uploads/2021/08/Sigmar-Polke-at-Window-Project-8.jpg

www.sigmar-polke.de/index.php?id=12&L=1; re: www.mgksiegen.de/museumplus-images/60628_2440.jpg
Lichtenstein: https://assets.saatchiart.com/saatchi/594400/art/2760862/1830755-QYDJYTXH-7.jpg

Ich liebe alle Punkte. Mit vielen Punkten bin ich verheiratet. Ich möchte, daß alle Punkte glücklich sind. Die Punkte sind meine Brüder. Ich bin auch ein Punkt.

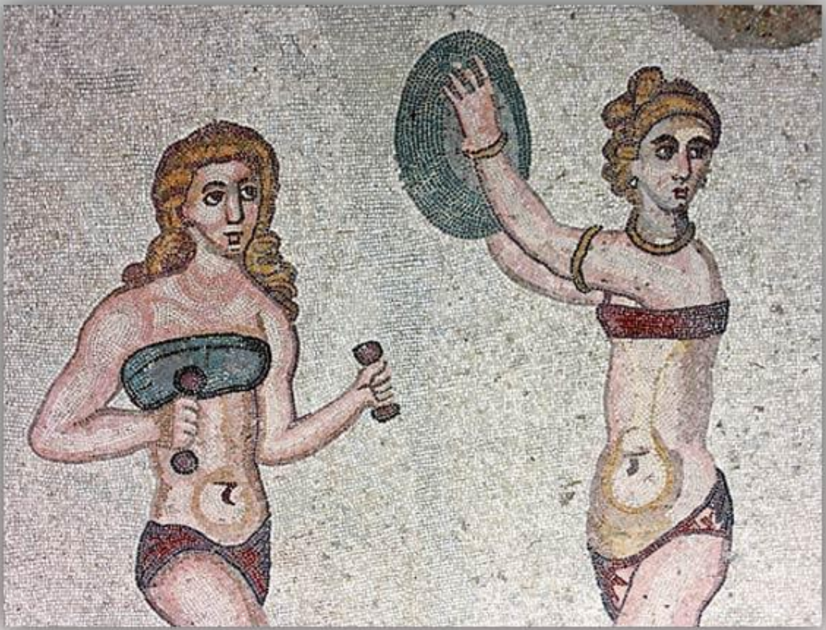
“Painted in 1965 at the height of Sigmar Polke’s involvement with the ironic version of Pop Art entitled ‘Capitalist Realism’ that he founded with fellow artists Gerhard Richter, Manfred Kuttner and Konrad Lueg, *Das Paar* is a rare and highly important colour example of his first ‘Rasterbilder’. Through a complex abstract maze of large colourful dots hand-painted on a white canvas background, the vague and also apparently banal image of a society couple in full evening dress posing for the camera can be perceived. Their image hovers on the borderlines of recognition in a strange pictorial realm that lies halfway between abstraction and figuration in a way that seems to reference the inadequacies of all reproductive media, and, like some poor quality colour television image struggling to transmit, seems ultimately to vibrate with its own playful energy.

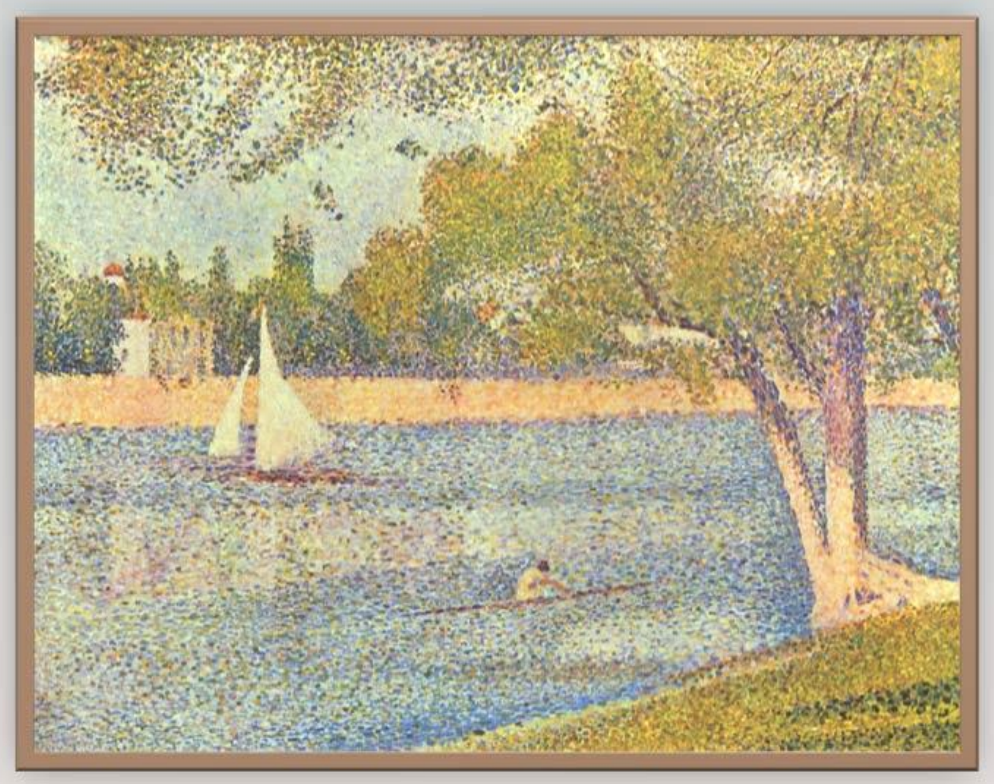
Polke’s Rasterbilder are works that deliberately exploited the rasterdot technique of printing as a way of subverting and bringing into question the apparent truth, validity and purpose of the media images that his paintings of the early 1960s often appropriated. […] The artist deliberately and painstakingly manipulated the raster technique painting by hand, magnifying the dots and distorting them, as in *Das Paar* to the point of absurdity, so as to create a clear and playful ambiguity that disrupts the cohesiveness of the image and opened it up to new ways of being understood. […]

Polke’s special fascination with dots also lay in their relationship to modern science’s view of the world as an essentially chaotic and abstract realm made up entirely of particles and waves. Enigma, uncertainty, a sense of flux, simultaneity and of values constantly shifting and reforming themselves – these, as in the world of radio waves and of quantum physics, are the central features of Polke’s art and reflect the artist’s unique and sometimes mystical take on the impenetrable and fascinating mysteries of the image-laden surface of experience that we call ‘reality’.

In *Das Paar*, […] Polke has taken the raster technique to the point where it completely subordinates the subject matter of the painting to the manner and style of its execution. […] He has taken a media photograph, here complete with a caption that is hitherto rendered illegible, and by magnifying the raster technique of its reproduction, accentuated the artifice of the raster medium to the point where its mechanics not only cease to function, but also enter into the playful and intuitive realm of the painters’ art.” -- www.christies.com/en/lot/lot-5363049

Links: „Das Paar“ (Sigmar Polke, 1965, Museum für Gegenwartskunst Siegen)





Halbtöne und Strukturen aus vielen kleinen Elementen („Punkten“) zu erzeugen, ist eine in der Kunstgeschichte in verschiedener Ausprägung bekannte Technik. Oben links ein Ausschnitt eines römischen Mosaiks (vulgo “Bikini-Mädchen”) aus der Villa del Casale in Sizilien. Oben rechts „La Seine à la Grande-Jatte“ (1888, Brüssel, Musées royaux des Beaux-Arts,) von Georges Seurat, dem wichtigsten Vertreter des Pointillismus. Unten schliesslich noch einmal Roy Lichtenstein, hier mit „Peace through Chemistry“ (1970, MoMA); die regulär platzierten Punkte bilden ein Raster.

„Digitalisierung" – eine allgemeine Definition?

Lassen sich die diversen Auffassungen des Begriffs „Digitalisierung" gut zusammenführen?

Wir probieren es bei einem Artikel mit dem vielversprechenden Titel „Digitalisierung: Definition und Reife"[1]. Die Autoren räumen zunächst ein, „dass eine einheitlich anerkannte Definition mit Schwierigkeiten versehen ist – nicht zuletzt, da eine isolierte Definition häufig in Gänze fehlt." Und weiter: „Damit die Definition alltagstauglich wird, sollte einfach zu entscheiden sein, ob ein Phänomen als Digitalisierung zu bezeichnen ist. […] Um eine breite Akzeptanz der Definition zu erzielen, sollten die mit Digitalisierung üblicherweise verbundenen Phänomene unter die Definition fallen." Sie schlagen dann folgende Definition vor:

„Wir sprechen von Digitalisierung, wenn analoge Leistungserbringung durch Leistungserbringung in einem digitalen, computerhandhabbaren Modell ganz oder teilweise ersetzt wird."

In einem späteren Artikel[2] wird dazu zurecht angemerkt: „Diese Definition ist zunächst sehr allgemein, sie ist auf Wertschöpfungen wie Wetterprognosen genauso anwendbar wie auf die Digitalsteuerung von Verbrennungsmotoren oder die Transformation ganzer, unternehmensübergreifender Wertschöpfungsketten, wie z.B. den Wandel von optochemischer (analoger) Fotografie zur Digitalfotografie." Tatsächlich ist diese Allgemeinheit der Klarheit und Präzision abträglich – sie erscheint andererseits bei einem vielfältig und oft unüberlegt gebrauchten vagen Hype-Begriff fast unvermeidlich zu sein. Kritisch muss man noch anmerken, dass der Begriff „analoge Leistungserbringung" in der Definition unerklärt bleibt – „analog" lässt sich hier kaum anders auffassen als „nicht-digital". Damit erscheint die Definition aber fast zirkulär und nichtssagend, nach dem Motto „Verschönerung ist der Ersatz von etwas Unschönem durch etwas Schönes". Oder allgemein: „X-ung ist der Ersatz von etwas Nicht-X-igem durch etwas X-iges". Wenn man nicht weiss, was „schön" oder „X" ist, nützt dies kaum etwas. Hilft ein Lexikon? →

---

1) Thomas Wolf, Jacqueline-Helena Strohschen: Digitalisierung: Definition und Reife. Informatik-Spektrum 41(1), 2018, 56-64.

2) Thomas Wolf, Bernd Janker, Rasmus Kriest: Denken und Handeln in Digitalen Unternehmenszwillingen – der Schlüssel zu erfolgreicher digitaler Transformation. Informatik-Spektrum 45(3), 2022, 164-170.

„Digitalisierung“ im Lexikon

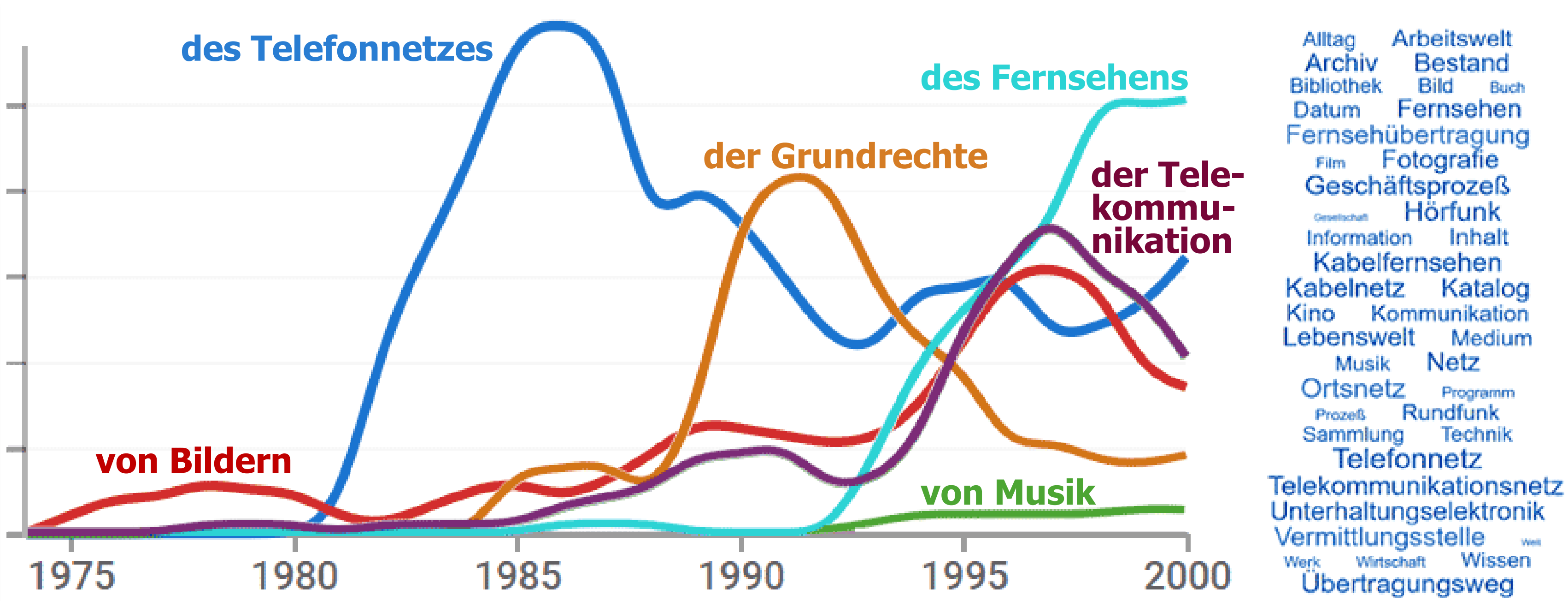
Aus der Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik, Stichwort „Digitalisierung“
(Auszug; Version vom 27.02.2019, Autor: Thomas Hess, LMU München)

Der Begriff Digitalisierung kann auf unterschiedliche Art und Weise interpretiert werden. Traditionell ist die technische Interpretation. Danach bezeichnet Digitalisierung einerseits die Überführung von Informationen von einer analogen in eine digitale Speicherform und andererseits thematisiert sie die Übertragung von Aufgaben, die bisher vom Menschen übernommen wurden, auf den Computer. Heute wird Digitalisierung häufig – etwas breiter – mit der Einführung digitaler Technologien in Unternehmen und als Treiber der digitalen Transformation gleichgesetzt.

Digitale Transformation lässt sich mittlerweile in allen gesellschaftlichen Bereichen erkennen. So verändern sich durch digitale Transformation z.B. Angebot und Nachfrage auf Arbeitsmärkten, die politische Willensbildung oder auch die rechtlichen Rahmenbedingungen. Eine besondere Bedeutung hat die digitale Transformation für Unternehmen. Durch die digitale Transformation agieren Unternehmen in veränderten Märkten und in modifizierten Wertschöpfungsstrukturen. Sie haben sich im Rahmen der digitalen Transformation in den letzten Jahren insbesondere mit der Veränderung ihrer Kernprozesse (sei es im Hinblick auf Effizienz oder auch Kundenorientierung), ihrer Schnittstellen zum Kunden, ihrer Produkte und Services und übergreifend ihrer Geschäftsmodelle beschäftigt.

Digitalisierung und die darauf aufbauende digitale Transformation ist keineswegs ein neues Phänomen – schon vor 20 Jahren war die IT-basierte Verbesserung von Geschäftsprozessen ein Thema vieler Unternehmen. Bedingt durch umfangreiche Fortschritte in vielen technologischen Feldern hat der Druck zur Transformation in den letzten Jahren aber stark zugenommen.

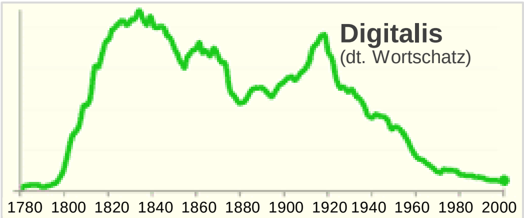
Digitalisierung von…



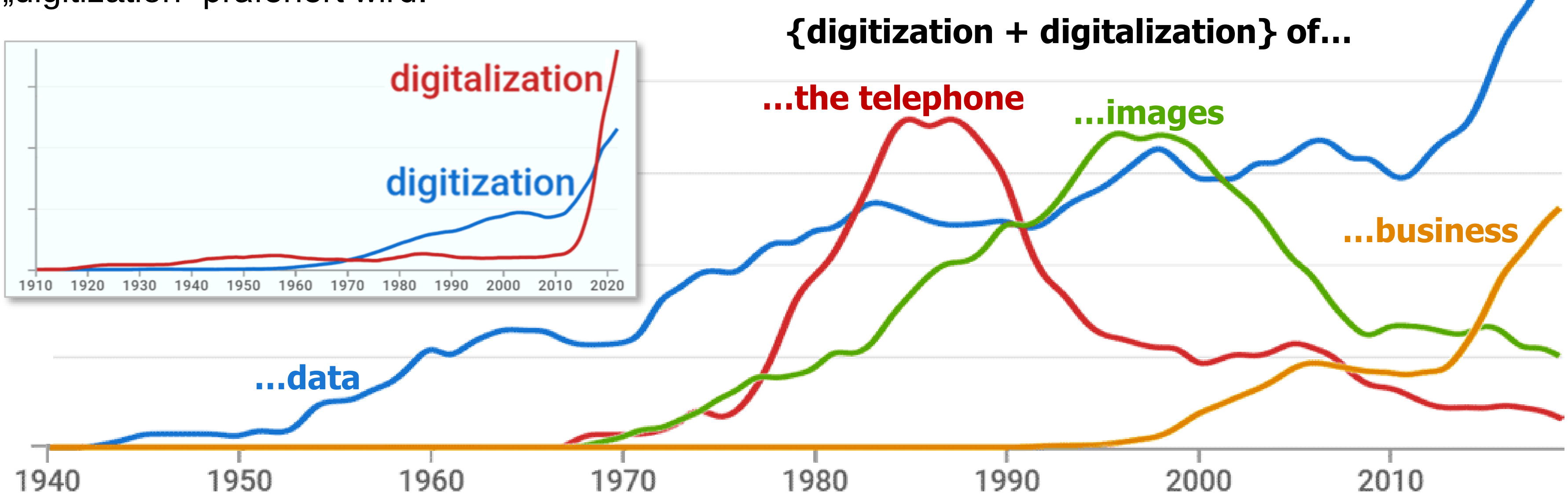
„**Digitalisierung der Grundrechte?**“ war der Titel eines in den 1980er-Jahren von Rechtswissenschaftlern (u.a. Alexander Roßnagel) verfassten Buches zur Grundrechtsverträglichkeit der sich damals stürmisch entwickelnden Informations- und Kommunikationstechnik. Der Begriff „Internet“ taucht dabei auf den 350 Seiten noch nicht auf, es geht um Teleshopping, Telespiele, Telearbeit, Bildschirmtext etc. sowie die juristischen Konsequenzen für die entstehende Informationsgesellschaft.

Bei der massenweisen Digitalisierung analoger Signale und Daten war zunächst das Telefonnetz ein „Kunde“, dann das Fernsehen – beides führte zu einer substantiellen Kapazitätserhöhung und ermöglichte neue Funktionalität. Digitale Bilder und Musik gewannen ab den 1980er-Jahren im Konsumentenmarkt mit zunehmender Leistungsfähigkeit der (digitalen) Elektronik langsam an Bedeutung (CD-Spieler, MP3, Digitalkamera), durch die Popularisierung des Internets im neuen Jahrtausend nahm dies dann Schwung auf. Die aktuelle Wortwolke des DWDS zu „Digitalisierung“ zeigt, dass der Begriff heute auch im erweiterten Sinne verstanden wird und oft auf ökonomische und gesellschaftliche Bereiche angewendet wird („Alltag“, „Geschäftsprozess“, Wirtschaft“ etc.).

Digit[al]ization of…



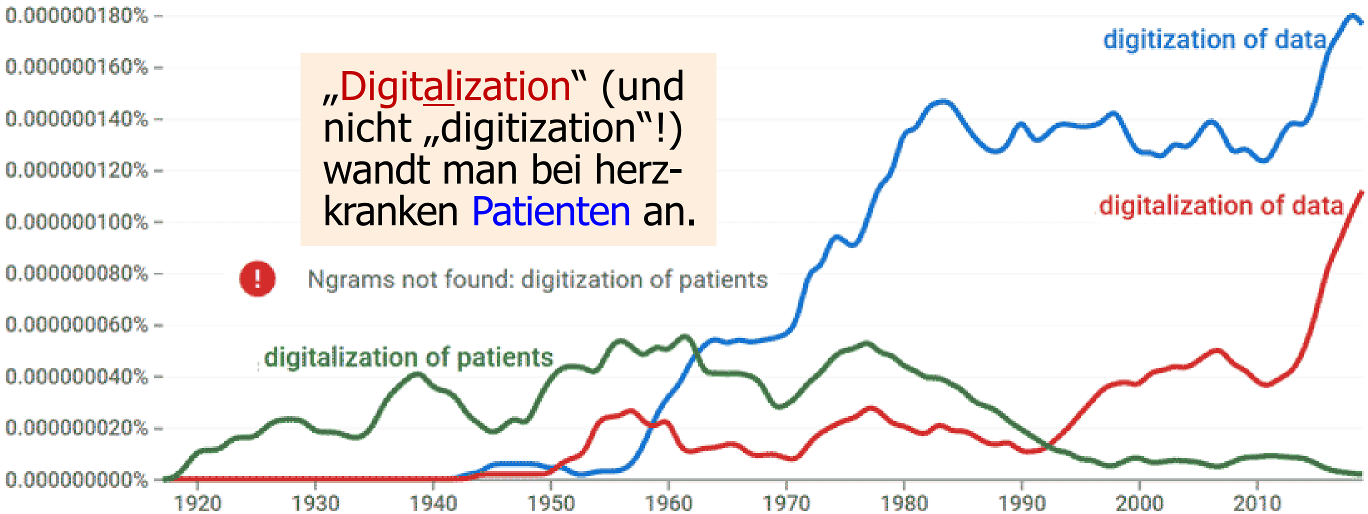
Im Englischen existieren die beiden Wörter „digitalization“ und „digitization“. Vor 1980 wurde unter „digitalization“ fast aussschliesslich die Anwendung des Herzmedikaments „Digitalis“ verstanden; digitalisiert wurden Patienten. „Digitization“ hingegen wurde angewendet auf data, information, signals, analog, speech, voice etc. Seit 1980, nachdem Digitalis seine Bedeutung verloren hat, werden die beiden Wörter oft mit der gleichen Bedeutung benutzt, auch wenn in jüngerer Zeit für die erweiterte Bedeutung (soziotechnische und organisatorische Prozesse) eher „digitalization“ und für die klassische Bedeutung (technische Prozesse) eher „digitization“ präferiert wird.



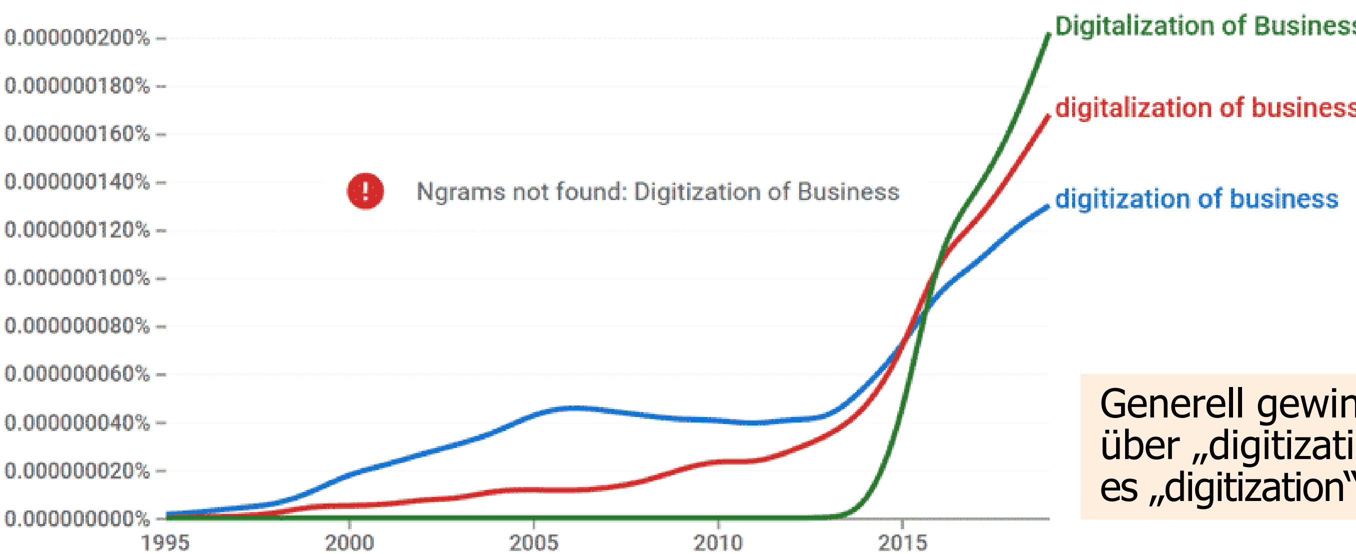
Auch beim Englischen zeigt sich, dass zunächst Daten, dann hinsichtlich der Medientypen die gesprochene Sprache, insbesondere das Telefonsystem, gefolgt von Bildern, digitalisiert wurden. Es folgen (im Diagramm nicht dargestellt) Videos und schliesslich Musik. Im Laufe der Zeit wird „digit[al]ization“ nicht nur auf Medien, sondern zunehmend auf allgemeinere und abstraktere Begriffe angewendet, im Diagramm deutlich erkennbar der „digital turn“ beim business ab der Jahrtausendwende; man könnte es aber auch an Begriffen wie „content“, „cultural“, „the battlefield“ oder sogar „the world“ zeigen.

Digit[al]ization of… (2)

„Digitalization“ (und nicht „digitization“!) wandt man bei herzkranken Patienten an.



„Digitization“ war lange Zeit der Begriff für Daten, welche von der analogen Ursprungsform in ein „diskretes, rechteckiges“ (bzw. numerisches) Format transformiert wurden.



In der Geschäftswelt scheint „digitalization“ heute für die Transformation von „business processes“ eleganter als „digitization“ von der Zunge zu gehen und erwirbt mit den Silben „ta“ sowie „li“ Würde, Kraft und Gravität; eine Majuskel zwingt sich fast auf.

Generell gewinnt „digitalization“ gegenüber „digitization“ an Boden; evtl. wird es „digitization“ einmal ganz verdrängen.

Die englischen Begriffe „**Digitization**“, „**Digitalization**“ und „**Digital Transformation**“ werden oft auch dafür gebraucht, verschiedene Phasen zu beschreiben, die durch den anhaltenden technischen Fortschritt im Laufe der Zeit ermöglicht wurden – hier dargestellt am Beispiel der Phono- / Musik- / Unterhaltungsindustrie sowie der Medienindustrie. In diesem Sinne ermöglicht die Digitalisierung erst die digitale Transformation und wirkt dann als ihr Treiber.

Spotify

„Analoge“ Welt → Digitization → Digitalization → Digital Transformation

Daten und Medien als digitale Produkte

Google News

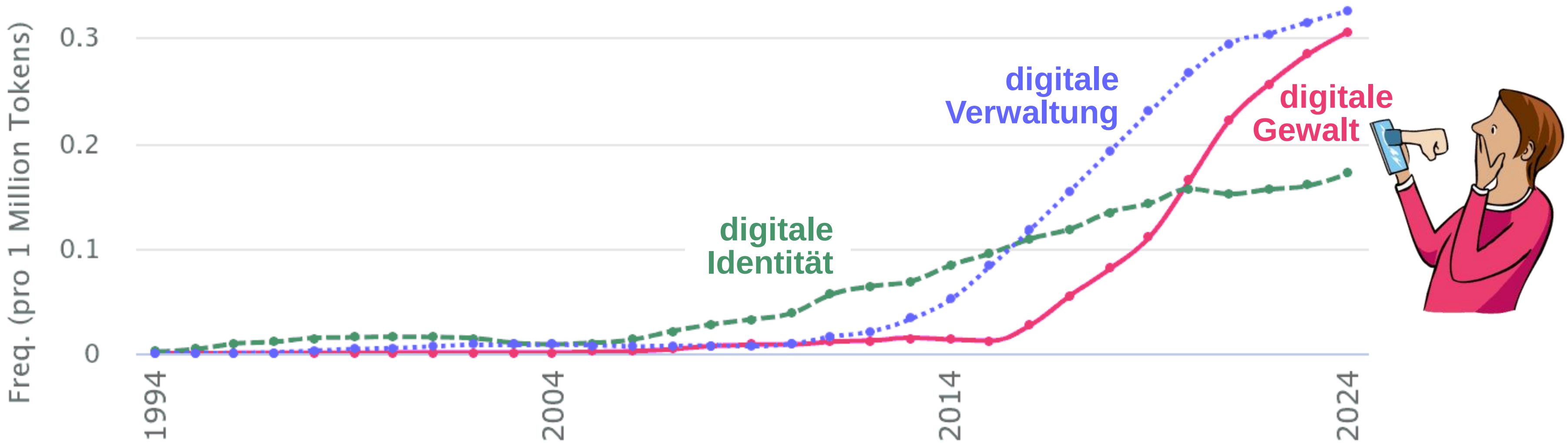
Industrien und Märkte mit digitalen Prozessen

twitter

Dig. Geschäftsmodelle mit globaler Wirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft

„Digital“ als Adjektiv und Eigenschaft

Streuzucker ist analog, Würfelzucker digital.
-- www.gutefrage.net



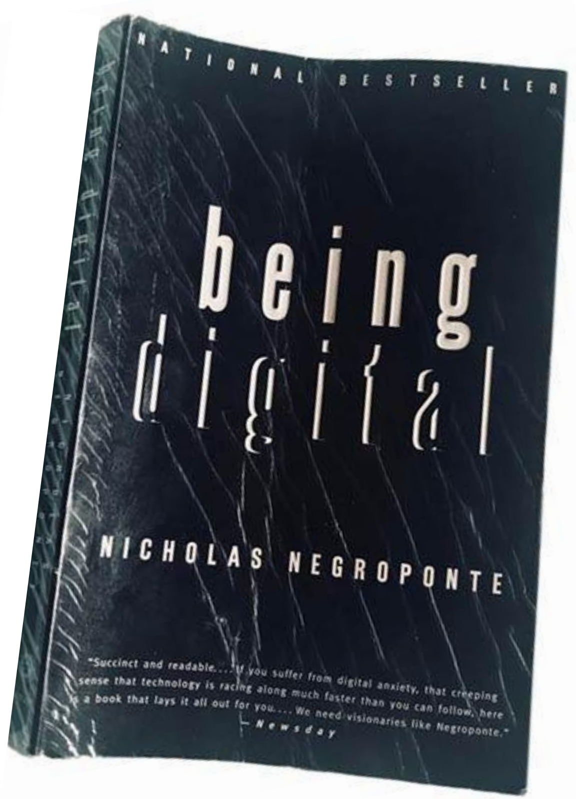
Im Zuge der Digitalisierung von zunehmend grösseren Bereichen der Gesellschaft entstehen immer wieder neue Begriffe, bei denen das in seiner Bedeutung etwas diffuse Eigenschaftswort „digital“ auf etablierte Substantive angewendet wird. Ein typisches Beispiel hierfür ist „digitale Gewalt“ – der Begriff ist im Zeitungskorpus des Digitalen Wörterbuchs der deutschen Sprache erst ab 2006 nachweisbar und findet sich auch Anfang 2024 noch nicht im Duden oder bei Wikipedia. Im Englischen gab es mit „cyber violence“ bereits Anfang der 2000er-Jahre einen äquivalenten Begriff. Zunächst verstand man darunter die Darstellungen von Gewalt in Videospielen, die Grundbedeutung wandelte sich dann aber zu „Bedrohung und Beleidigung in bzw. mit digitalen Medien“ und umfasst u.a. Hatespeech, Cyberstalking und Cybermobbing. Tatsächlich schlug 2008 die Werbeagentur „Y&R Germany“ für die neue aufgetauchten Phänomene den Begriff „digitale Gewalt“ vor, nachdem Beratungsstellen dafür eine Sammelbezeichnung suchten. Ob z.B. auch Identitätsdiebstahl, gezieltes Spammen, der Ausschluss aus Onlinegruppen oder die Veröffentlichung privater Kommunikation (Outing) bzw. personenbezogener Daten (Doxing) im Internet unter digitale Gewalt als Oberbegriff fallen soll, wird unterschiedlich gesehen.

Textbeispiele mit „digitale Gewalt“ zeigen in instruktiver Weise, dass das Attribut „analog“ zunehmend auch im Sinne von „herkömmlich, nicht digital“ verwendet wird; z.B. hiess es 2021 in den Parlamentsnachrichten des Deutschen Bundestags, es seien „digitale und analoge Gewalt kaum zu trennen“.

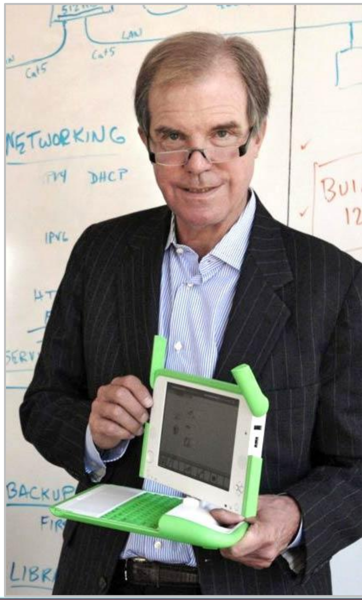
Being Digital

The change from atoms to bits is irrevocable and unstoppable.
-- Nicholas Negroponte, 1995

Bereits Anfang der 1990er-Jahre prophezeite Nicholas Negroponte, wie das Digitale und die Digitalisierung die Medienlandschaft, unser Leben und unsere Gesellschaft umkrempeln würde.

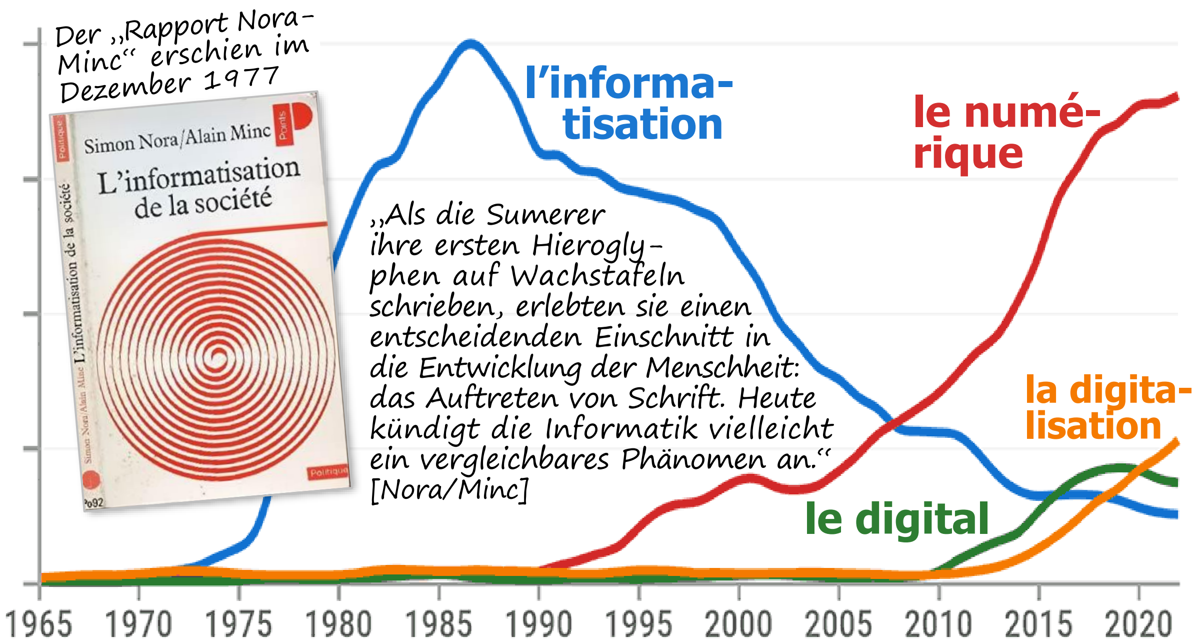


Nicholas Negroponte (Jahrgang 1943) studierte am MIT Architektur und spezialisierte sich in CAD. Er wurde bereits 1963 Professor am MIT und gründete 1985 zusammen mit Jerome Wiesner dort das bekannte MIT Media Lab. Er war Mitgründer der Zeitschrift Wired, für die er während 5 Jahren eine monatliche Kolumne schrieb; diese Kolumnen bildeten 1995 die Grundlage für seinen Bestseller „Being Digital“, der in über 40 Sprachen übersetzt wurde und viele sich später als zutreffend herausstellende Vorhersagen über das Digitale im generellen Sinne und die weitere Entwicklung des Computers hin zu einem interaktiven Medium machte.



Negroponte war ein früher Verfechter die Idee intelligenter Agenten und neuer Mensch-Computer-Schnittstellen. Ein Credo von ihm war „move bits, not atoms“. In den 1980er-Jahren prophezeite er, dass drahtgebundene Technologien wie das Telefon drahtlos werden würden, hingegen drahtlose Technologien bzw. Medien wie das Fernsehen an ein drahtgebundenes Netz angeschlossen werden würden („Negroponte switch“). 2005 propagierte Negroponte das „One Laptop Per Child”-Projekt bzw. den Hundert-Dollar-Laptop, um die aus seiner Sicht grossen Segnungen des Digitalen allen Menschen, insbesondere Kindern, zukommen lassen zu können.

Numérisation, informatisation, digitalisation



Im Französischen gibt es drei verwandte Begriffe für das Phänomen: „numérisation“ bzw. „le numérique“*, „informatisation“ (am Abklingen) und seit einiger Zeit – auf „franglais“ – vermehrt auch „digitalisation“ bzw. „le digital“.

*) „Tout ce qui, de près ou de loin, a trait à l'informatique“

„Nach dem Ölpreisschock von 1973 steckte Frankreich in einer wirtschaftlichen Krise. Handelsbilanzdefizite, eine schwache Binnennachfrage und wachsende Arbeitslosigkeit stießen eine gesellschaftliche Debatte an. Gestützt auf viele Arbeitsgruppen verfassten Simon Nora von der Generaldirektion der Finanzen, der obersten staatlichen Kontrollinstanz, und sein Mitarbeiter Alain Minc eine Studie zur Informatisierung der Gesellschaft.“ www.technik-in-bayern.de/mehr-technik/technikgeschichte/die-informatisierung-der-gesellschaft-eine-studie-von-1978

Le rapport […] répond à une demande du président de la République, Valéry Giscard d'Estaing, sur les moyens de « faire progresser la réflexion sur les moyens de conduire l'informatisation de la société », dans un contexte de crise économique. Il prend acte de la révolution informatique en cours (explosion de la micro-informatique) et définit la télématique comme « imbrication croissante des ordinateurs et des télécommunications ». Il dénombre trois défis : télématique et nouvelle croissance ; télématique et nouveaux jeux de pouvoirs ; télématique et indépendance nationale. https://fr.wikipedia.org/wiki/Rapport_Nora-Minc

Informatisation → numérisation

Pourquoi "numérique" et pas "informatique" ? Justement parce que l'informatique est une affaire d'informaticiens alors que "numérique" fait référence à une approche globale. – J.-M. Labbat

Le Syntec informatique (syndicat professionnel des industries de l'informatique) vient de changer de nom : il s'appellera désormais « Syntec numérique ». C'est que les mots « informatique » et « informatisation » souffrent de connotations étroitement techniques et sont jugés aujourd'hui ringards tandis que « numérique » et « numérisation » sont à la mode...

Il est vain de lutter contre un usage que la langue impose : il faut savoir parler la langue des indigènes ! Puisqu'ils préfèrent « numérique », va pour numérique : si lors d'un dîner en ville vous dites « je suis informaticien », les visages se détournent. Si vous dites « je travaille dans le numérique », on vous écoutera et on fera au moins semblant de comprendre ce que vous dites.

Cela n'empêche pas d'éprouver quelque inquiétude et quelques regrets, car si l'on prend les mots par l'étymologie « numérisation » est bien plus faible qu'« informatisation ». Numériser, c'est coder un programme ou un document selon une suite de 0 et de 1, opération technique que réalise, dans les couches les moins visibles de l'ordinateur, une cascade de programmes de traduction.

Il est vrai que la numérisation, s'appliquant à tout type de document (texte, son, image), confère à l'ordinateur une sorte d'universalité : c'est peut-être la conscience de ce phénomène qui explique le succès de « numérique ».

Cependant ce mot, focalisant l'attention sur ce qui se passe au plus profond de la technique, incite à ne pas voir ce qui se passe au dessus : il masque les langages de programmation, systèmes d'exploitation, applications, relations entre l'ordinateur et l'utilisateur, systèmes d'information, ainsi que les couches anthropologiques que l'utilisation de l'ordinateur et du réseau met en mouvement : économique, sociologique, philosophique, politique, géopolitique etc.

Pour désigner tout cela, « informatique » et « informatisation » conviennent exactement. Mais voilà : ils sont ringards...

Dans quelques années, d'ailleurs, la mode aura changé – elle est tellement versatile ! – et un jour « numérique » et « numérisation » seront ringards à leur tour.

[Michel Volle, 11 nov. 2010, http://michelvolle.blogspot.com/2010/11/numerisation-ou-informatisation.html (Auszug)]

Wer weiss, was Digitalisierung heisst?

Saskia Esken @EskenSaskia · May 12, 2018

Stell Dir vor, in den Unternehmen wüsste es auch keiner, in der Verwaltung, den Schulen und Hochschulen #ITsSocietyStupid

> **Sophie Passmann** @SophiePassmann · May 12, 2018
>
> Fänd es witzig, wenn am Ende raus kommt, dass keiner in der Politik ~ wirklich ~ weiß, was „Digitalisierung" heißen soll und es nur so ein running Gag geworden ist

3 1 10

Marco Lübbecke @mluebbecke · May 13, 2018

Ich kann es Euch sagen, es ist die Umwandlung analoger (stufenloser) Daten in digitale (abgestufte, meist 0 und 1). Alles Andere ist Bullshitbingo zum Übertünchen von Versäumnissen oder Marketing @SophiePassmann

Saskia Esken @EskenSaskia · May 13, 2018

Das ist so ne Informatikerdebatte

2 1 7

Es grenzt fast an Realsatire, wie hier die drei Protagonisten aus den Bereichen Kultur, Wissenschaft und Politik ihrer Rolle voll gerecht werden: Witziges klug-naives Hinterfragen; kategorisch klare, aber ungeschliffene Statements; inhaltlich sowie pragmatisch nebulöse Kommentare.

Sophie Passmann ist Autorin („Alte weiße Männer"), Moderatorin und Podcasterin.

Saskia Esken ist seit Dezember 2019 Bundesvorsitzende der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD). „Mich hat ein junger Künstler als Simpsons-Figur karikiert. Da ich die Zeichnung sehr gelungen fand, habe ich sie ihm abgekauft. Seitdem ziert sie mein Twitter-Profil."

Marco Lübbecke ist Mathematiker sowie Professor für Operations Research an der RWTH Aachen.

Nachtrag am 27.10.2022: Saskia Esken verlässt Twitter, Begründung → nächste slide

Saskia Esken @EskenSaskia
Ihr Lieben! 10 Jahre bin ich hier mit Euch verbunden. Mit vielen hatte ich gute Debatten & Aktionen. Einige habe ich im RL kennenlernen dürfen. Warum ich Twitter trotzdem verlasse und wie ich mir eine demokratische Digitalisierung vorstelle, lest Ihr hier:
6:00 PM · Oct 27, 2022

Twitter ist nüchtern betrachtet ein Haufen unreflektierter Texte. Den Leuten geht irgendwas durch den Kopf – wenn es denn der Kopf ist – und dann schreiben sie das hin und dann gibt es Streit oder viel Solidarität. -- FAZ-Herausgeber Jürgen Kaube

Auszug aus „Die Zeit“ vom 27.10.2022, Gastbeitrag von Saskia Esken.
www.zeit.de/politik/deutschland/2022-10/twitter-saskia-esken-debattenkultur-demokratie

Saskia Esken steht gemeinsam mit Lars Klingbeil der SPD Deutschlands vor.

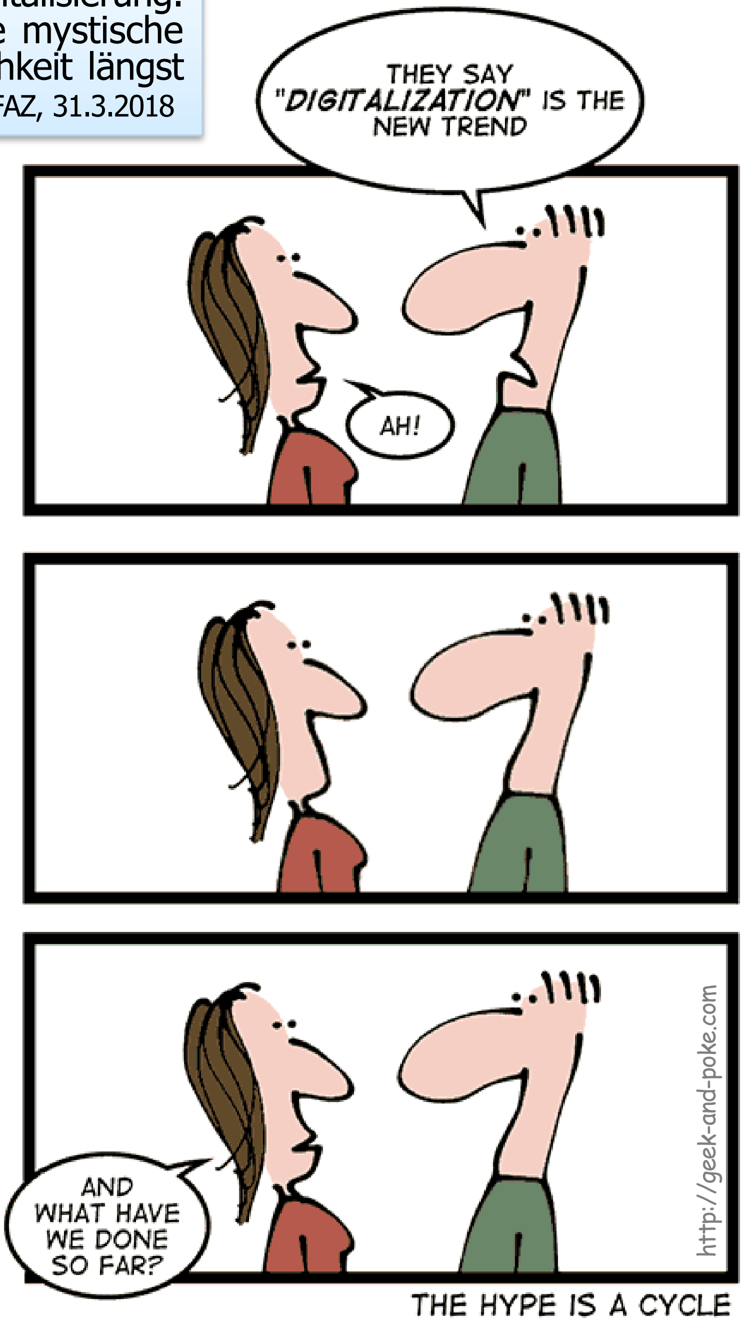
„[…] 50 Jahre nach der ersten Verbindung im Internet, 30 Jahre nach dem Start des World Wide Web müssen wir feststellen, dass die gesellschaftspolitischen Ideen der Digitalität verloren gingen. Heute wird die Digitalsphäre von einigen wenigen Unternehmen und ihren kommerziellen Interessen kontrolliert. Die basisdemokratische Idee des Netzes ist schwer beschädigt […]

Die Kapitalverwertung hat das WWW kaputtgemacht. Besonders eindrücklich kann man das bei den sozialen Netzwerken beobachten: Vordergründig dienen sie der Vernetzung von Nutzer*innen, doch in Wahrheit sind wir dort bloße Ware und auf die Summe unserer Daten, Gewohnheiten und Vorlieben reduziert. Die Ökonomie von Aufmerksamkeit und Empörung, wie wir sie heute in den sozialen Medien erleben, beschädigt unsere politische Kultur. Hass und Hetze bedrohen den gesellschaftlichen Zusammenhalt, Kampagnen zur Desinformation und Manipulation der öffentlichen Meinung gefährden unsere Demokratie. Weil der Kampf gegen diese Phänomene den ökonomischen Interessen der Plattformen widerspricht, laufen unsere Appelle zur Selbstkontrolle ebenso wie unsere Versuche der Regulierung mehr oder minder ins Leere.

Besonders krass sind diese Entwicklungen bei Twitter zu beobachten, nicht zuletzt weil die Plattform seit Jahren zum Verkauf aufgehübscht werden musste. Twitter unternimmt nichts gegen Fakeprofile, agiert im Umgang mit gemeldeten strafbaren Inhalten wie Beleidigung oder Volksverhetzung ausgesprochen nachlässig und lässt auch nach klaren Urteilen nicht von unrechtmäßigen Twitter-Sperren ab. Die angekündigte Übernahme von Twitter durch Elon Musk wird die Plattform ganz sicher nicht zu einem gemeinnützigen Unternehmen machen. Mit jedem Tag wird mir deutlicher, dass die kommerziellen Plattformen in keiner Weise dafür geeignet sind, Menschen und ihre freien, demokratischen Gesellschaften zu stärken. […]“

Das D-Wort

Jeder liebt das Zauberwort Digitalisierung. Hohle Reden beschwören eine mystische Kraft, vor deren Unausweichlichkeit längst kapituliert wurde. -- Harald Staun, FAZ, 31.3.2018



Was heisst „Digitalisierung“? Niemand weiss es. Doch alle reden davon. An der Generalversammlung des Wirtschaftsverbands Swico im Mai trug das Eröffnungsreferat den Titel: „Nicht schon wieder das D-Wort“. Auch bei den Digitalisierungsprofis sind in Sachen Digitalisierung Ermüdungserscheinungen festzustellen. Worauf verweist dieses Wort? Digitaltechnik und Informatisierung können nicht gemeint sein, denn die Kommerzialisierung der Computertechnik begann in den 1950er-Jahren, und es dürfte sich herumgesprochen haben, dass nicht jede Informatikinvestition gewinnbringend ist. Die Ökonomen, die in den 1980er- und 1990er-Jahren vergeblich versuchten, die durch die Informatik verursachten Produktivitätsgewinne zu erfassen, sprachen von einem „Produktivitätsparadox“. Wenn also Digitalisierung nicht gemeint ist, was heisst „Digitalisierung“? Was ist das Ziel der Digitalisierung? Digitalisierung?

Das D-Wort ist eine zeitgemässe Art zu sagen: Wandel, Veränderung, Restrukturierung. Das D-Wort hat noch eine weitere Bedeutungsebene, auf der sich Elemente der Technikeuphorie vergangener Zeiten erhalten haben. Es klingt beim D-Wort die Vorstellung mit, dass Technik eine Urkraft sei, der sich der Mensch nicht in den Weg stellen dürfe.

– Stefan Betschon, NZZ vom 16.7.2019

Erwartungen an die Digitalisierung

Google autocomplete schlägt bei "Digitalization as a…" vor: business issue, can-opener, catalyst and facilitator, chance, defining strategic principle, differentiator, disruptive technological change, driver of growth, driver of innovation, driver of mission, factor for success, foundation for innovation, golden opportunity, growth enabler, guiding light, holistic driver, job killer, key factor, key issue per se, key objective, lever to improve efficiency, man-made afterlife, matter of sustainability, means of economic and social empowerment, means of governing, means to grow, mediator, mindset, pathway to overcome some fundamental future problems, personal fitness program, phenomenon, process, radical and disruptive innovation, resource, risk, route to economic inclusion, scientific term, service, social phenomenon, sociotechnical process, solution, strategic priority, strategy, substitute religion, technical exercise, technology, threat, tool, toolbox, tsunami, turning point for the future, way to reach much bigger goals. [April 2019]

Digitalisierung ist… Megatrend, kein Jobkiller, kein Selbstzweck, Chefsache, Treiber, Stichwort, Schlagwort, Herausforderung, Segen, Schwerpunkt, Thema, Schlüssel, Faktor, Trend, Chance [DWDS, Dez. 2023].

www.dwds.de/wp?q=Digitalisierung&compmethod=diff&comp=&pos=2&minstat=0&minfreq=5&by=logDice&limit=20&view=cloud

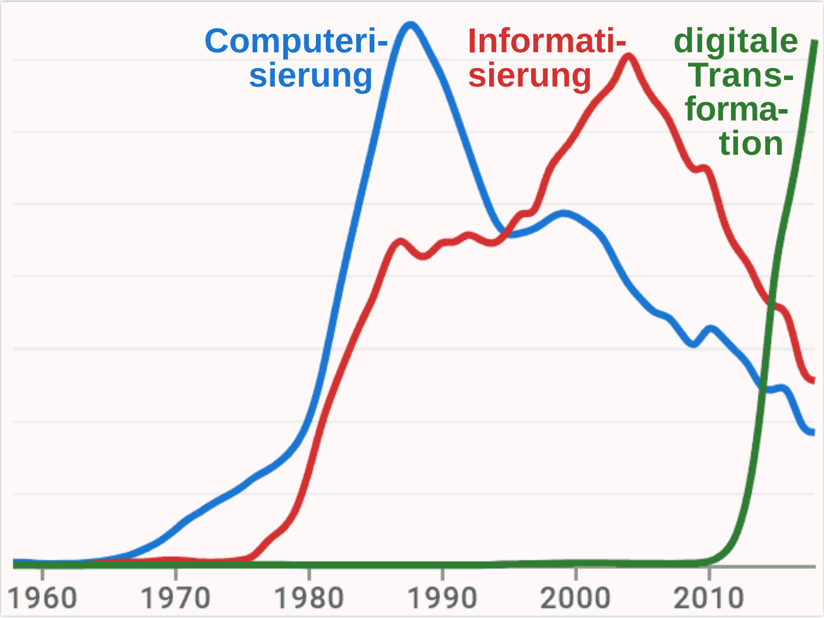
Anfang 2019

Dez. 2023

„forciert" statt „bevorstehend"; „fortgeschritten" statt „geplant"; „rasant" statt „schnell"; „verantwortungsbewußt" statt „vorgezogen"; aber auch „schleppend" und „verschlafen" statt „total" und „vollständig".

Adjektivattribute zu „Digitalisierung" im DWDS-Wortprofil

Computerisierung und Informatisierung



Bevor der Begriff „Digitalisierung“ breit und im erweiterten Sinne verwendet wurde, gab es für diesen Zweck zwei andere Begriffe: „Computerisierung“ und „Informatisierung“.

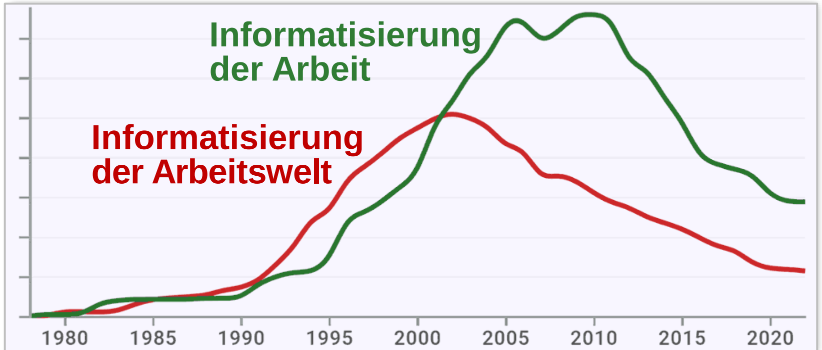
Der zweite Ausdruck wurde gegen Ende der 1970er-Jahre aus dem Französischen übernommen und gefiel dann offenbar als abstrakterer Terminus besser als das eher technisch klingende „Computerisierung“ – bis sich dann um das Jahr 2000 nach und nach der Begriff „Digitalisierung“ mit dieser Bedeutung breit machte – man erkennt dies gut auf den nachfolgenden slides.

Mit „dieser Bedeutung“ der **Digitalisierung** ist der **historische Prozess** als allmähliche Durchdringung praktisch aller ökonomischen und gesellschaftlichen Bereiche mit digitaler Informations- und Kommunikationstechnologie gemeint („digitale Transformation“) – in Ergänzung zur klassischen Bedeutung der Digitalisierung als **technischer Prozess** der Umwandlung analog-kontinuierlicher Verläufe in digital-diskrete. „Verläufe“ meint bei einer zeitlichen Dimension „Signale“ (z.B. Sprache, Video), bei einer räumlichen Dimension z.B. statische Bilder, die gerastert werden. Signale werden i.a. elektronisch verarbeitet, digitale Signale oft binär (mit Nullen und Einsen) codiert, was typischerweise als Zahl im Dualsystem interpretiert wird.

Informatisierung

der Arbeit

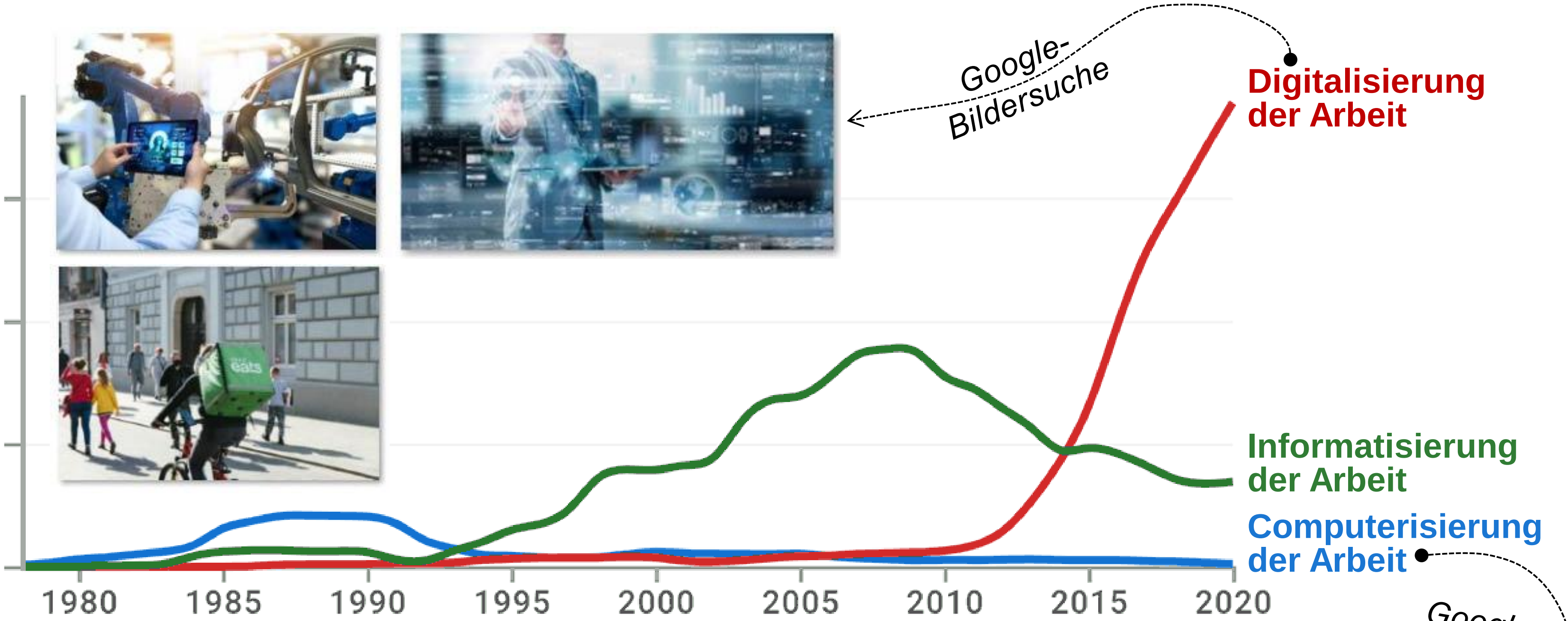
Informatisierung: Durchdringung aller Lebensbereiche der Gesellschaft mit Informations- und Kommunikationstechnik, insbesondere mit dem Computer und dem Internet. [Wikipedia]



Über Informatisierung wurde in den 1980er- sowie 1990er-Jahren viel geschrieben und gestritten, so z.B. auch über die Informatisierung der Arbeit und der Arbeitswelt. Die Schweizer Satirezeitschrift „Nebelspalter“ brachte 1983 eine Karikatur von Hanspeter Wyss mit dem Titel „**Vielfalt der Berufe**“. →

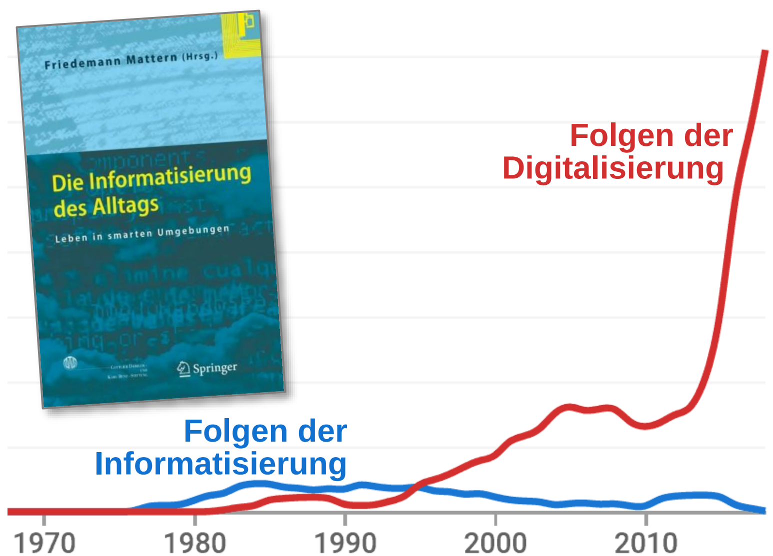
Aus: Schöne neue Arbeitswelt? – die Zukunft der Arbeit. Informationen zur politischen Bildung Nr. 293/2007

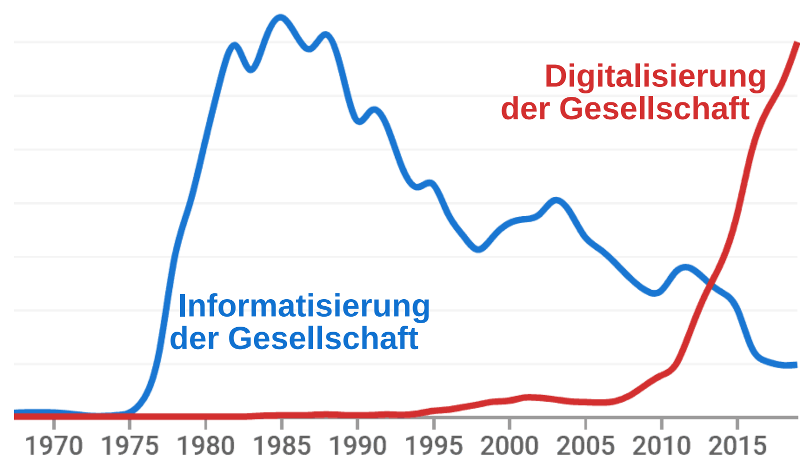
Informatisierung… + Computerisierung + Digitalisierung der Arbeit



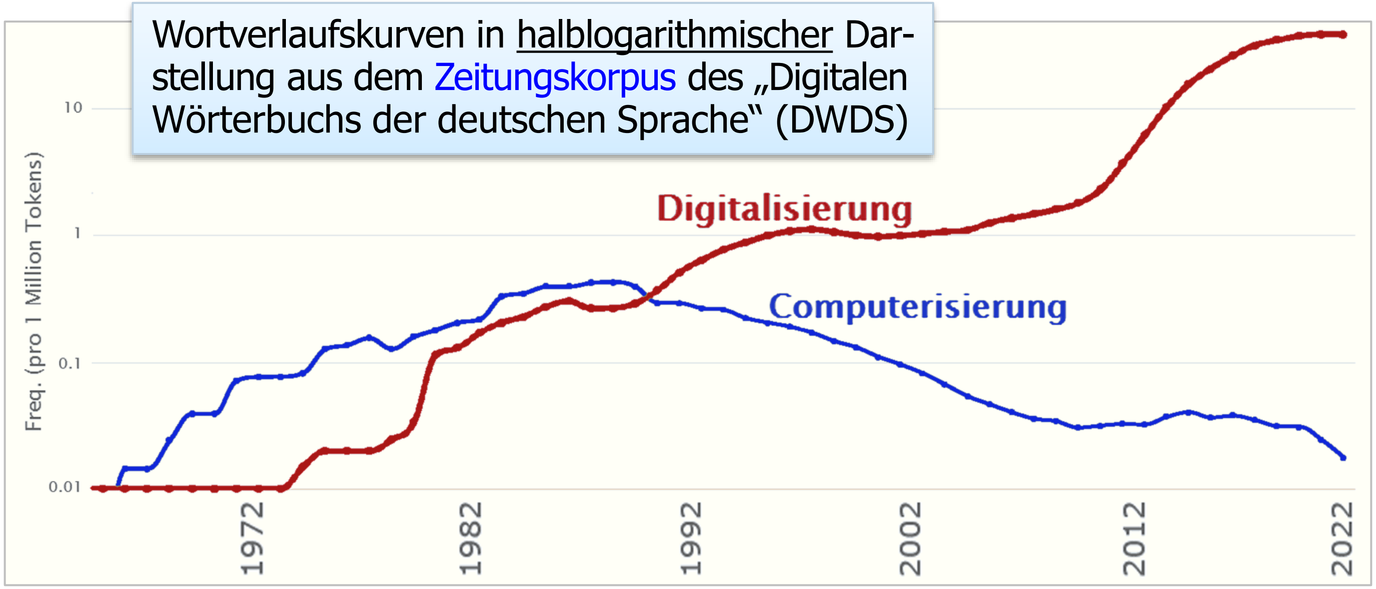
Informatisierung → Digitalisierung

Schon lange bevor die „Digitalisierung“ ein Modewort wurde, hat man sich mit ihren Konsequenzen für die Arbeitswelt sowie die Gesellschaft insgesamt auseinandergesetzt. Nur hiess dies seinerzeit, in den 1970er- und 1980er-Jahren, nicht „Digitalisierung“, sondern „Informatisierung“. Der Begriffsinhalt scheint nun durch „Digitalisierung“ eine Neuauflage zu erfahren und „Informatisierung“ als Wort zu verdrängen.

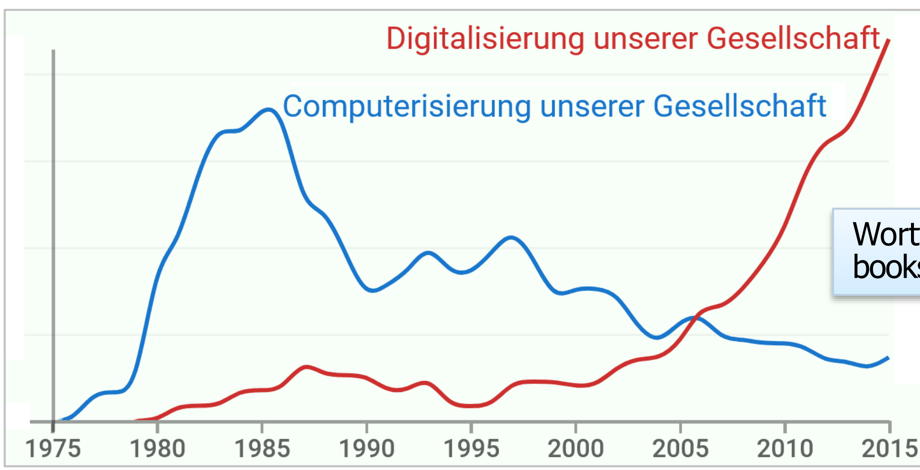




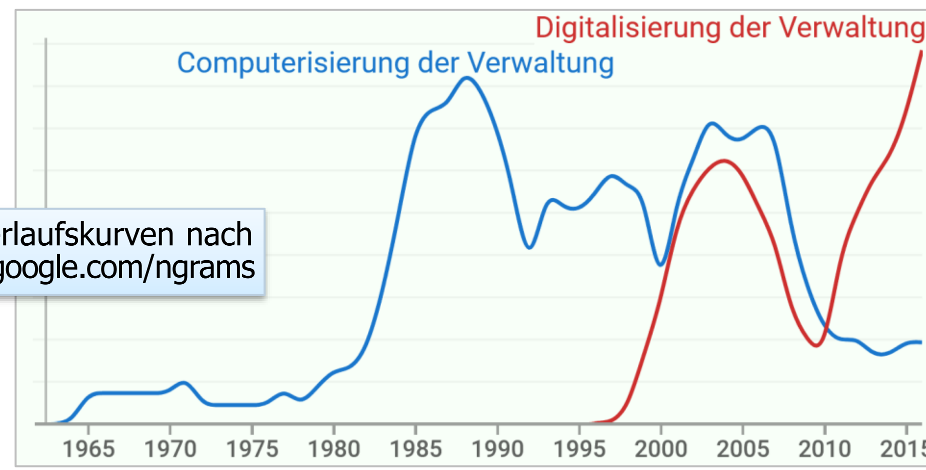
Computerisierung → Digitalisierung



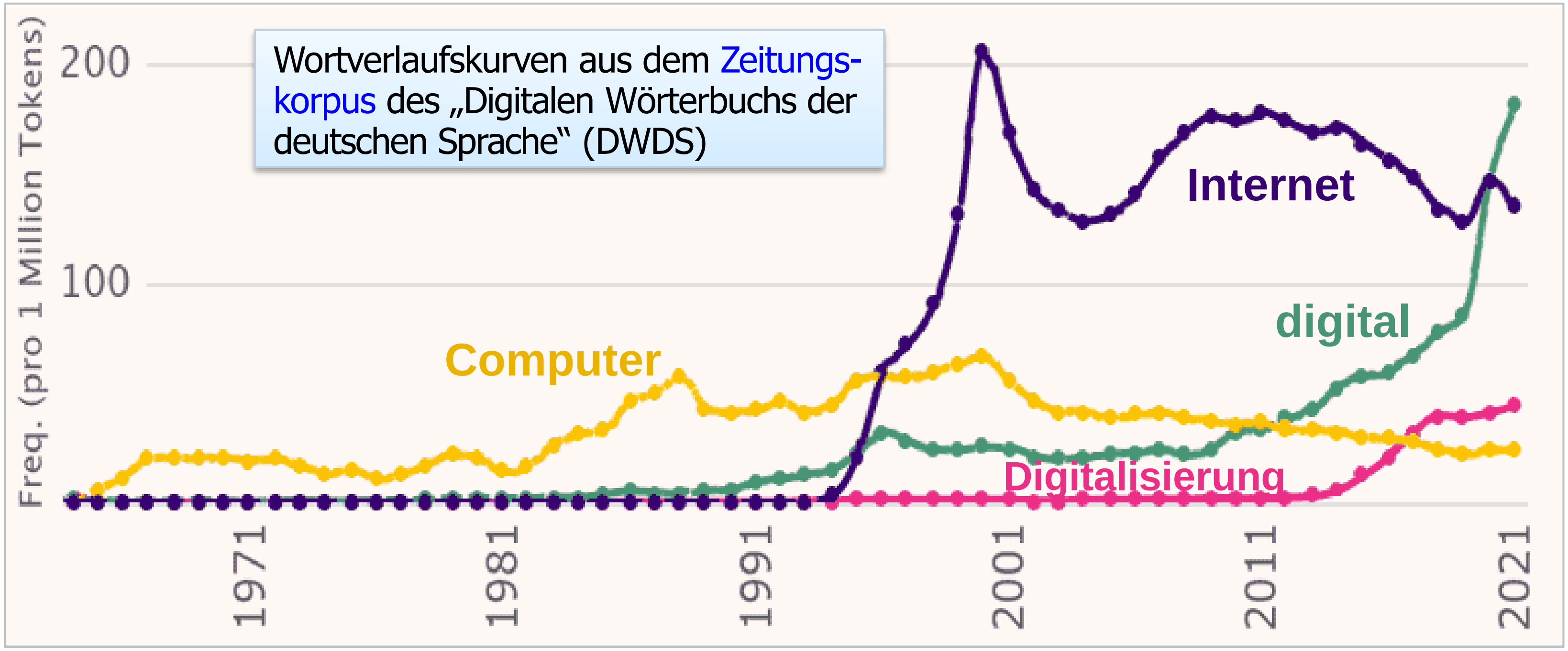
Entsprechend dem Begriff „Informatisierung“ ging es auch dem Begriff „Computerisierung“: Er wurde nach etwa 30 Jahren durch „Digitalisierung“ abgelöst; zwischen 1989 und 2005 fiel seine Verwendung in Zeitschriften um den Faktor 10.



Wortverlaufskurven nach books.google.com/ngrams



Computer → Internet … digital → Digitalisierung



www.dwds.de/r/plot?view=1&corpus=zeitungenxl&norm=date%2Bclass&smooth=spline&genres=0&grand=1&slice=1&prune=0&window=0&wbase=0&logavg=0&logscale=0&xrange=1951%3A2021&q1=Digitalisierung&q2=digital&q3=Computer&q4=Internet

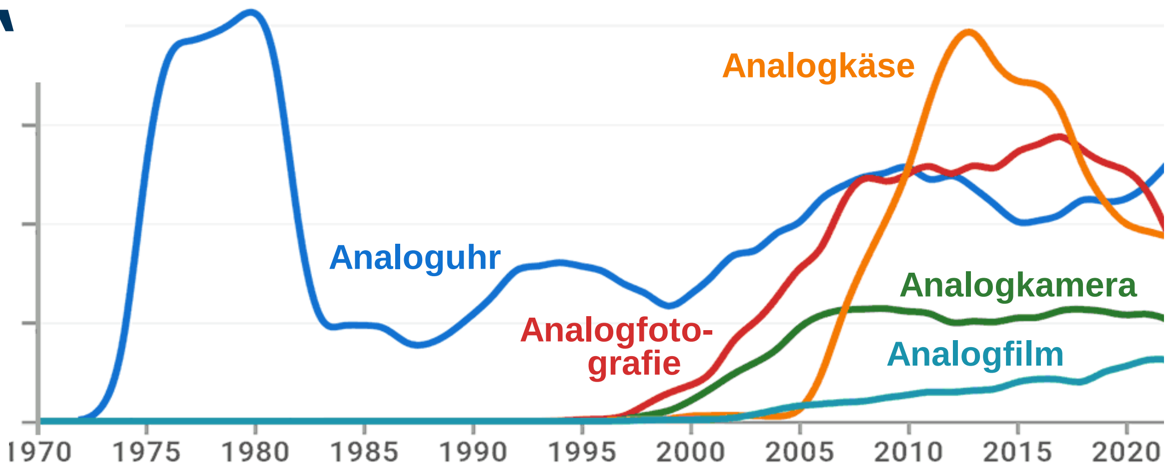
„Spätestens in den Koalitionsverhandlungen haben auch CDU, CSU und SPD das Zauberwort ‚Digitalisierung‘ entdeckt und es derart lieb gewonnen, dass sie es gar nicht oft genug in den Koalitionsvertrag schreiben konnten: 13 Seiten des Vertrags beschäftigen sich explizit mit dem Thema ‚Digitalisierung‘, 93 Mal wurde das Wort ‚Digitalisierung‘ per Copy-and-paste im Dokument verteilt, 148 Mal das Adjektiv ‚digital‘ – wie eine Konjunktion, die selbst die größten politischen Differenzen zusammenhalten kann. [...] Alles soll digital werden: der europäische Binnenmarkt, die öffentliche Verwaltung, der Mittelstand, die Polizei, die Ausbildungsstrategie, die Geschichte der deutschen Frauenbewegung, das Zahnbonusheft,...“ -- Harald Staun, FAZ vom 31.3.2018

„Analogisierung“

Diskussionsforum www.zeit.de:

Analog ist kein Synonym für real, sondern eine andere Form der Datenübertragung... -- Nabla_

Erklären Sie das mal, oh, jedem Journalisten. Es wäre ein echter Dienst an der Menschheit. -- Klaunwelt2020_0



Etwa 15 Jahre nach dem Begriff „Digitaluhr“ verbreitete sich „Analoguhr“ als neue Wortschöpfung; ähnlich lange dauerte es von „Digitaltelefon“ zu „Analogtelefon“. „Analoghandy“ konnte sich übrigens als Wort nicht wirklich durchsetzen, genauso wenig wie „Analogkopierer“ oder „Analogthermometer“. „Analogfernsehen“ war eine Zeit lang populär, aber im Unterschied zur „Analogfotografie“ gibt es dafür heute keine Fans, der Begriff stirbt wieder aus. Digitalkameras waren lange Zeit ein Nischenprodukt für Profis, entsprechend spät kam es erst zum Wort „Analogkamera“. Vor dem Jahr 2000 hätten Angestellte in einem Fotofachgeschäft wohl nicht verstanden, was ein Kunde mit „Analogfilm“ meint – Filme waren nie analog oder digital, und man kaufte einen Kleinbildfilm, Rollfilm, Farbfilm, Schwarzweissfilm, Negativfilm oder Umkehrfilm. Gleichermassen „unmöglich“ wäre ein analoges Buch oder ein analoger Freundeskreis gewesen – man hätte zurückgefragt „analog zu was oder wem?“ Interessant daran ist die sich neu herausbildende Bedeutung von „analog“ als generelles Antonym zu „virtuell“ / „elektronisch“ / „digital“:

Wikiwörterbuch
Wiktionary
de.wiktionary.org

***analog* – Bedeutungen:**

[1] *allgemein:* durch sinngemässes Übertragen vergleichbar

[2] *Technik, Physik, Informatik:* stufenlos, kontinuierlich; nicht digital

[3] *umgangssprachlich:* physisch (dinglich) vorhanden statt virtuell oder elektronisch dargestellt

Synonyme:

…

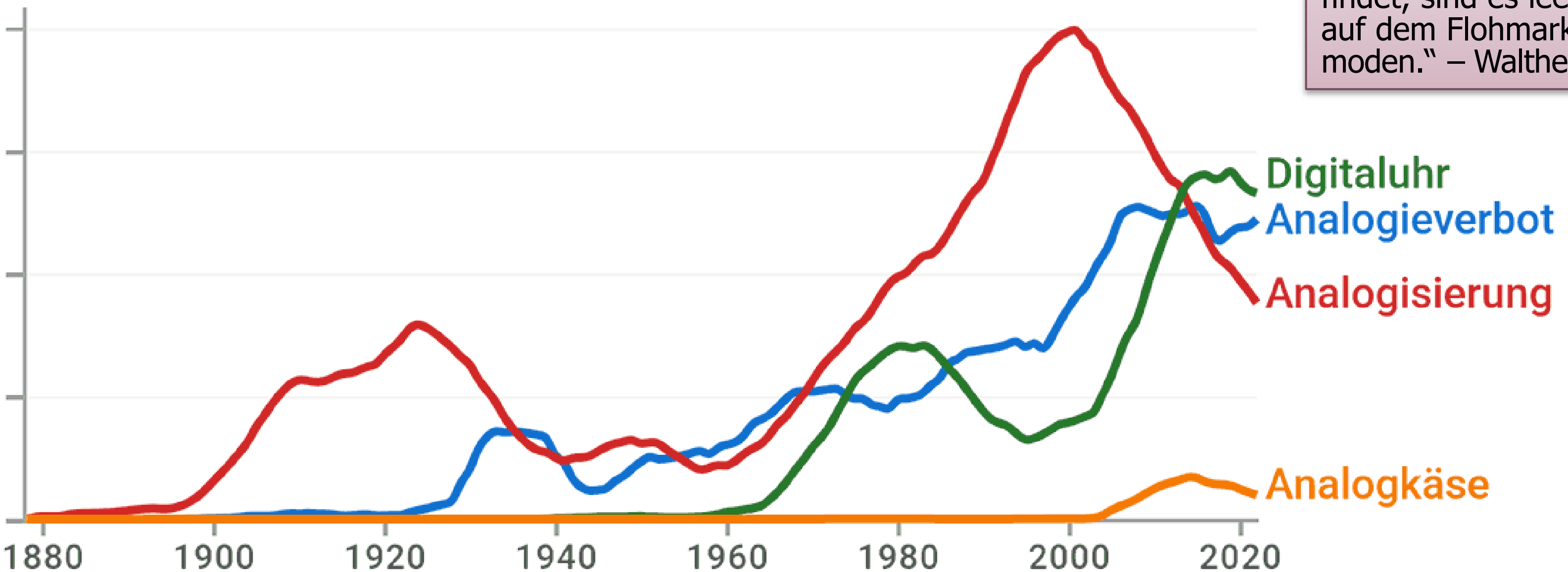
[3] materiell, konkret, real, wirklich

Die Bedeutung [3] ist neu und findet sich so (noch?) nicht in klassischen Wörterbüchern!

Wie umfassend und selbstverständlich „analog“ als Gegensatz zu „digital“ gesehen wird, sieht man an diesem Beispiel [acatech 2022]: *Wo es möglich und sinnvoll ist, sollten analoge Schutzmechanismen implementiert werden. So kann etwa ein mechanisches Überdruckventil das Explodieren einer Gaspipeline verhindern, auch wenn das gesamte IT-System von Hackern übernommen wurde.*

Analogisierung? Analogieverbot??

„Handelt es sich bei den Begriffen *analog* und *digital* eigentlich um Bullshit-Words? Die Antwort kann nicht anders heißen als: Ja. In der unreflektierten Verwendung, die dieses Begriffspaar gegenwärtig findet, sind es leere Worthülsen auf dem Flohmarkt der Begriffs-moden." – Walther Ch. Zimmerli



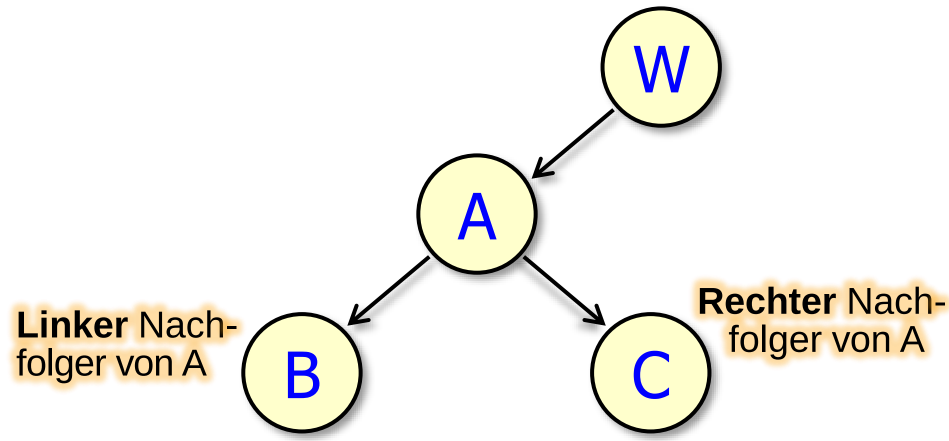
Das Wort „Analogisierung" gibt es, laut „Goog Books ngram", schon viel länger als das Wort „Digitalisierung". Letzteres lässt sich dort erstmalig 1899 nachweisen (wir erinnern uns: digi-talisiert wurden damals Patienten mit Herzschwäche); im gleichen Jahr wie „Analogieverbot". Man ahnt, dass dies alles nichts mit dem Digitalzeitalter zu tun haben kann, genauso wenig wie der Analogkäse. Ob wir uns auch an Analogbier und Analogkaffee gewöhnen könnten? Letzteren nannten meine Grosstanten, die beide Weltkriege durchlitten hatten, noch „Ersatz-kaffee" – ein Gesprächsthema bei fast jedem Kaffeekränzchen mit ihnen.

Aber wir schweifen zu sehr ab; daher beenden wir unsere Exkursion zur Semiotik und Digitalisierung – und kehren zum Hauptstrang der Vorlesungsthemen mit den Baumstrukturen zurück.

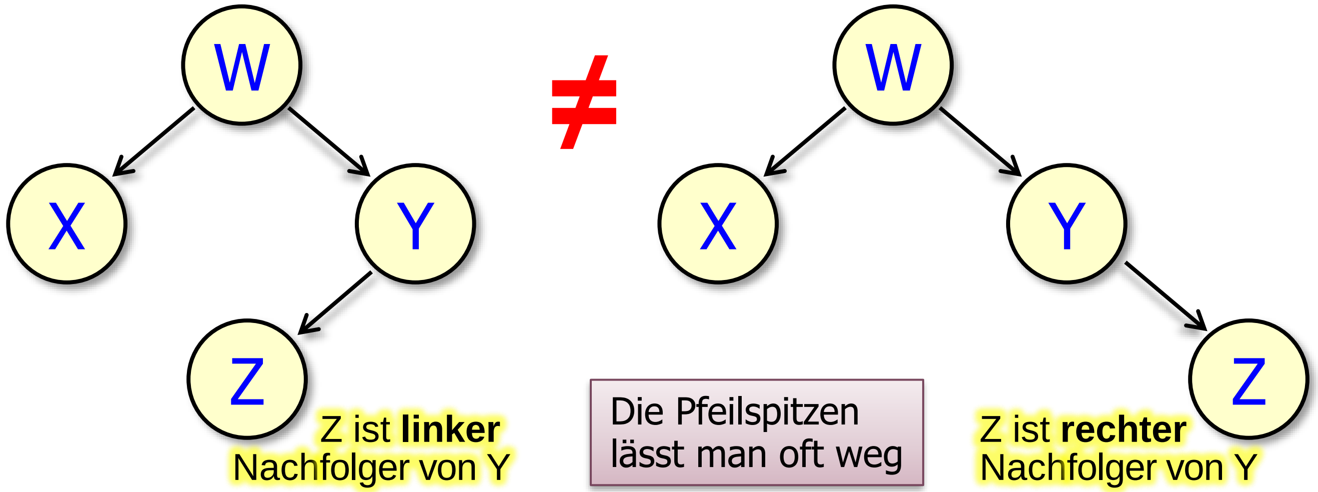
Ende der Exkursion zu Semiotik und Digitalisierung

Binärbaum

- Wurzelbaum, wo jeder Knoten *höchstens zwei* direkte Nachfolger hat



- Meist differenziert man dann zwischen dem linken und rechten Nachfolger (bzw. Unterbaum), sodass z.B. die folgenden Bäume als verschieden angesehen werden:



Die Pfeilspitzen lässt man oft weg

lichtung

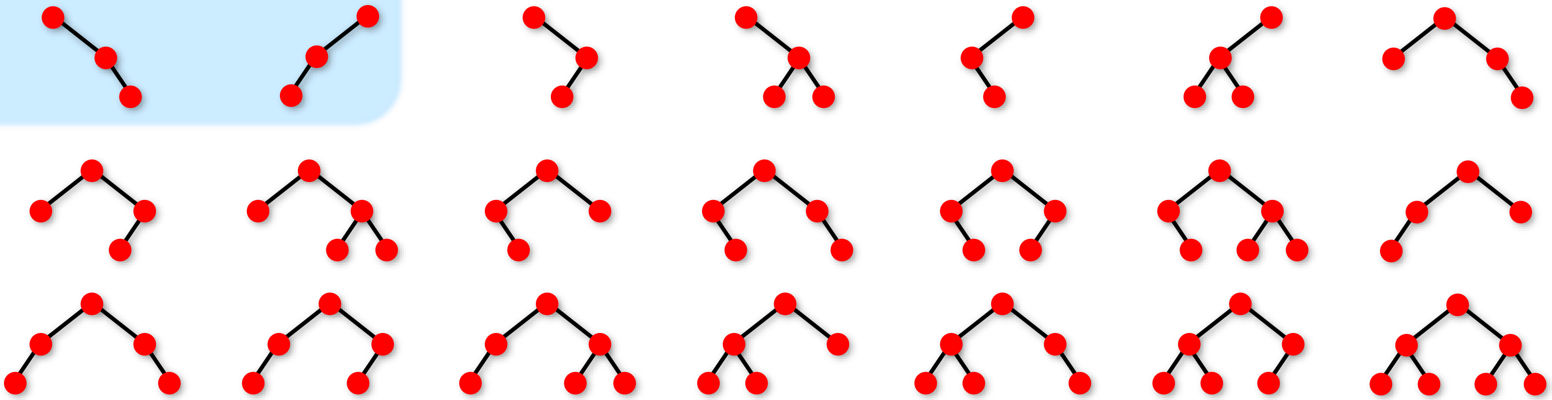
manche meinen
lechts und rinks
kann man nicht
velwechsern.
werch ein illtum!

-- Ernst Jandl, 1966

Den Irritations-, Erkenntnis- und Erheiterungscharakter hat diese Lyrik sich, obgleich Avantgarde von gestern, bewahren können. – Volker Hage unmarkierten

Beispiel: Alle 21 Binärbäume der Höhe 2

Wie gesagt:
man unterscheidet
„links" und „rechts":



- Es gibt 651 solche Bäume der Höhe 3,
- 457653 der Höhe 4,
- 210065930571 der Höhe 5,
- 44127887745696109598901 der Höhe 6,
- 1947270476915296449559659317 606103024276803403 der Höhe 7,
- ...

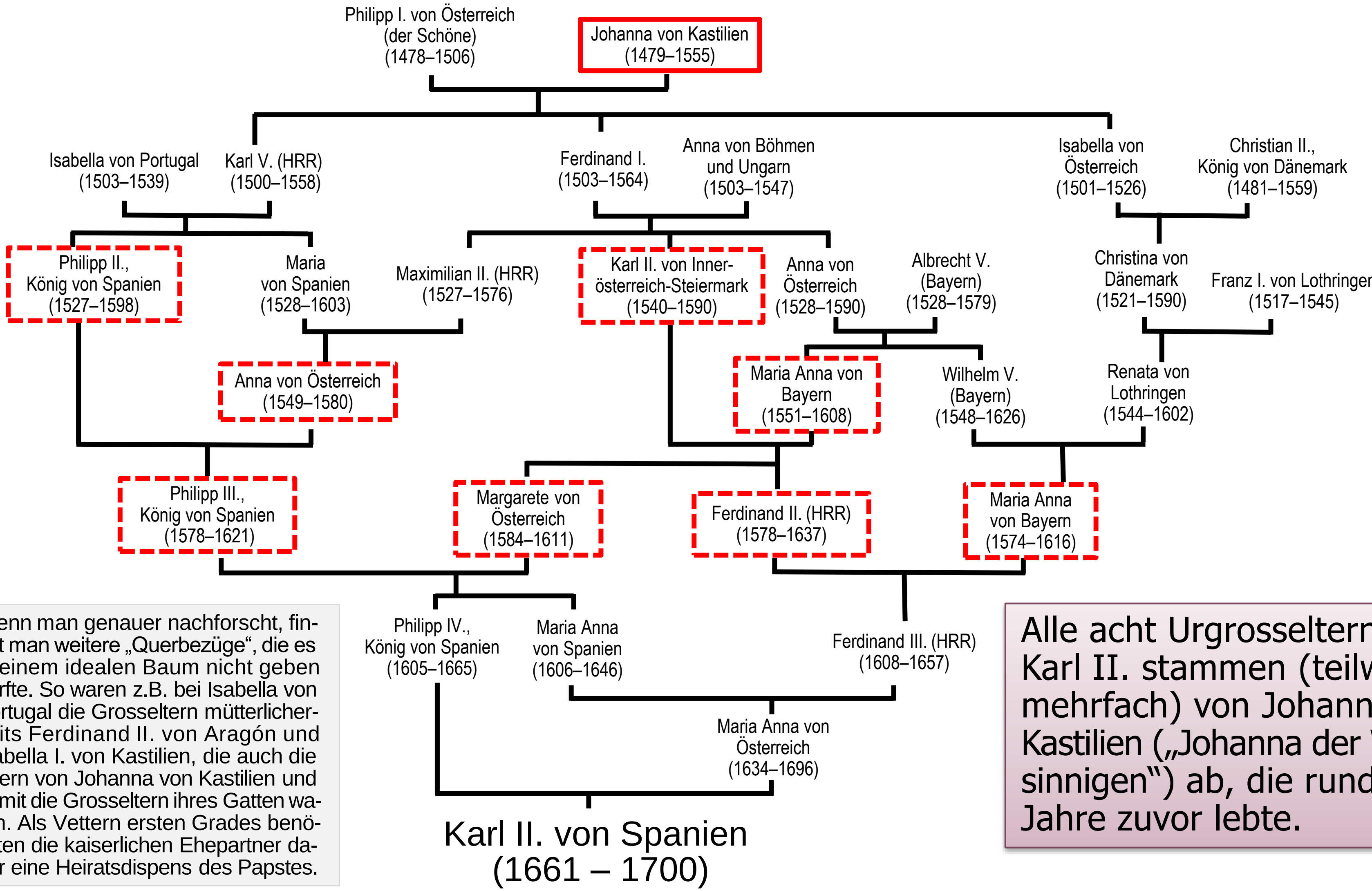
Beispiel: Binärbaum der Höhe 18m

https://media.e-taxonomy.eu/palmae/photos/palm_tc_101361_10.jpg

Hyphaene compressa, Kenia: Bis zu 64 Kronen sind an den dichotom verzweigenden Stämmen beobachtet worden.

Stammbaum als Binärbaum?

Der Stammbaum einer Person ist kein echter Binärbaum; vor 30 Generationen (etwa 500 bis 1000 Jahren) lebten keine $2^{30} \approx 1$ Milliarde Menschen; es kommt notgedrungen zu einem „Ahnenverlust“.

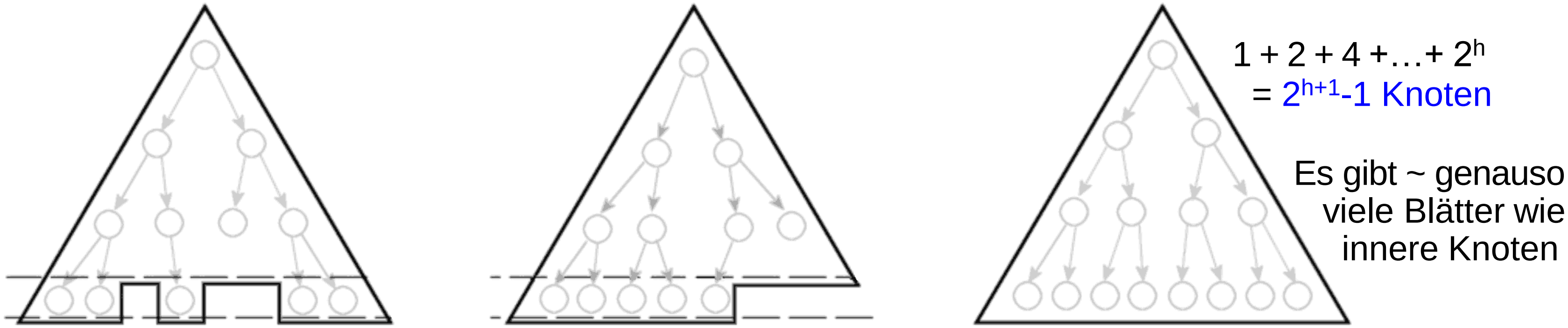


Wenn man genauer nachforscht, findet man weitere „Querbezüge“, die es in einem idealen Baum nicht geben dürfte. So waren z.B. bei Isabella von Portugal die Grosseltern mütterlicherseits Ferdinand II. von Aragón und Isabella I. von Kastilien, die auch die Eltern von Johanna von Kastilien und damit die Grosseltern ihres Gatten waren. Als Vettern ersten Grades benötigten die kaiserlichen Ehepartner daher eine Heiratsdispens des Papstes.

Alle acht Urgrosseltern von Karl II. stammen (teilweise mehrfach) von Johanna von Kastilien („Johanna der Wahnsinnigen“) ab, die rund 200 Jahre zuvor lebte.

Ausgeglichene und vollständige Binärbäume

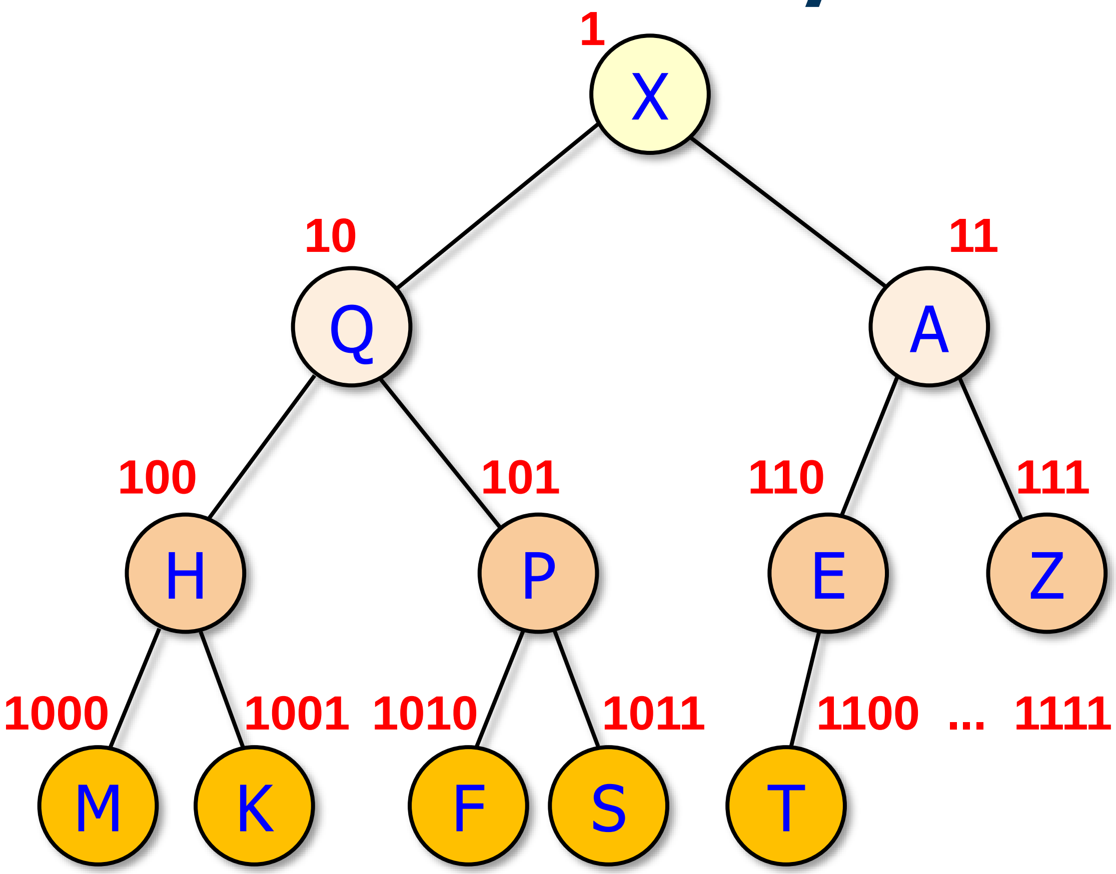
- Oft stört es, wenn Binärbäume lückenhaft oder ausgefranst sind
- Man spricht von vollständigen Binärbäumen, wenn diese für ihre Höhe die volle Anzahl an Knoten haben; dann ist jeder Knoten auf dem letzten Niveau ein Blatt und jeder Knoten auf einem kleineren Niveau hat zwei Nachfolger



ausgeglichen | fast vollständig | vollständig

- Ein ausgeglichener Binärbaum mit k+1 Niveaus ist bis Niveau k vollständig
- Ein fast vollständiger Binärbaum ist ein ausgeglichener Baum, dessen letztes Niveau von links her lückenlos ist

Binärbäume in Arrays



Die Idee besteht darin, die Wurzel an Stelle 1 eines Arrays zu speichern, und die beiden direkten Nachfolger von Stelle i an den Stellen 2i (Wurzel des „linken" Unterbaums) und 2i+1 (Wurzel des „rechten" Unterbaums)

Veranschaulichung mit Dualdarstellung der Indexnummer

Kinder „erben" die Nummern der Eltern – das linke Kind hängt eine 0 an, das rechte eine 1

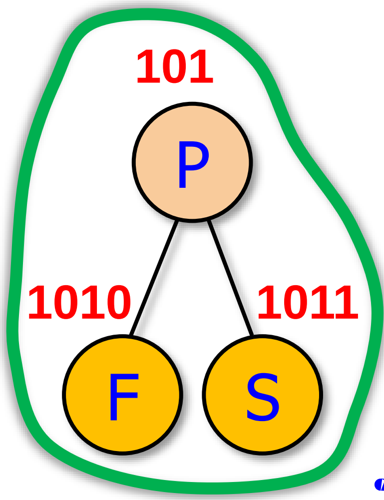
Knoten werden niveauweise sequentiell abgespeichert

	X	Q	A	H	P	E	Z	M	K	F	S	T	...	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		15

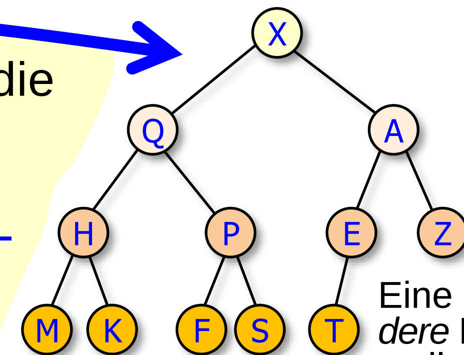
Wenn der Baum „Lücken" hat, also einige Niveaus nicht vollständig besetzt sind, müssen im Array die entsprechenden Positionen explizit als „leer" markiert werden

Binärbäume in Arrays

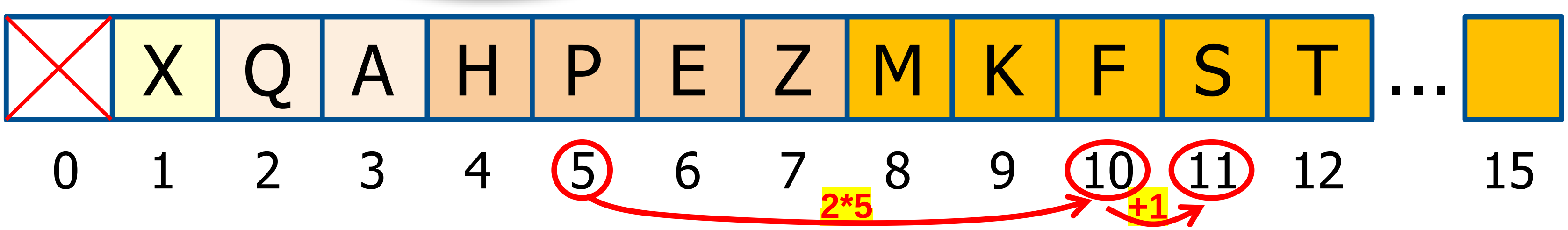
Die Idee besteht darin, die Wurzel an Stelle 1 eines Arrays zu speichern, und die beiden direkten Nachfolger von Stelle i an den Stellen 2i (Wurzel des „linken" Unter-baums) und 2i+1 (Wurzel



Das Array ist die Darstellung eines Binärbaums, wenn man es „richtig" inter-pretiert, d.h., wenn man den vereinbar-ten Code kennt!



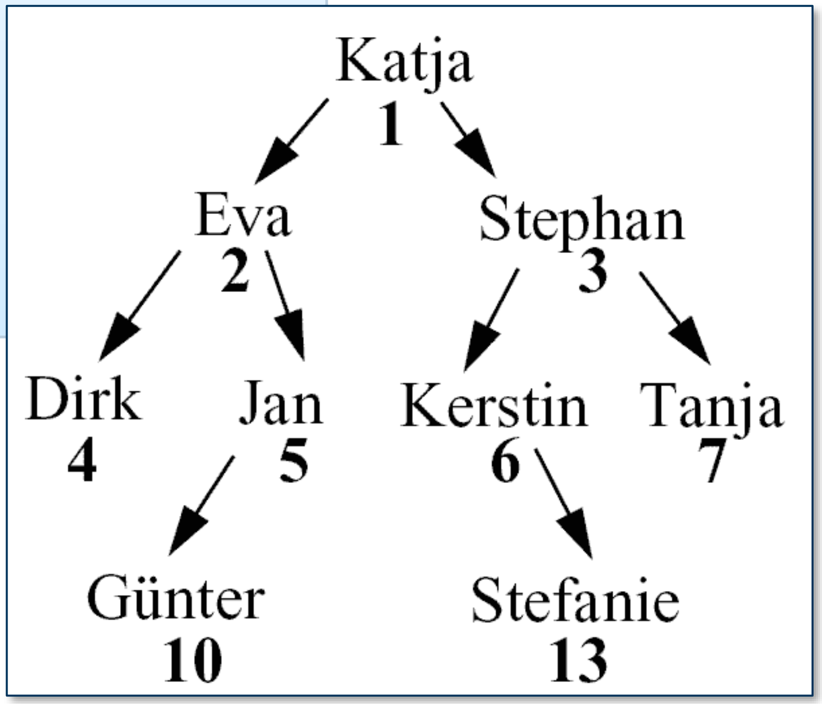
Eine *an-dere* Dar-stellung



Binärbäume in Arrays

```
String [] Baum = new String [n+1];
Baum[1] = "Katja";
Baum[2] = "Eva";
Baum[3] = "Stephan";
Baum[4] = "Dirk";
...
```

richtig interpretiert



→ Niveauweise Speicherung der Baumknoten

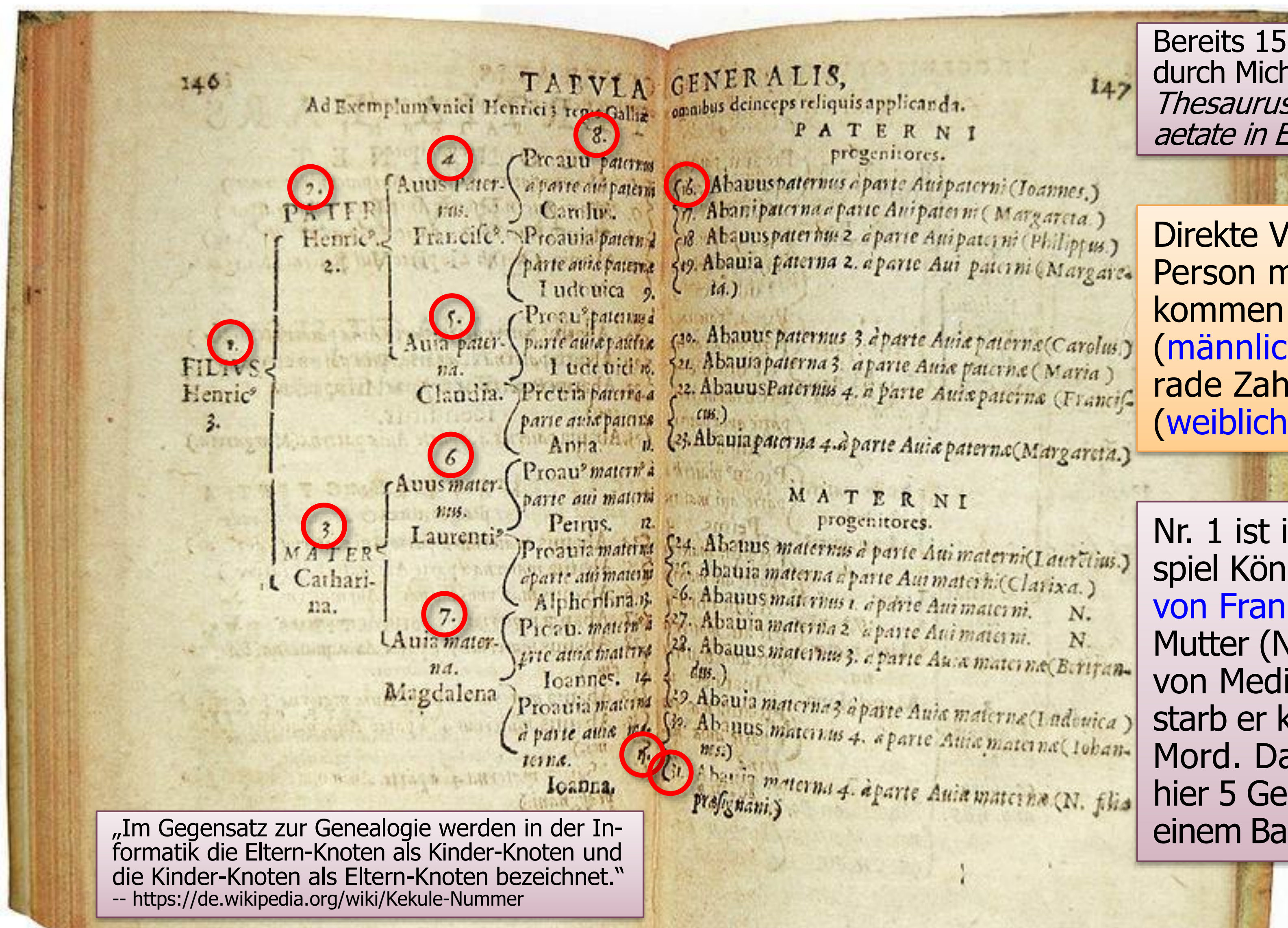
→ Verweise nur implizit

Eindeutige Darstellung von Binärbäumen

- Da bei Binärbäumen im Allg. linker und rechter Nachfolger (bzw. Unterbaum) unterschieden werden, müssen die diversen Darstellungen eindeutig erkennen lassen, bei welchem Nachfolger es sich um den rechten bzw. linken handelt – im generalisierten Sinne gilt dies auch für allgemeine Bäume mit geordneten Nachfolgern
- Insbesondere dann, wenn es nur einen einzigen Nachfolger gibt, soll klar sein, ob es sich dabei um den linken oder rechten handelt
  - Man könnte bei der Klammerdarstellung z.B. A(B(D,.),C(E,F)) bzw. A(B(.,D),C(E,F)) schreiben
  - Bei der Array-Darstellung müssen fehlende (linke und / oder rechte) Nachfolger durch ein explizit als „leer" gekennzeichnetes Element an der entsprechenden Stelle kenntlich gemacht werden
  - Bei der üblichen Graphendarstellung (Wurzel oben), ist „links" bzw. „rechts" kanonisch definiert
  - Auch bei anderen Darstellungen (z.B. Mengendiagramm; Einrückung) muss mit Konventionen oder Markierungen Eindeutigkeit erzielt werden

Kekule-Nummern bei Ahnentafeln

Stephan Kekule (1863–1933), Sohn des Chemikers August Kekulé (Benzolring): Jurist, Heraldiker und Genealoge



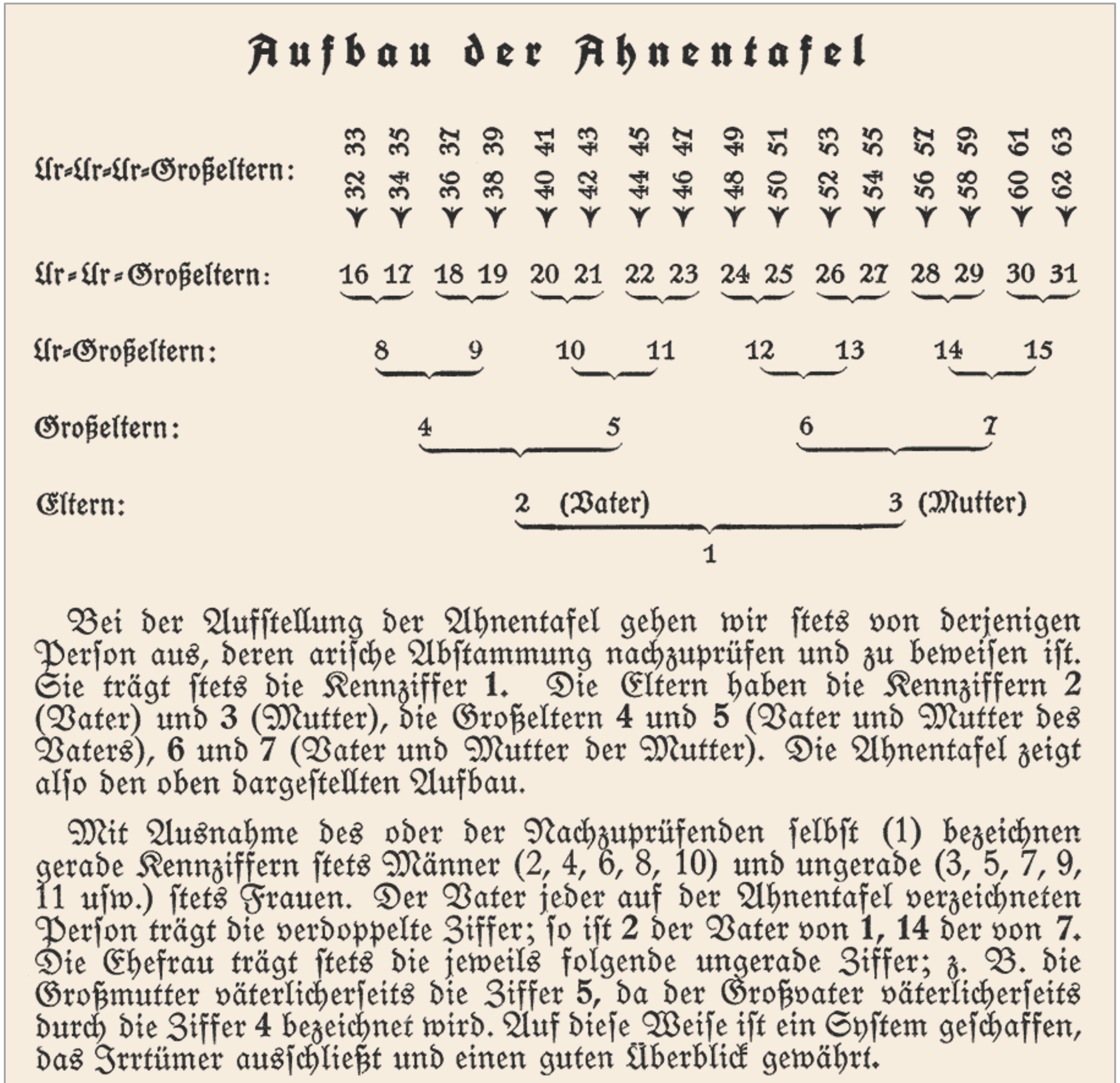
Bereits 1590 angewendet durch Michael von Aitzing: *Thesaurus principum hac aetate in Europa viventium*

Direkte Vorfahren einer Person mit Index i bekommen die Indizes 2i (männlich, immer gerade Zahl) bzw. 2i + 1 (weiblich, ungerade)

Nr. 1 ist in diesem Beispiel König Heinrich III. von Frankreich, dessen Mutter (Nr. 3) Katharina von Medici war – 1589 starb er kinderlos durch Mord. Dargestellt sind hier 5 Generationen mit einem Baum der Höhe 4

„Im Gegensatz zur Genealogie werden in der Informatik die Eltern-Knoten als Kinder-Knoten und die Kinder-Knoten als Eltern-Knoten bezeichnet."
-- https://de.wikipedia.org/wiki/Kekule-Nummer

Kekule-Nummern bei Ahnentafeln



Aufbau der Ahnentafel

Ur-Ur-Ur-Großeltern: 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63

Ur-Ur-Großeltern: 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

Ur-Großeltern: 8 9 10 11 12 13 14 15

Großeltern: 4 5 6 7

Eltern: 2 (Vater) 3 (Mutter)

1

Bei der Aufstellung der Ahnentafel gehen wir stets von derjenigen Person aus, deren arische Abstammung nachzuprüfen und zu beweisen ist. Sie trägt stets die Kennziffer **1**. Die Eltern haben die Kennziffern **2** (Vater) und **3** (Mutter), die Großeltern **4** und **5** (Vater und Mutter des Vaters), **6** und **7** (Vater und Mutter der Mutter). Die Ahnentafel zeigt also den oben dargestellten Aufbau.

Mit Ausnahme des oder der Nachzuprüfenden selbst (1) bezeichnen gerade Kennziffern stets Männer (2, 4, 6, 8, 10) und ungerade (3, 5, 7, 9, 11 usw.) stets Frauen. Der Vater jeder auf der Ahnentafel verzeichneten Person trägt die verdoppelte Ziffer; so ist **2** der Vater von **1**, **14** der von **7**. Die Ehefrau trägt stets die jeweils folgende ungerade Ziffer; z. B. die Großmutter väterlicherseits die Ziffer **5**, da der Großvater väterlicherseits durch die Ziffer **4** bezeichnet wird. Auf diese Weise ist ein System geschaffen, das Irrtümer ausschließt und einen guten Überblick gewährt.

Das Kekule-Nummernsystem wurde einer breiten Bevölkerung im nationalsozialistischen Deutschland (1933 - 1945) bekannt, als mehrere Berufsgruppen (Beamte, Ärzte, Rechtsanwälte etc.) den Nachweis „deutschblütiger“ Abstammung erbringen mussten. Dies geschah mit einer Ahnentafel, deren Einträge durch Personenstandsurkunden zu belegen waren.

„…Die Eltern haben die Kennziffern 2 (Vater) und 3 (Mutter), die Großeltern 4 und 5 (Vater und Mutter des Vaters), 6 und 7 (Vater und Mutter der Mutter). Die Ahnentafel zeigt also den oben dargestellten Aufbau.

Mit Ausnahme des oder der Nachzuprüfenden selbst (1) bezeichnen gerade Kennziffern stets Männer (2, 4, 6, 8, 10) und ungerade (3, 5, 7, 9, 11 usw.) stets Frauen. Der Vater jeder auf der Ahnentafel verzeichneten Person trägt die verdoppelte Ziffer; so ist 2 der Vater von 1, 14 der von 7. Die Ehefrau trägt stets die jeweils folgende ungerade Ziffer; z.B. die Großmutter väterlicherseits die Ziffer 5, da der Großvater väterlicherseits durch die Ziffer 4 bezeichnet wird. Auf diese Weise ist ein System geschaffen, das Irrtümer ausschließt und einen guten Überblick gewährt.“

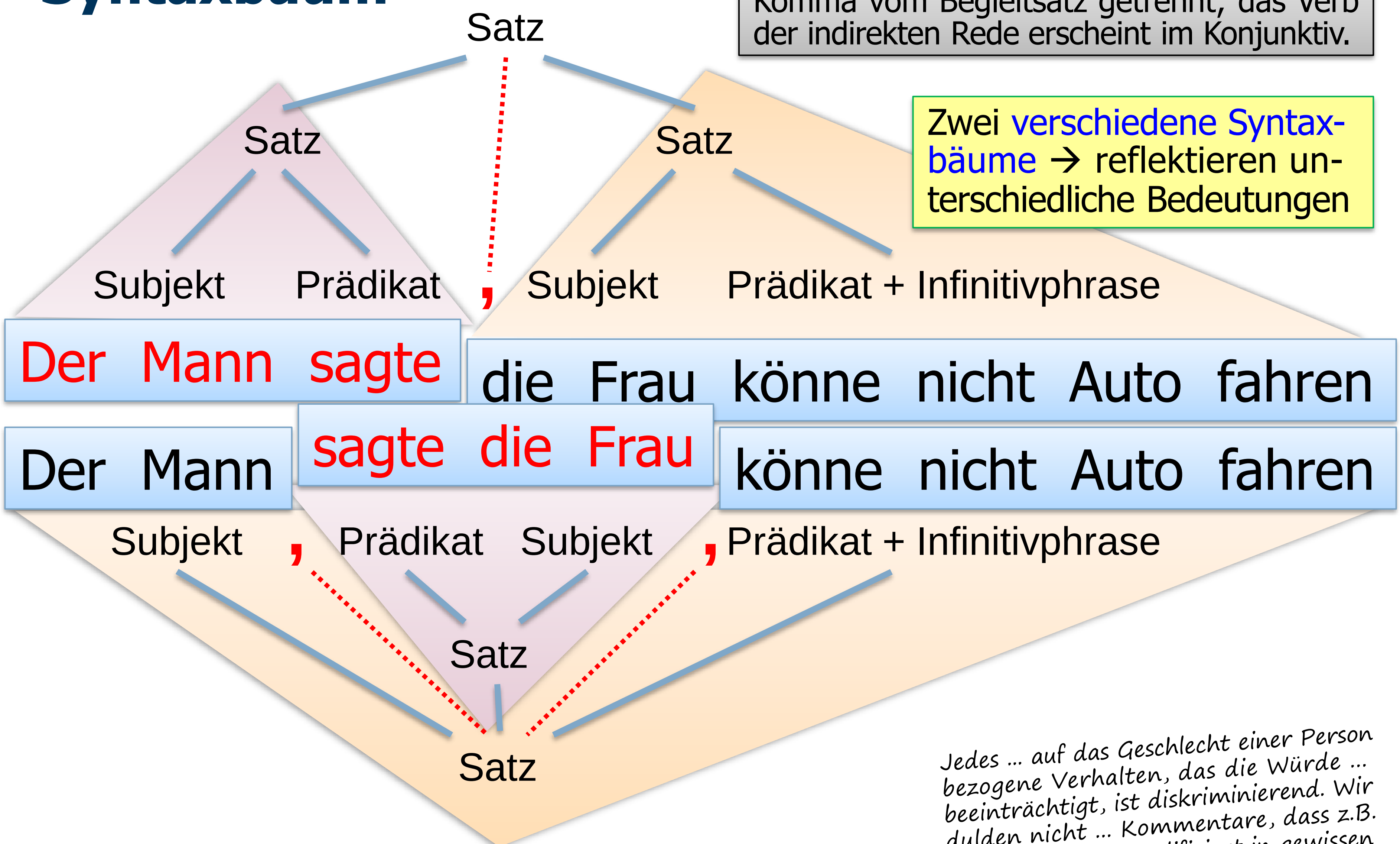
Der
Affe
sagte
die
Ziege
könne
nicht
Auto
fahren

“Care must be taken to avoid seeming to rely on objectionable stereotypes.” [Ernest Davis (NYU): „Winograd Schemas and Machine Translation“]

Syntaxbaum

Die indirekte Rede wird immer durch ein Komma vom Begleitsatz getrennt; das Verb der indirekten Rede erscheint im Konjunktiv.

Zwei verschiedene Syntaxbäume → reflektieren unterschiedliche Bedeutungen



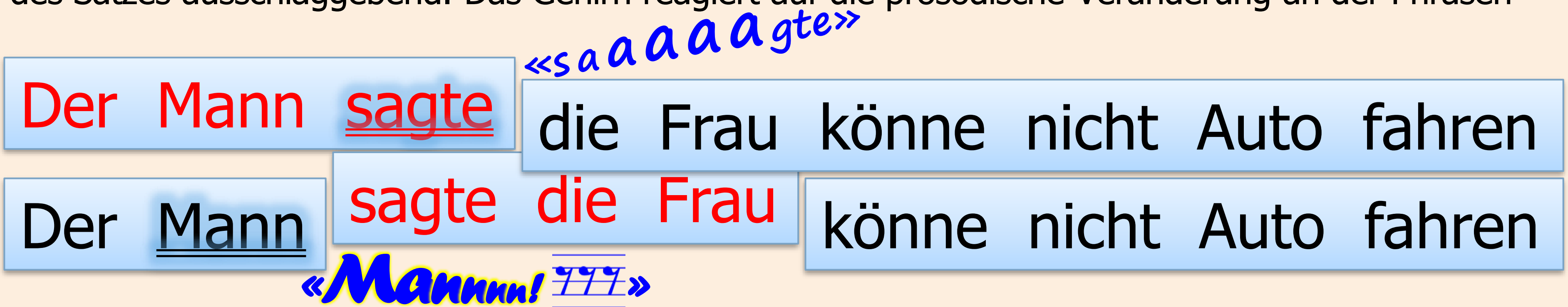
Die genderneutrale Substitution von „Mann“ / „Frau“ durch „Person“ oder „Mensch“ löst das Problem der syntaktischen Mehrdeutigkeit leider nicht.

Jedes … auf das Geschlecht einer Person bezogene Verhalten, das die Würde … beeinträchtigt, ist diskriminierend. Wir dulden nicht … Kommentare, dass z.B. Frauen weniger qualifiziert in gewissen Bereichen seien. [Code of Conduct, D-ITET]

Wenn das Gehirn Sprache verarbeitet, spielen dem kognitiven Modell der Sprachverarbeitung zufolge zwei Dinge eine Rolle: die Grammatik und die Prosodie, die Sprachmelodie. Für das Verständnis eines Satzes ist es nicht nur wichtig, dass er grammatikalisch korrekt formuliert ist, auch die Betonung bestimmt die Bedeutung.

Aus dem Zusammenspiel von grammatischer und prosodischer Information erkennt das Gehirn, welchen Sinn ein Satz ergibt. Bestimmte Areale in der linken Hirnhälfte verarbeiten dabei die Grammatik und Wörter, einzelne Bereiche in der rechten Hirnhälfte erkennen die Sprachmelodie. Zum korrekten Sprachverständnis müssen sich die Hirnhälften also austauschen.

Die Prosodie gibt in den beiden Sätzen jeweils an, wer etwas sagt, und ist somit für das Verstehen des Satzes ausschlaggebend. Das Gehirn reagiert auf die prosodische Veränderung an der Phrasen-



grenze (im Schriftsprachlichen markiert durch das Komma) mit einer spezifischen Hirnreaktion im ereigniskorrelierten Hirnpotenzial, das mittels der Elektroenzephalographie (EEG) erstmals gemessen werden konnte. Für den normal gesprochenen Satz, der neben der Satzmelodie auch syntaktische und semantische Information enthält, sind beim Verstehen die linke und die rechte Hemisphäre involviert. Die Verarbeitung der Satzmelodie alleine wird vornehmlich von der rechten Hemisphäre geleistet. Normales Sprachverstehen setzt eine zeitliche Feinabstimmung der Hirnaktivitäten in verschiedenen Arealen der linken und rechten Hemisphäre voraus. Ist eine der Hirnregionen durch eine Erkrankung geschädigt oder führt eine Hirnerkrankung zu einer zeitlichen Verzögerung einzelner Prozesse, so kann normales Sprachverstehen oder auch das Produzieren kohärenter Äußerungen nicht mehr stattfinden.

Text dieser Slide zitiert aus www.mpg.de/541750/pressemitteilung20070116 sowie Tobias Bonhoeffer, Peter Gruss: Zukunft Gehirn, C.H.Beck, 2011

On peut rire de tout, mais pas avec tout le monde.
– Pierre Desproges

Das Geheimnis der menschlichen Sprache ist die Grammatik, die es möglich macht, mit einer begrenzten Zahl von Worten eine unbegrenzte Zahl von Sachverhalten auszudrücken. Bereits im 19. Jahrhundert entdeckte man an Gehirnen von Patienten, die zu Lebzeiten unter Sprachstörungen litten, zwei Areale, die bei der Sprachverarbeitung eine zentrale Rolle spielen. Beide lagen in der linken Hirnhälfte, das Broca-Areal und das Wernicke-Areal.

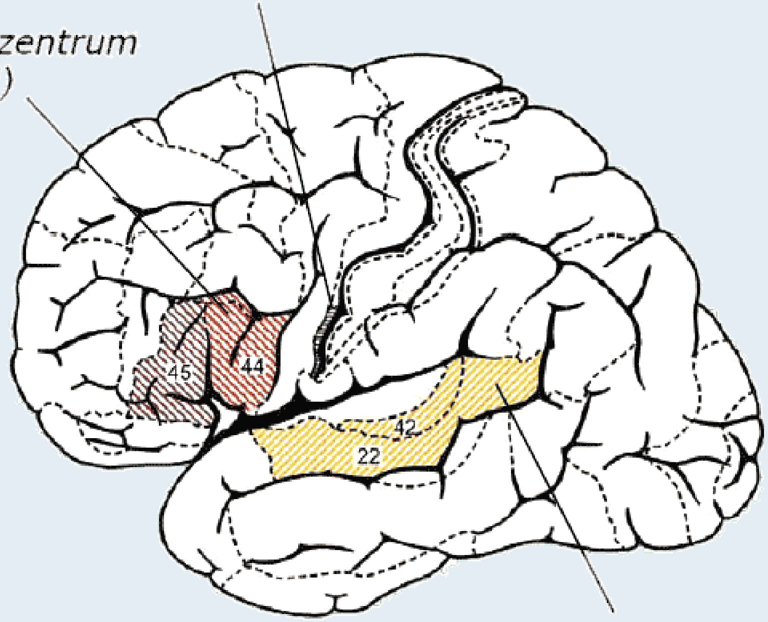
Am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften versucht man den Geheimnissen der Sprachverarbeitung auf die Spur zu kommen. Das geht eigentlich erst seit rund 20 Jahren mit bildgebenden Verfahren. So war es möglich, das Gehirn bei der Arbeit zu beobachten. Die ursprüngliche Annahme, dass Sprache nur in der linken Hirnhälfte verarbeitet wird, konnte widerlegt werden. Sonja A. Kotz, MPI Kognitions- u. Neurowissenschaften: „Bei der Sprachverarbeitung kommunizieren sowohl die linke als auch die rechte Gehirnhälfte dergestalt, dass die Klangfarbe der Sprache durch rechts gefördert wird, während die eher analytischen Aspekte der Sprache links verarbeitet werden. Die Kommunikation dieser Gehirnhälften kommt primär über die Kommissur zustande, die die beiden Gehirnhälften verbindet."

Sprache ist eine Hochleistung, an der das gesamte Gehirn mit parallelen Netzwerken arbeitet. Wird ein gesprochener Satz gehört, zum Beispiel: 'Der Mann sagt, die Frau kann nicht Auto fahren', wird die Akustik im primären auditorischen Kortex erfasst. Innerhalb von weniger als 200 Millisekunden werden dann Aspekte der Sprachmelodie in der rechten Hirnhemisphäre verarbeitet, denn es könnte ja auch das Gegenteil gemeint sein: 'Der Mann, sagt die Frau, kann nicht Auto fahren'. Parallel dazu wird die Syntax, also die Grammatik des Satzes, in der linken Hirnhälfte im Broca-Areal analysiert.

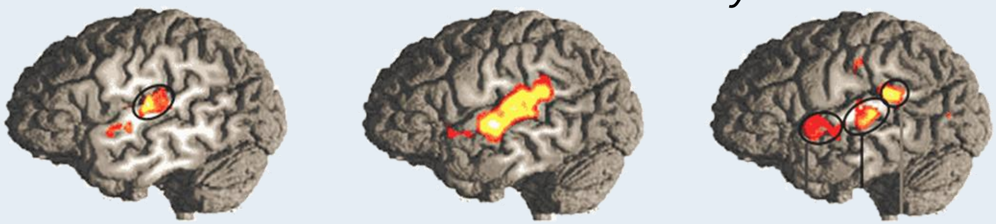
Dann aber wird es wesentlich komplizierter. Der Sinn der Worte muss erfasst werden. Die Semantik der Worte setzt sich aus vielen Bedeutungsebenen, Erinnerungen und Emotionen zusammen. [...] Bislang konnten nur wenige Details der Sprachverarbeitung entdeckt werden. So reagiert das Broca-Areal mit einer gesteigerten Aktivität, wenn ein grammatikalischer Fehler auftaucht. Die Reaktion geschieht so schnell, dass es scheint als würde das Gehirn eine Erwartungshaltung haben. Das geschieht im Übrigen auch, wenn die Testpersonen aufgefordert wird, nicht auf die Grammatik zu achten.

Text dieser Slide zitiert aus www.wissen.de/video/das-geheimnis-der-sprache

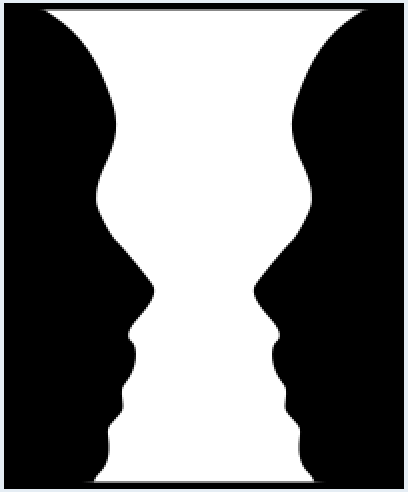
Sprachrelevante Hirnareale beim Menschen



korrekt *semantisch* inkorrekt *syntaktisch* inkorrekt



Quelle: Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig



Das Gehirn versucht, die Sinneseindrücke sinnvoll zu verarbeiten und wird dadurch von Erwartungen aus dem bisher Erfahrenen und Gelernten gesteuert – unbewusste „Vor“urteile spielen dabei eine wesentliche Rolle. Ob wir Mehrdeutigkeiten überhaupt erkennen bzw. wie schnell, verrät in dieser Hinsicht etwas über unsere innere Disposition.

Syntaxbaum

Ein Syntaxbaum stellt klar, wie die diversen Teile zusammengehören

Zwei verschiedene Syntaxbäume → reflektieren unterschiedliche Bedeutungen

Wirklich „Subjekt"? Zielen Sprecher bzw. Sprecherin als handelnde Subjekte damit nicht eher auf ein Objekt?

Satz

Subjekt

Prädikat + Infinitivphrase

die Frau könne nicht Auto fahren

Der Mann könne nicht Auto fahren

Subjekt

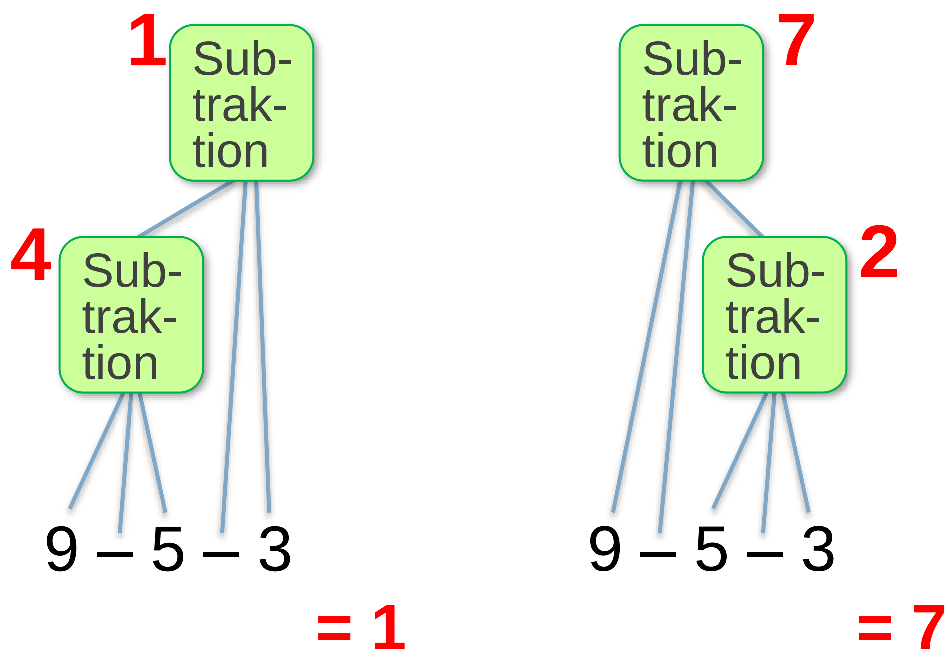
Prädikat + Infinitivphrase

Satz

„Viele Witze und witzige Äusserungen basieren auf mehrdeutigen Ausdrücken […]. Der Lacher entsteht beim Erkennen der Mehrdeutigkeit." -- https://de.wikipedia.org/wiki/Mehrdeutigkeit

Mehrdeutigkeiten

Ein Syntaxbaum stellt klar, wie die diversen Teile zusammengehören



- Zwei verschiedene Syntaxbäume → Mehrdeutigkeit
  - Schon klar, aber <u>was</u> ist denn nun bei 9−5−3 gemeint?

Die Unsicherheit („was") einerseits und das autoritäre Gehabe („es soll") andererseits führen zur Einsicht, Notationen wie a−b−c gar nicht erst zu verwenden!

- Mehrdeutigkeit beseitigen

→ Konvention (z.B. Linksassoziativität: „Es <u>soll</u> die linke Variante gelten")

→ Klammern als Interpretationsvorschrift: (9−5)−3 bzw. 9−(5−3)

Eigentlich dann sogar vollständig geklammert: ((9−5)−3) bzw. (9−(5−3))

„Bei Minus vor der Klammer werden alle Plusse zu Minusen und alle Minuse zu Plussen" [Alte Schüler-Eselsbrücke]

Mehrdeutigkeiten

Er versprach, mir jedes Jahr ein neues Auto zu kaufen.
Er versprach mir, jedes Jahr ein neues Auto zu kaufen.
Er versprach mir jedes Jahr, ein neues Auto zu kaufen.

Eva Kröcher, de.wikipedia.org/wiki/Datei:Stilbluete_Mehrdeutigkeit.jpg

Sie fürchten, nicht geliebt zu werden.
Sie fürchten nicht, geliebt zu werden.

Hochzeit abgesagt: Er wollte [,] sie nicht.
Männer sind einfach [,] anders als Frauen.

Der brave ~~Mensch~~ Mann denkt an sich selbst zuletzt.
Der brave ~~Mensch~~ denkt an sich, selbst zuletzt.

Schiller, Wilhelm Tell; 1. Akt, 1. Szene

Der König begnadigt nicht, hinrichten!
Der König begnadigt, nicht hinrichten!

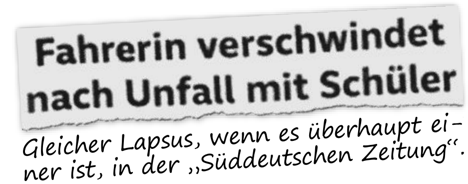
Wir bitten unsere Gäste, nicht zu rauchen.
Wir bitten, unsere Gäste nicht zu rauchen.

→ Satzzeichen (z.B. Kommas) als Interpretationsvorschrift

Mehrdeutigkeiten

„B47 bei Bürstadt: Fahrer flüchtet nach Unfall mit zwei Verletzten"

So war es bei www.hessenschau.de zu lesen. Natürlich ist „flüchtet mit zwei Verletzten" witzig – wir wissen ja, dass „Unfall mit zwei Verletzten" gemeint ist. Aber was ist damit?:


Fahrerin verschwindet nach Unfall mit Schüler

Gleicher Lapsus, wenn es überhaupt einer ist, in der „Süddeutschen Zeitung".

„Der Hotelgast badete vor dem Sonnenuntergang im Meer"

Er oder sie hat im Meer gebadet, oder? (Und die Sonne ging auch im Meer unter, oder?) Aber es könnte ja auch heissen:

„Der Hotelgast badete, vor dem Sonnenuntergang im Meer, in der luxuriösen Badewanne seines Hotelzimmers"

Die Kommas sind hier doch „freiwillig", oder? Und darf der Mensch von der chemischen Reinigung das so sagen (und schreiben)?:

„Wir reinigen auch Braut und Abendkleider"

Der Schriftsteller Ernst Jünger schrieb in seinem Essay *Khartum (subtile Jagden)*: „Baker, von seiner Frau, einer schönen Sächsin, und zahlreicher Dienerschaft begleitet, rühmt die Freiheit und Bequemlichkeit, die er während der Reise zum Blauen Nil genoss." Der Setzer oder der Korrektor strich aber das Komma nach „Sächsin". Jünger dazu: „Reiste wohl polygam? Oder nur ein Komma gespart?"

Der Mensch denkt: Gott lenkt
(Bertolt Brecht: Mutter Courage)

Mehrdeutigkeiten

NŒRDMAN Webcomic https://noerdman.de/

Syntaxbaum eines Programms

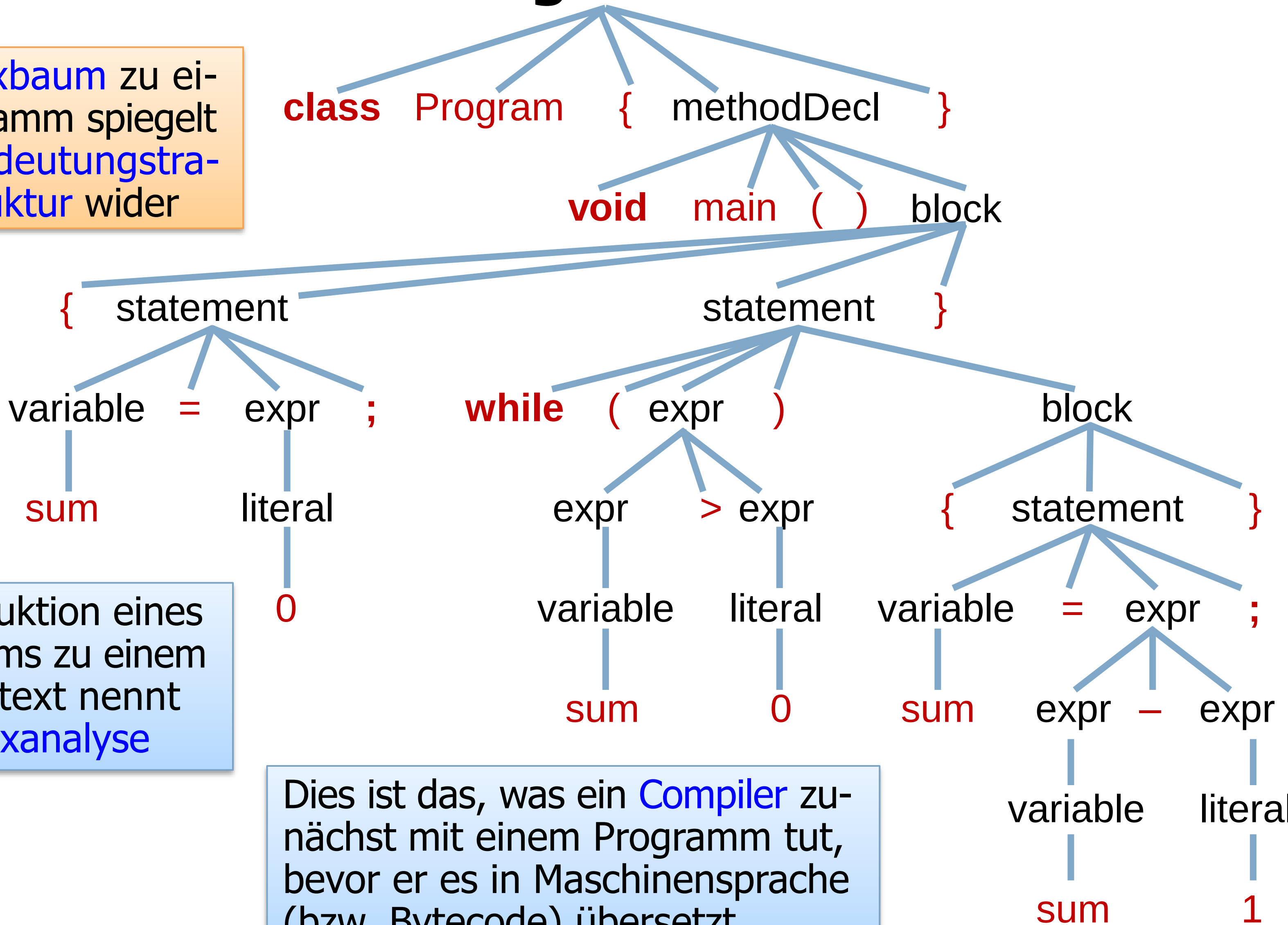
Wir zerpflücken das Programm

class Program {**void** main ( )}

{ sum = 0 ; **while** (sum> 0) {sum = sum – 1 ; } }

Syntaxbaum eines Programms

Der Syntaxbaum zu einem Programm spiegelt dessen bedeutungstragende Struktur wider



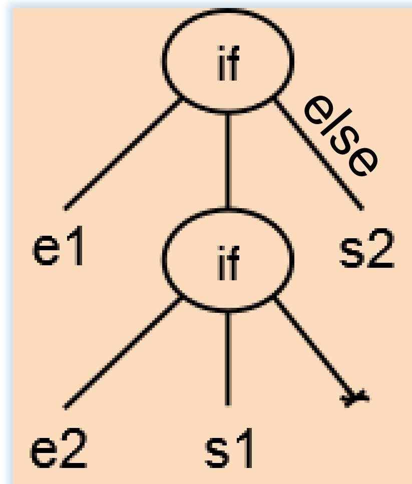
Die Konstruktion eines Syntaxbaums zu einem Programmtext nennt man Syntaxanalyse

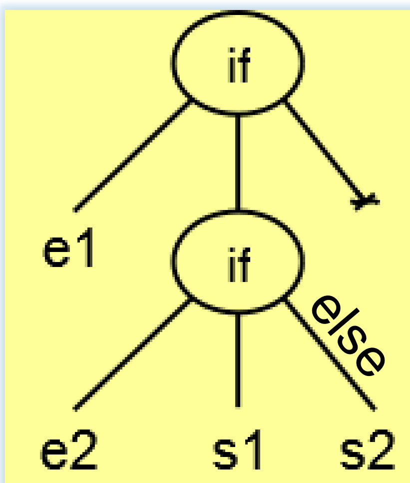
Dies ist das, was ein Compiler zunächst mit einem Programm tut, bevor er es in Maschinensprache (bzw. Bytecode) übersetzt

Die „Dangling-Else“-Mehrdeutigkeit

- Eine if-Anweisung kann optional einen else-Teil haben – zu folgendem Programmfragment gibt es daher zwei verschiedene Syntaxbäume:

```
if (age > 8)
if (age > 64) return("
       Seniorenrabatt")
else return("umsonst!");
…
```





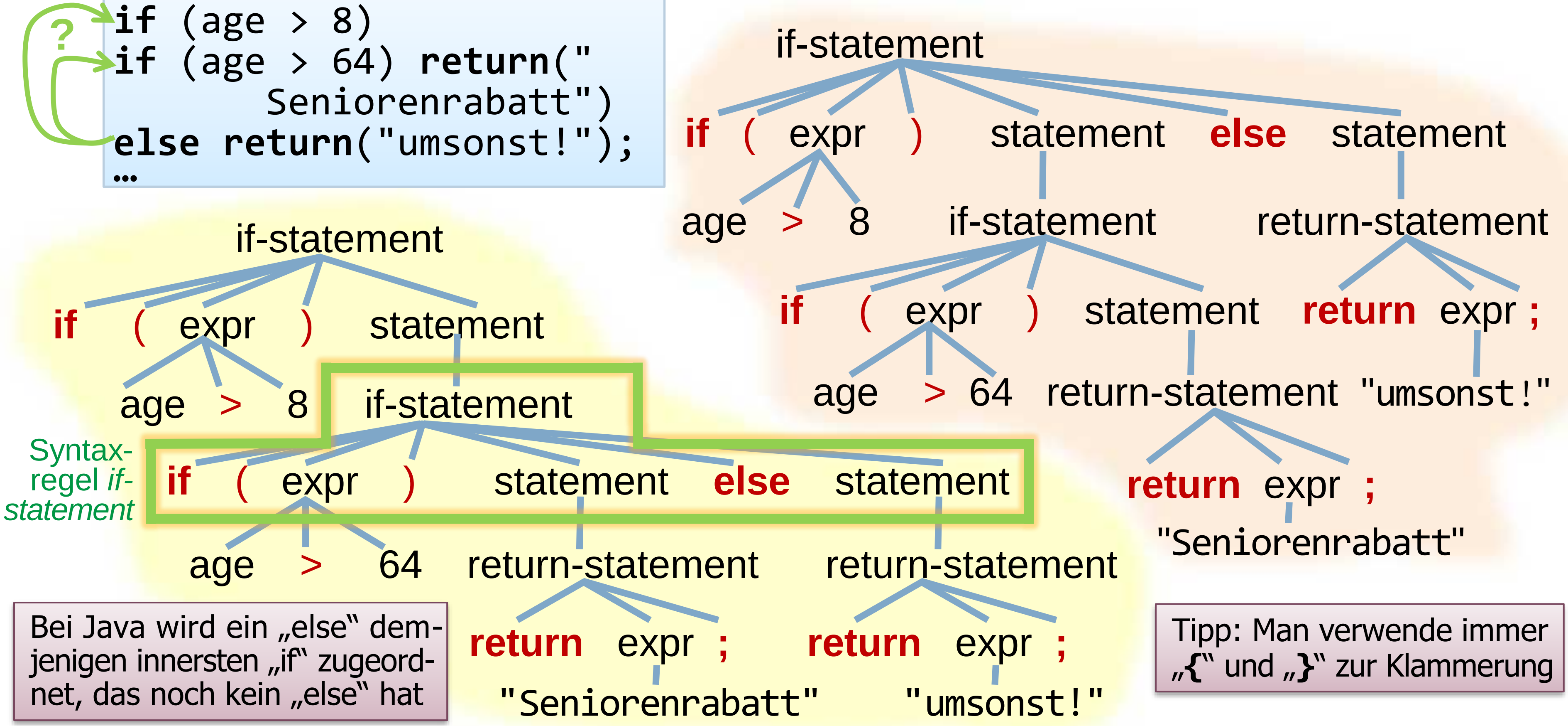
Tipp: Man verwende immer „{“ und „}“ zur Klammerung

Die „Dangling-Else“-Mehrdeutigkeit (2)

- Eine if-Anweisung kann optional einen else-Teil haben – zu folgendem Programmfragment gibt es daher zwei verschiedene Syntaxbäume:

?

```
if (age > 8)
if (age > 64) return("
        Seniorenrabatt")
else return("umsonst!");
…
```



Bei Java wird ein „else“ demjenigen innersten „if“ zugeordnet, das noch kein „else“ hat

Tipp: Man verwende immer „**{**“ und „**}**“ zur Klammerung

- Diese reflektieren eine unterschiedliche Semantik (Zugehörigkeit des „else“)!

Die „Dangling-Else"-Mehrdeutigkeit (3)

- Wir erinnern uns an die altägyptische Multiplikation; hier eine kleine Variante der früheren Java-Methode:

```
static int f(int a, int b){
   if (b > 1)
   if (b%2 == 0) return f(2*a, b/2);
   else return a + f(2*a, (b-1)/2);
}
```

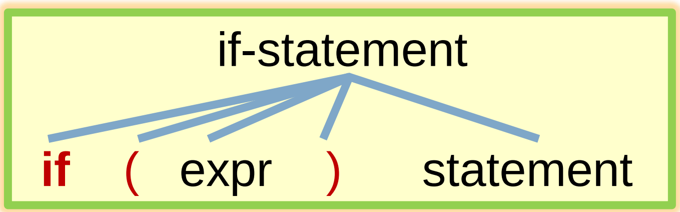
- Sie soll eins-zu eins nebenstehende mathematische Funktion implementieren
  - Wir hatten induktiv bewiesen, dass sie für alle a, b ∈ **N**$^+$ das Produkt von a und b berechnet

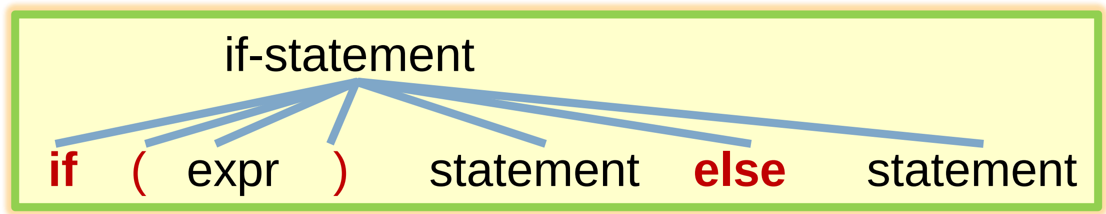
$$f(a,b) = \begin{cases} a & \text{, falls } b = 1 \\ f(2a, b/2) & \text{, falls } b \text{ gerade} \\ a + f\left(2a, \frac{b-1}{2}\right) & \text{, sonst} \end{cases}$$

- Ist eigentlich garantiert, dass das „else" zum „richtigen if" gehört?
- Welchen Wert liefert die Methode bei Aufruf mit Parameter b = 1 zurück?
- Sollte man am Ende noch ein `return a` einfügen?
- Und was wäre bei einem `else return a`?

Syntaxregeln

- Syntaxregeln geben an, aus welchen Bestandteilen ein bestimmtes Sprachkonstrukt aufgebaut ist, z.B.:

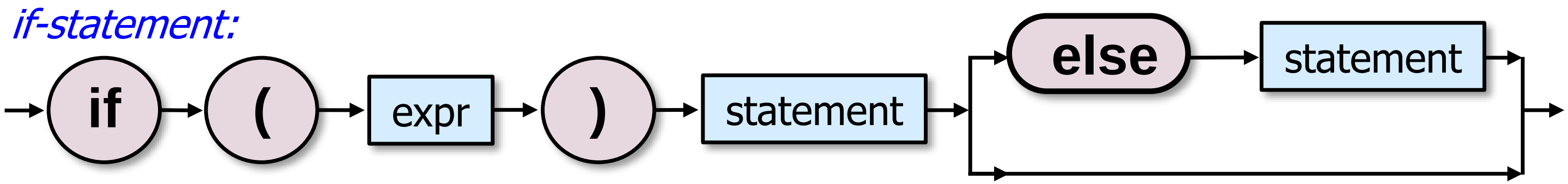




- Ein Syntaxbaum entsteht aus ineinander eingesetzten Regeln

- Regeln obiger Art lassen sich auf verschiedene Weise formulieren
  - Ein Formalismus dafür stellt bspw. EBNF dar, aus „Informatik I" bekannt
  - Etwas eingängiger lassen sich Syntaxregeln in Diagrammform notieren, z.B.:

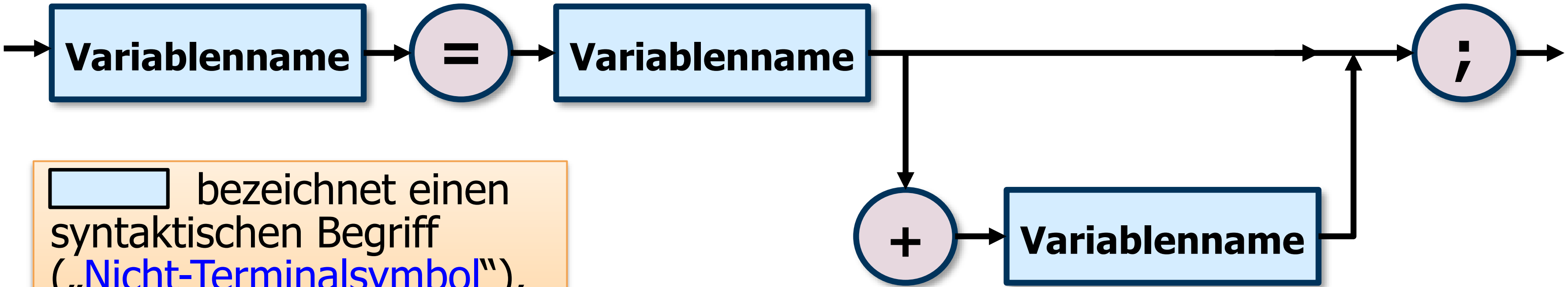
if-statement:



Syntaxdiagramme

Definieren die Syntax einer Sprache, also die Menge aller (korrekten) Syntaxbäume

- Zweck:
  - Nur syntaktisch korrekte Programme generieren bzw.
  - Überprüfen, ob ein Programm syntaktisch korrekt ist:
    → Versuchen, es mit einem Syntaxdiagramm zu generieren
- Ein einfaches Beispiel (Syntax einer Zuweisung):

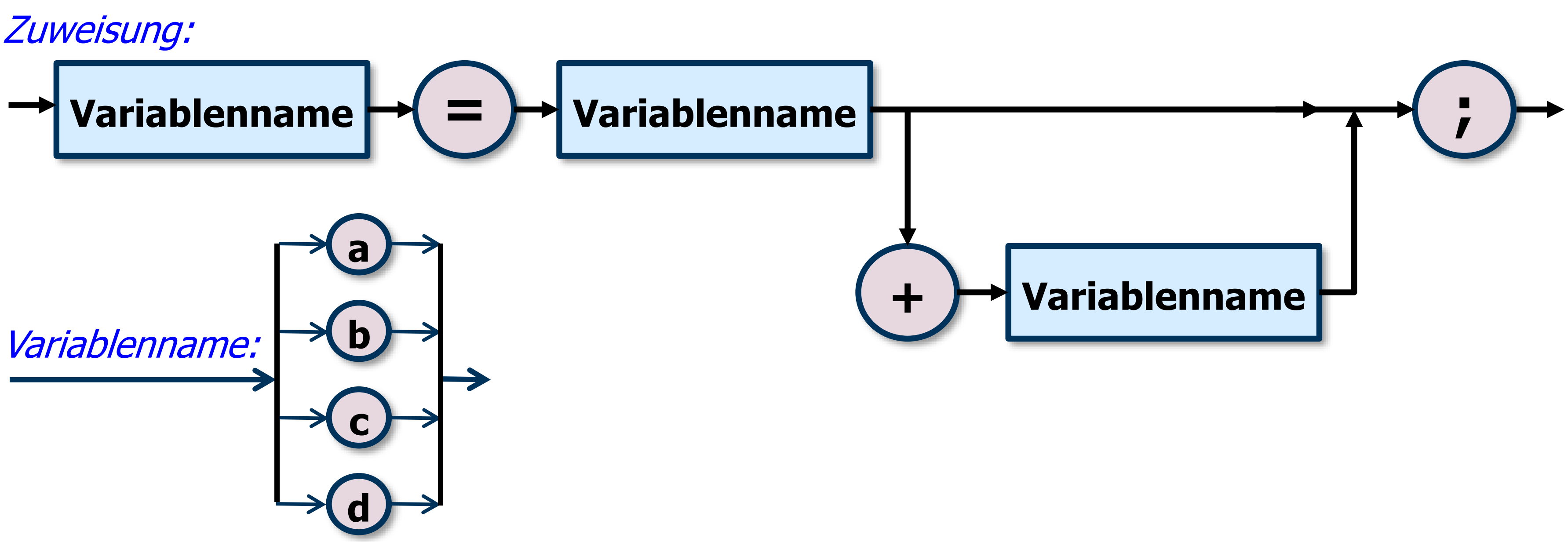


bezeichnet einen syntaktischen Begriff („Nicht-Terminalsymbol"), welcher seinerseits weiter expandiert werden muss

bezeichnet ein „Terminal-symbol", welches so „wörtlich" in einem Programm vorkommen kann

Durchlaufen von Syntaxdiagrammen

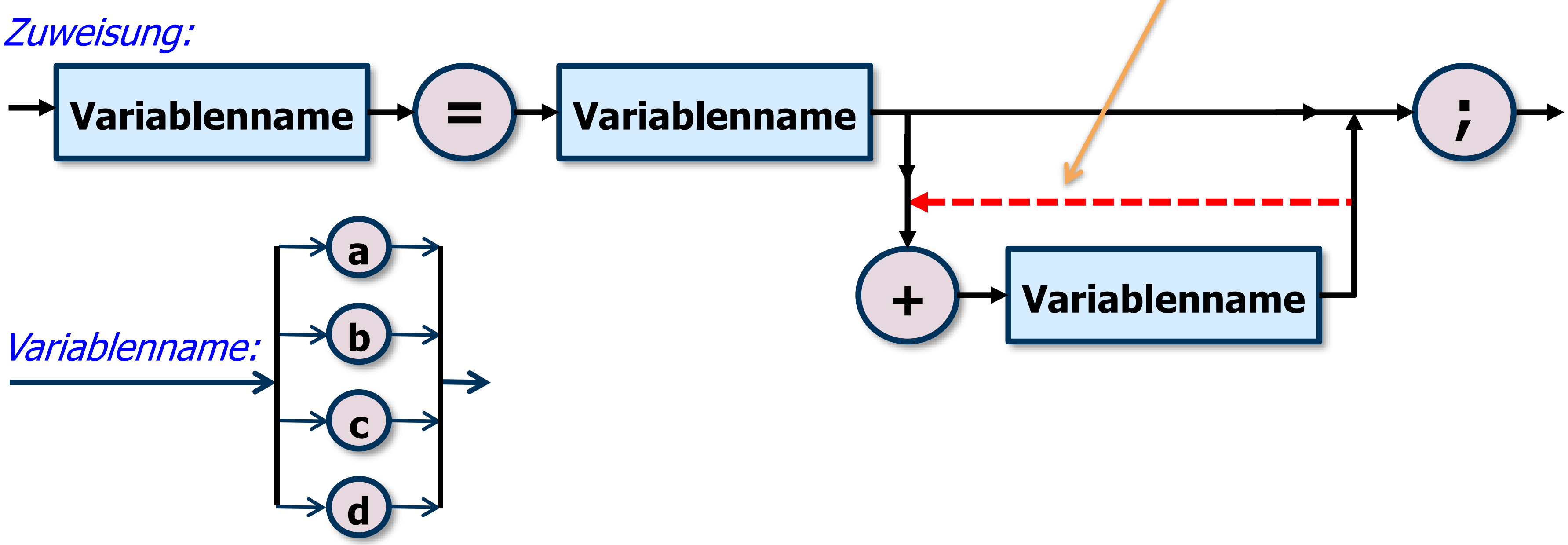
- In Pfeilrichtung durchlaufen
- Bei Verzweigungen „zweckmässige" Richtung wählen
- Durchlaufene Terminalsymbole  aufschreiben
- Wenn ein Nicht-Terminal  getroffen wird, in das zugehörige Teildiagramm „abtauchen" und nach dem „Auftauchen" weitermachen



Durchlaufen von Syntaxdiagrammen

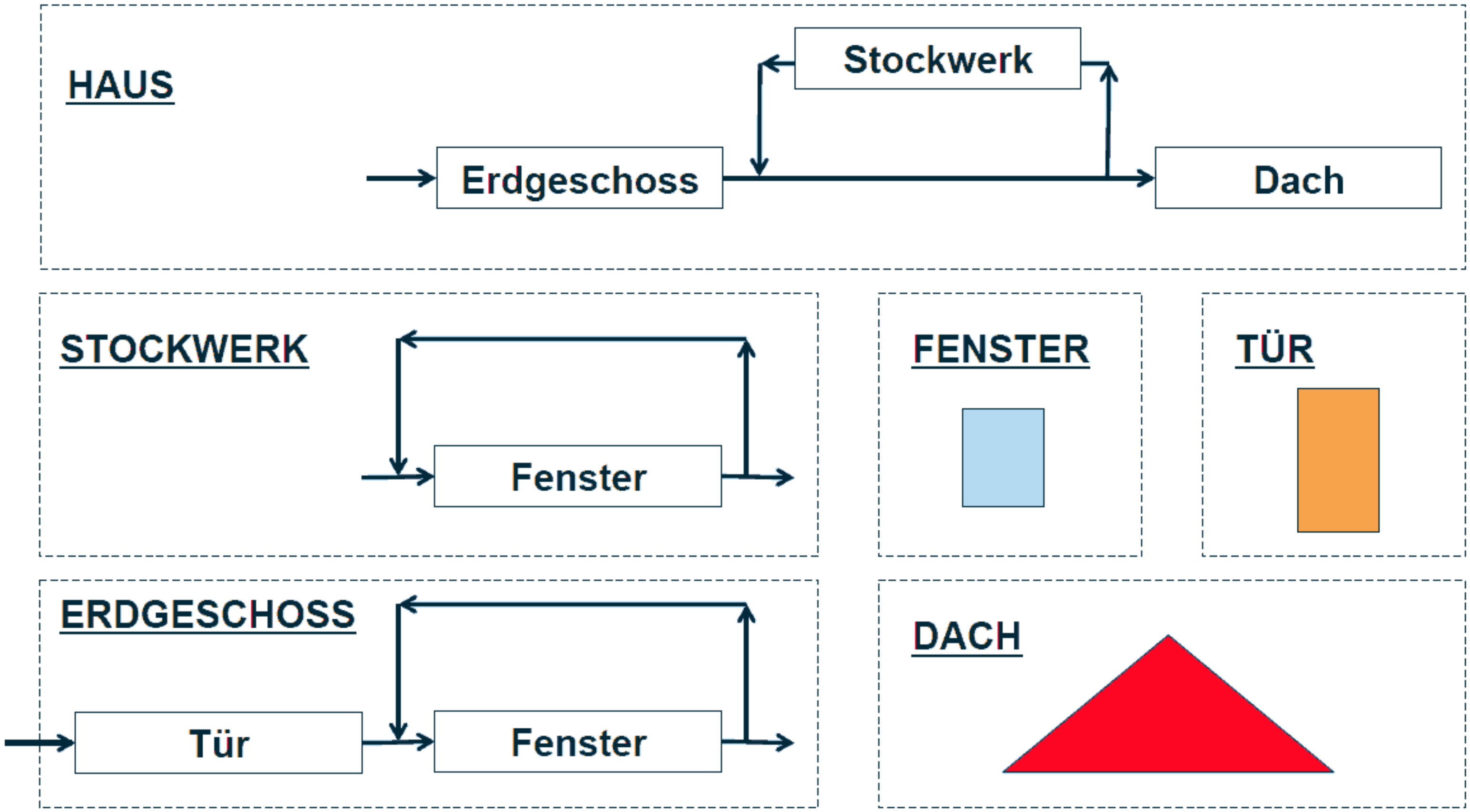
- Entsprechend diesem Syntaxdiagramm:
  - **Korrekt**
    - a=b;
    - a=b+c;
    - b=b+c;
    - a=a+a;
  - **Inkorrekt**
    - b=a+b+c;
    - a=b
    - a=b-c;
    - b=;

Was ändert sich, wenn diese Kante im Syntax-diagramm hinzukommt?



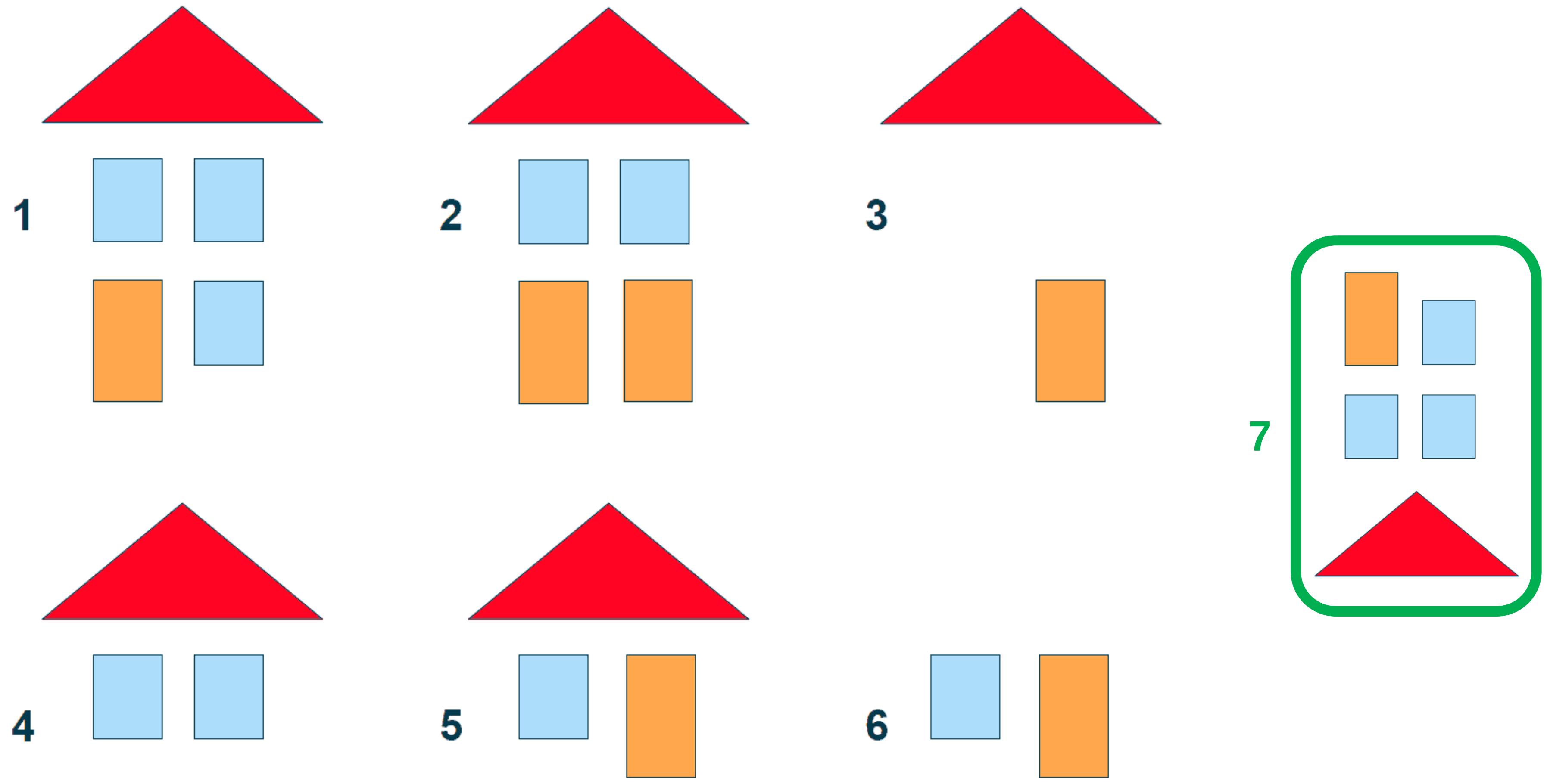
Zum selber üben: Hausbau

Architekturregeln für den Hausbau:



Zum selber üben: Hausbau (2)

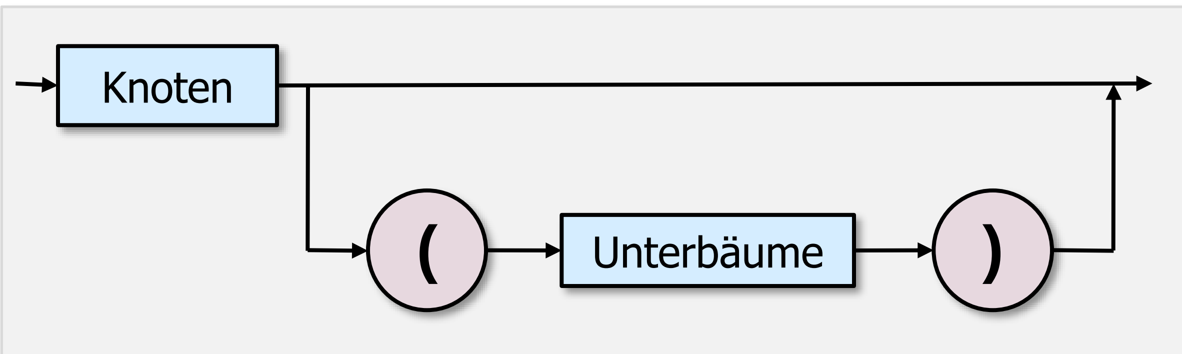
Was ist ein Haus entsprechend den Architekturregeln? Wieso?



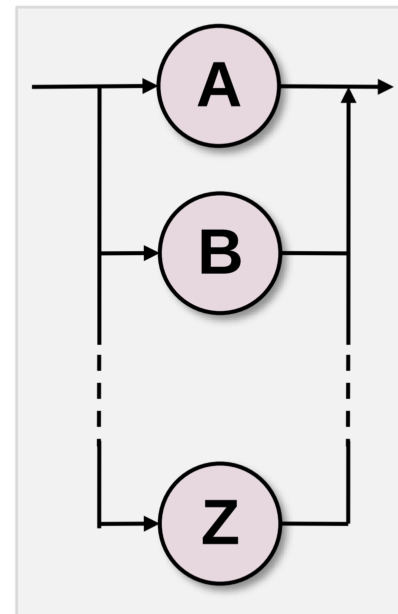
Ein Syntaxdiagramm-Beispiel: Klammerdarstellung eines Baums

Beispiel: A (B (D) , C (E , F))

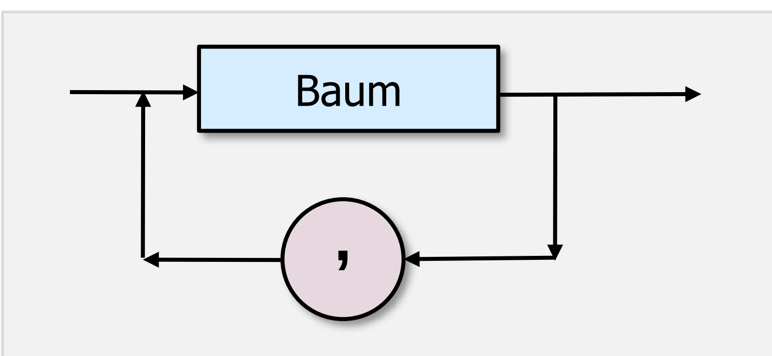
Baum:



Knoten:

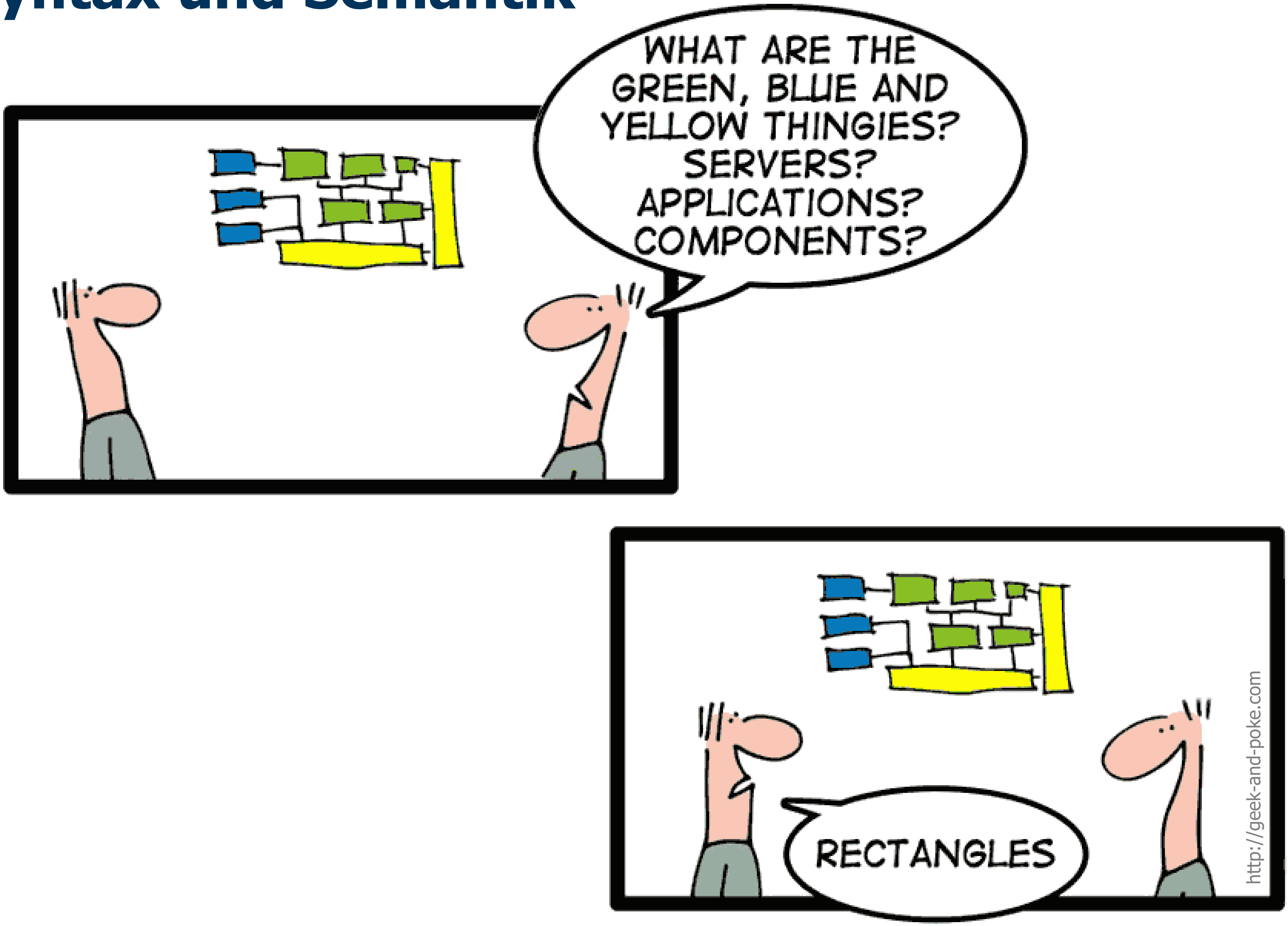


Unterbäume :

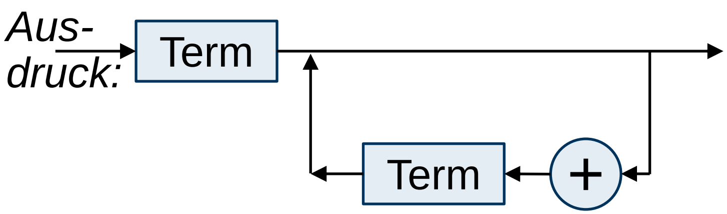


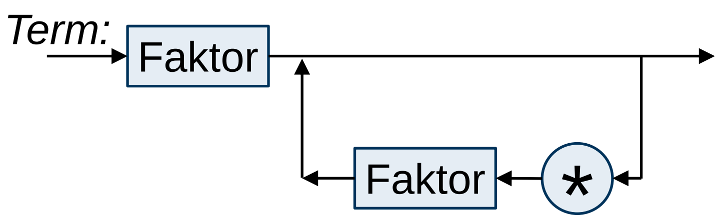
Wie könnte man <u>Binär</u>bäume durch ein Syntaxdiagramm darstellen?

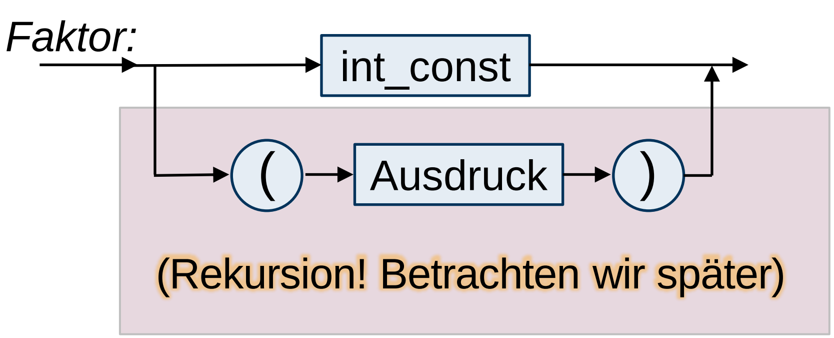
Syntax und Semantik

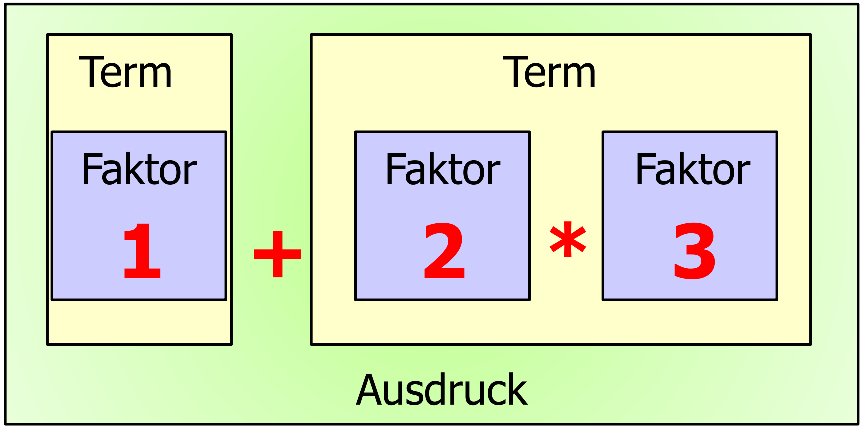


Syntax von arithmetischen Ausdrücken







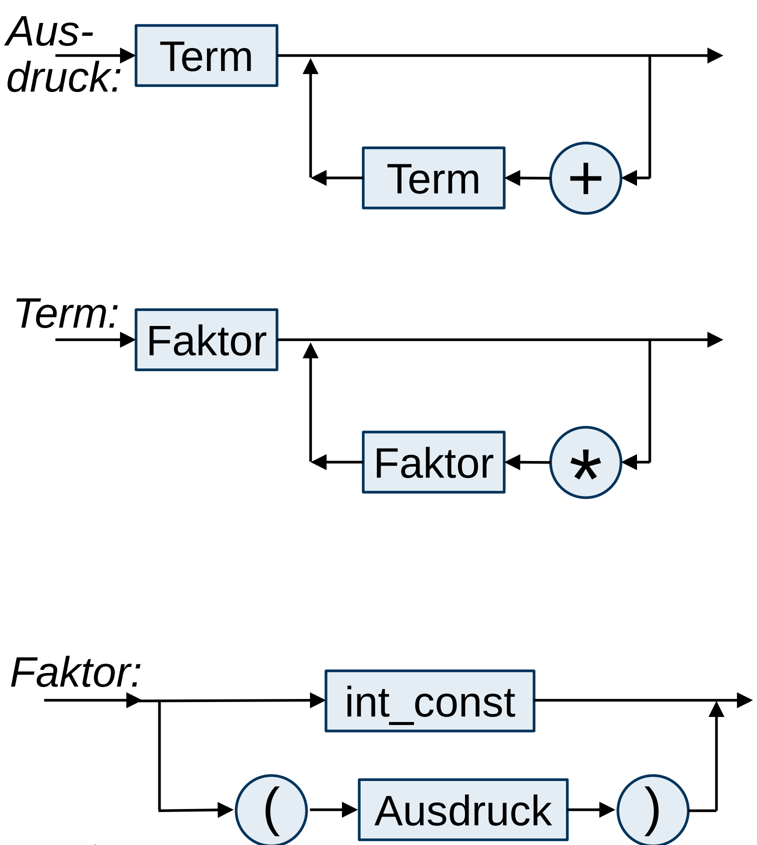


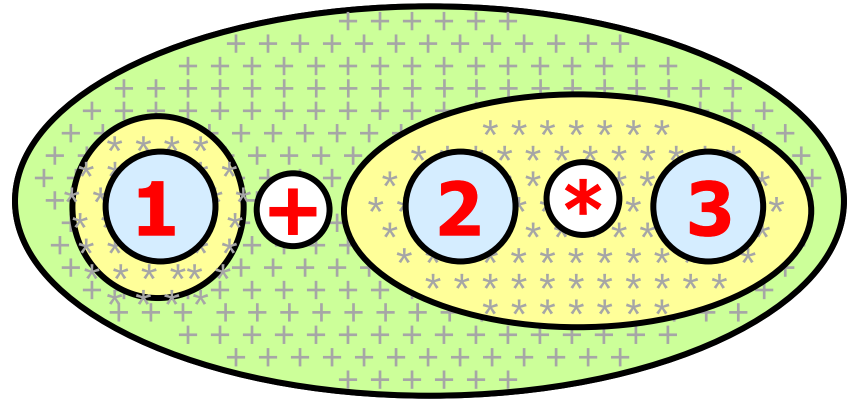
Das ist übrigens ein Baum (in Mengendiagrammdarstellung)

Vgl. dies mit der EBNF-Notation aus „Informatik I"!

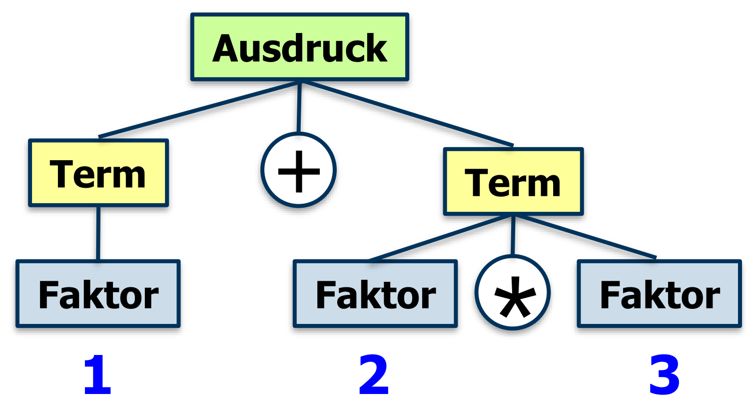
```
factor     = unsigned_number
           | "(" expression ")"
           | "-" factor .

term       = factor { "*" factor | "/" factor }.

expression = term { "+" term | "-" term }.
```

Syntax von arithmetischen Ausdrücken





Das ist übrigens ein Baum (in Mengendiagrammdarstellung)

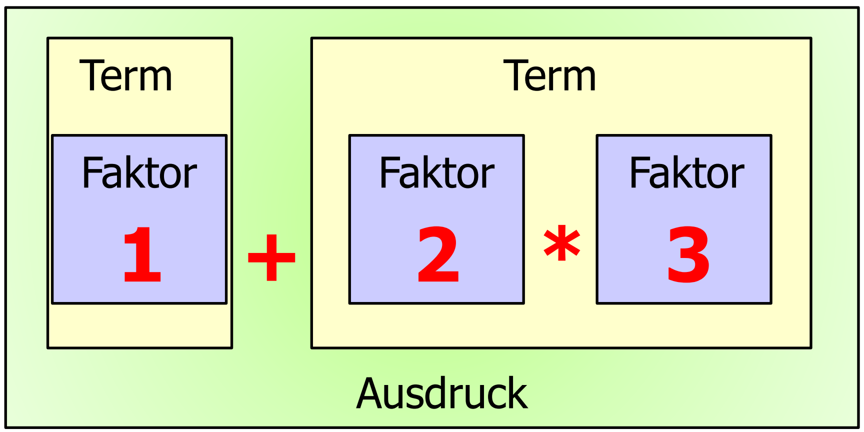


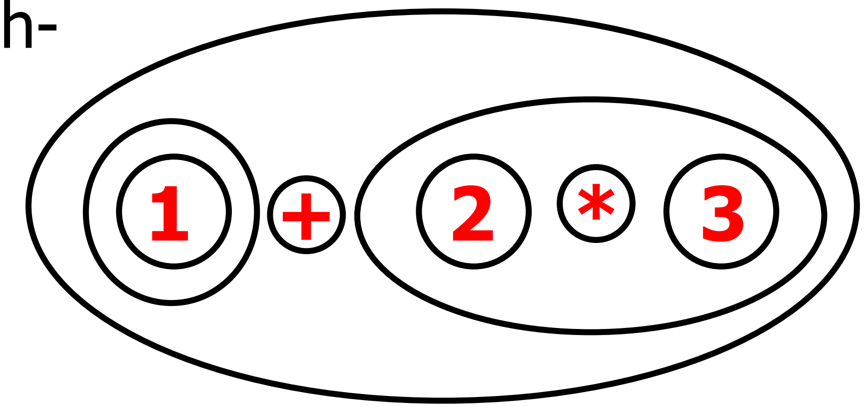
Das sind Produktionsmittel

Das ist eines von vielen möglichen Produkten

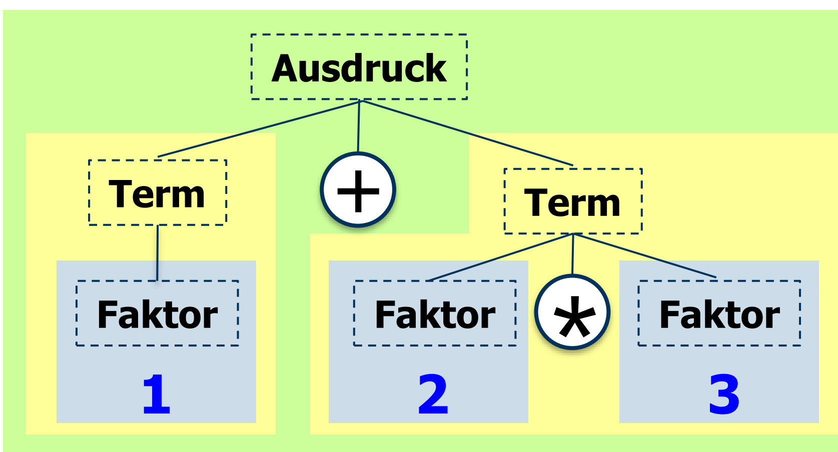
Syntax von arithmetischen Ausdrücken

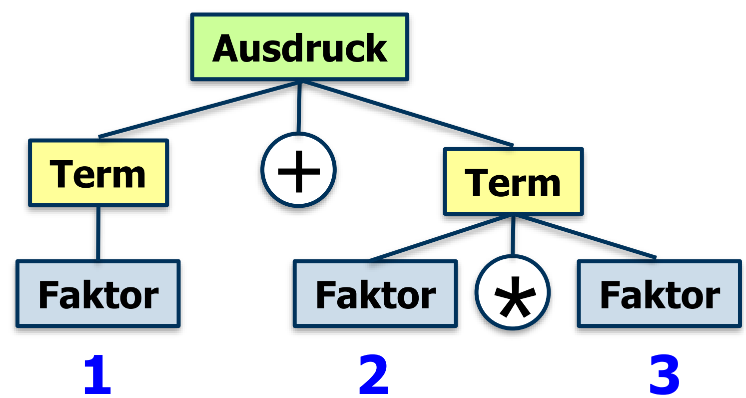
- Diverse Repräsentationen nochmals zur Veranschaulichung:



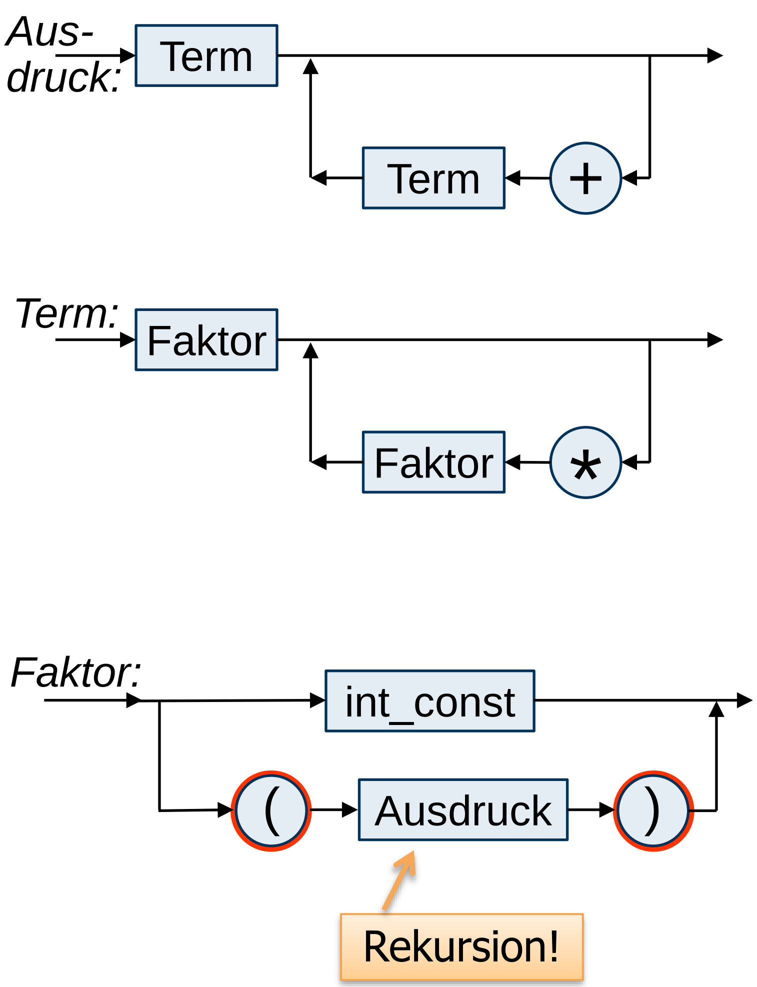


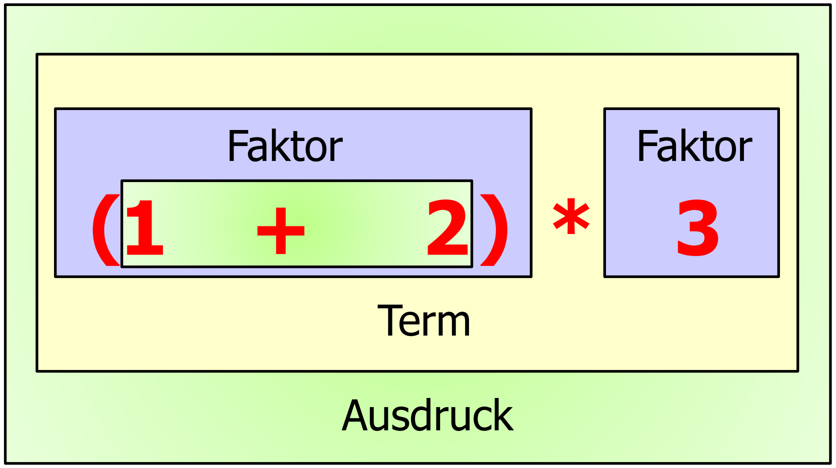
Denkübung: Diesen Baum in Klammerdarstellung angeben





Syntax von arithmetischen Ausdrücken



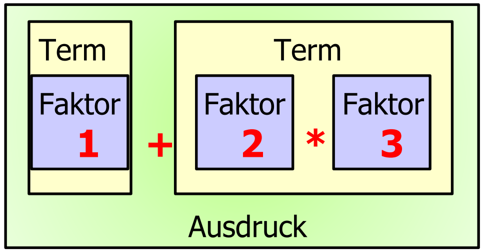


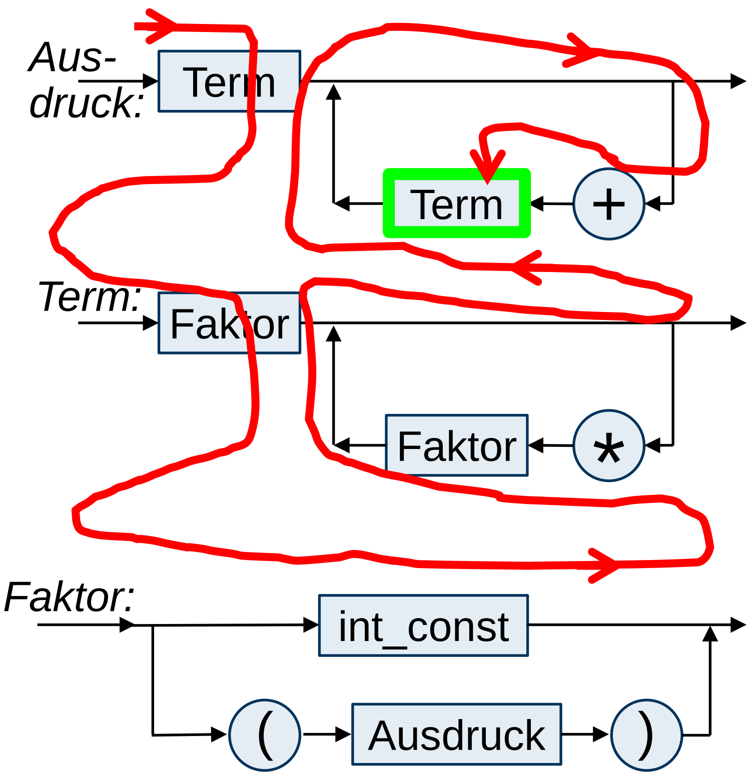
„Ausdruck" ist (indirekt) rekursiv, sodass beliebig komplexe (d.h. zusammengesetzte) Ausdrücke gebildet werden können; die Aufspaltung in Term und Faktor ermöglicht die Darstellung der Bindungspriorität

Vgl. die beiden nachfolgenden Beispiele: wie geht daraus die Priorität, also die (evtl. implizite) „Klammerung" der Teilausdrücke hervor?

Syntaxdiagramme und Syntaxbäume

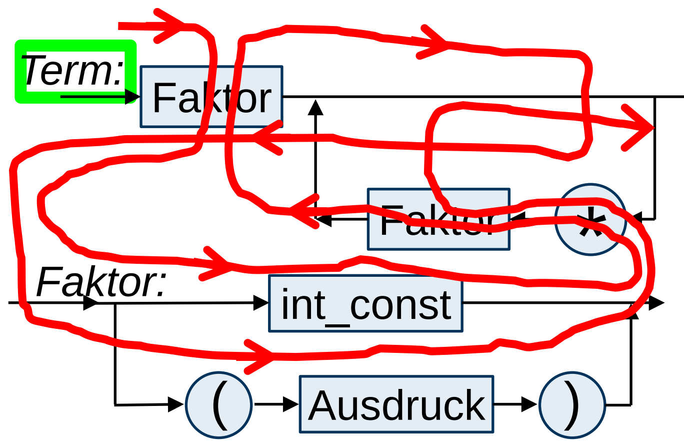
Durch eine Baumdarstellung (der Elemente eines Ausdrucks) kann der im Syntaxdiagramm durchlaufene Weg dargestellt werden:





1+2*3

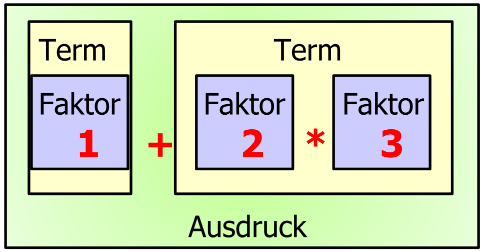
```
Ausdruck
  Term
    Faktor
      int_const: 1
  +
  Term
    Faktor
      int_const: 2
    *
    Faktor
      int_const: 3
```

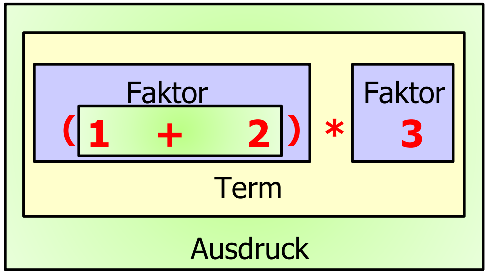


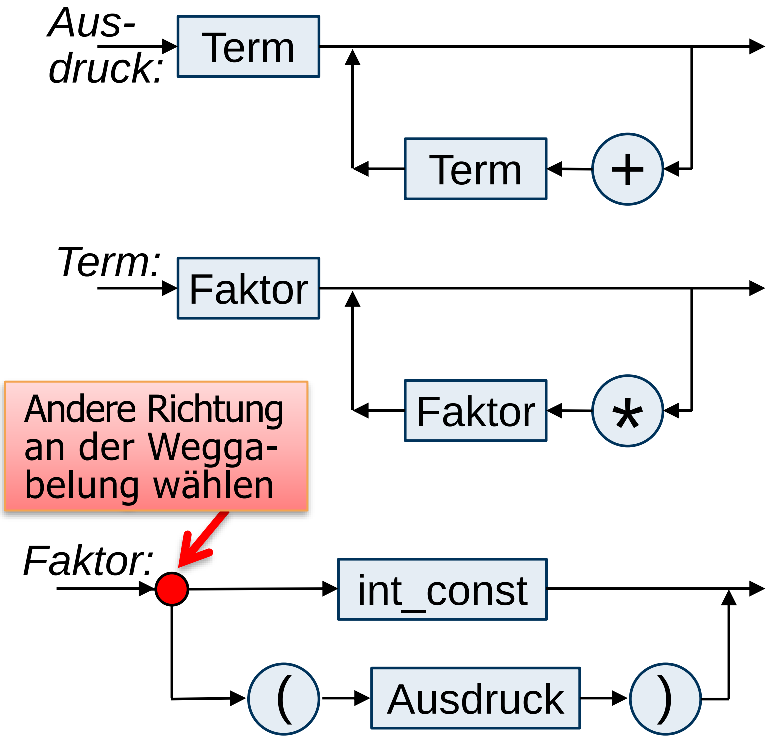
„Wegbeschreibung“
für die Reise durch
das Syntaxdiagramm

Syntaxbäume für 1+2*3 und (1+2)*3

Durch eine Baumdarstellung (der Elemente eines Ausdrucks) kann der im Syntaxdiagramm durchlaufene Weg dargestellt werden:








```
1+2*3

Ausdruck
  Term
    Faktor
      int_const: 1
  +
  Term
    Faktor
      int_const: 2
    *
    Faktor
      int_const: 3
```

```
(1+2)*3

Ausdruck
  Term
    Faktor
      (
      Ausdruck
        Term
          Faktor
            int_const: 1
        +
        Term
          Faktor
            int_const: 2
      )
    *
    Faktor
      int_const: 3
```

Syntaxanalyse

- Problem: Gegeben ein Textfragment, welches so aussieht, als wäre es ein Teil eines Java-Programms
  - Ist dieses wirklich syntaktisch korrekt, d.h. nach den Syntaxregeln (= Syntaxdiagramm) gebildet worden?

- „Lösung": Versuche, das Syntaxdiagramm mit „Spürsinn" so zu durchlaufen, dass das gegebene Textfragment erzeugt wird
  - Wenn dies gelingt → Textfragment syntaktisch korrekt
  - Wenn dies nicht gelingt:

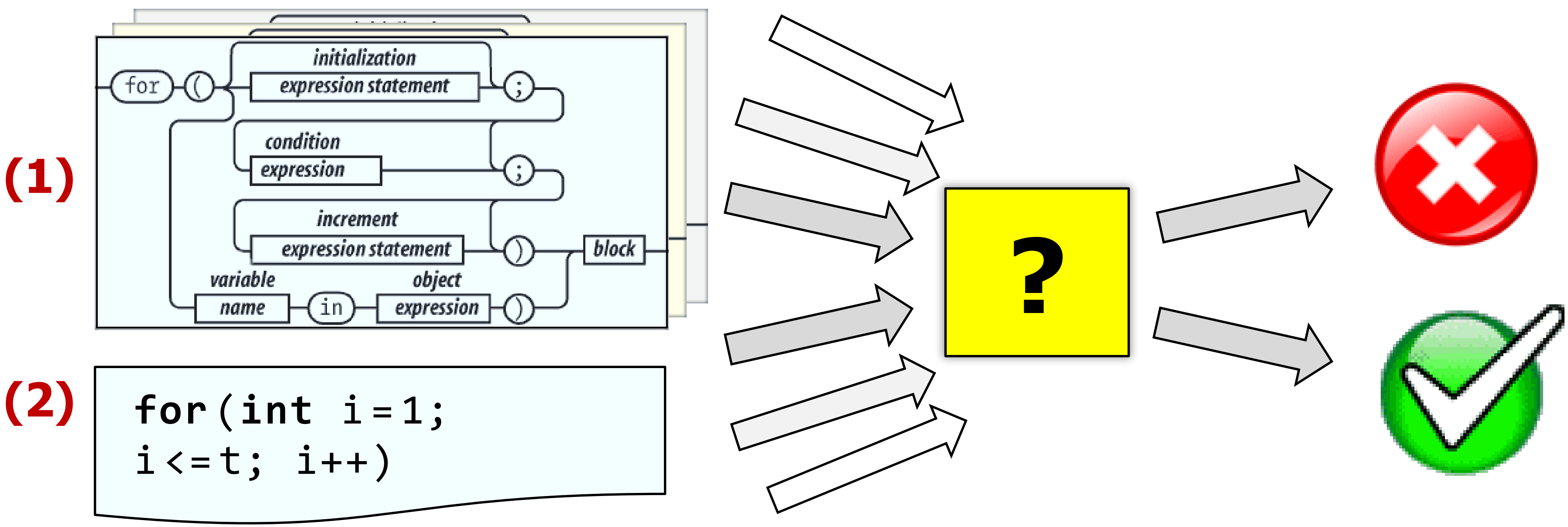
    (a) → Textfragment syntaktisch nicht korrekt

    (b) → Man hat sich nicht geschickt genug angestellt

Syntaxchecker

- Problem: Einen Algorithmus angegeben, der für
  (1) beliebige Syntaxdiagramme und
  (2) einen beliebigen Text

  eindeutig entscheidet, ob sich der Text mit den Diagrammen generieren lässt (→ Syntaxchecker)
  → Theorie der Syntaxanalyse → formale Sprachen, Compilerbau

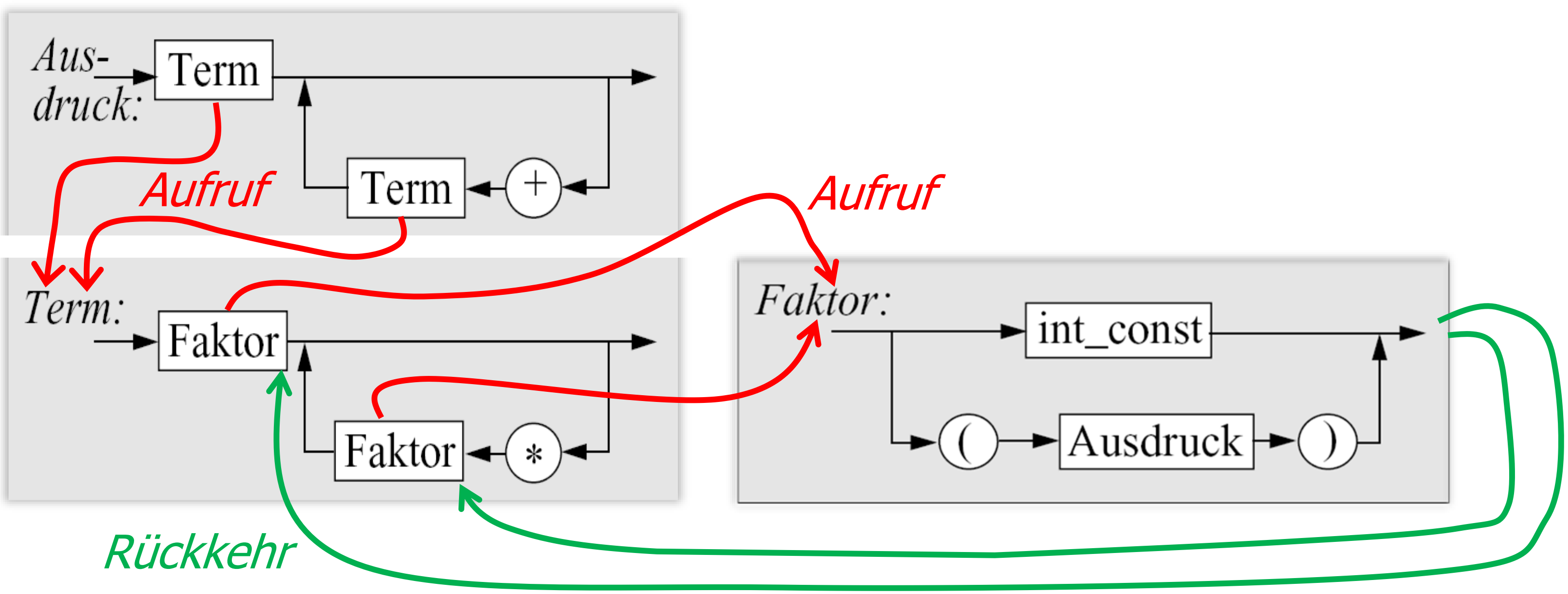


Syntaxanalyse durch „rekursiven Abstieg“

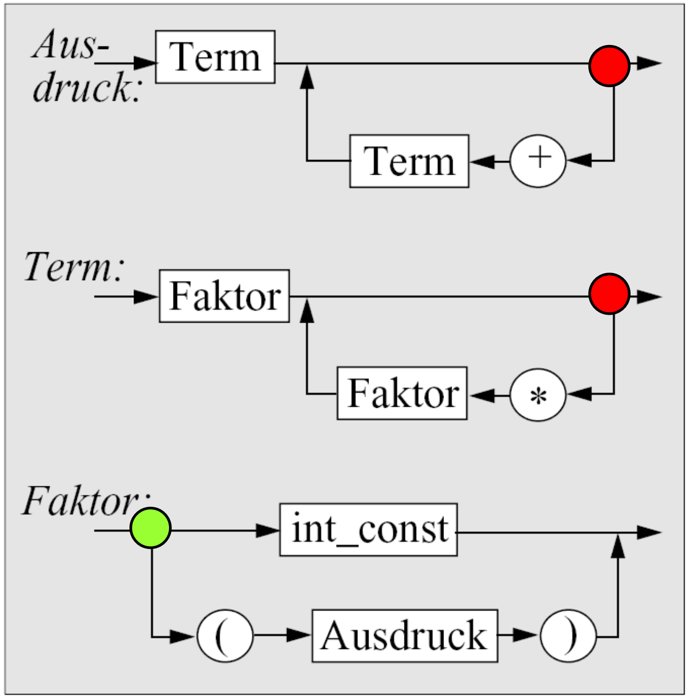
Die Idee

- „Programmierung“ von Syntaxdiagrammen: Jedes Teildiagramm durch eine Java-Methode realisieren, welche ein entsprechendes Konstrukt „versteht“

- „Absteigen“ in ein Unter-Syntaxdiagramm durch Aufruf der zugehörigen Methode (evtl. rekursiv!)



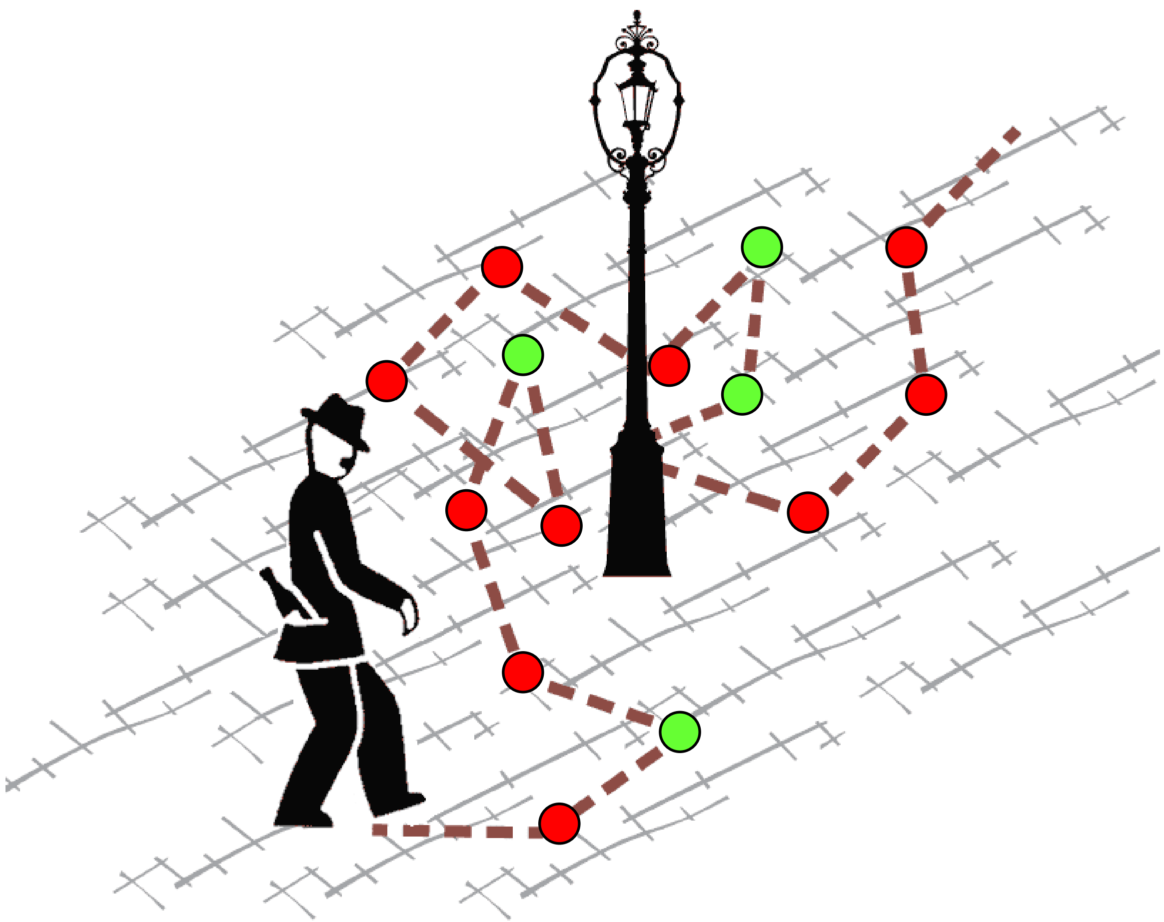
Rekursiver Abstieg
(am Beispiel arithmetischer Ausdrücke)

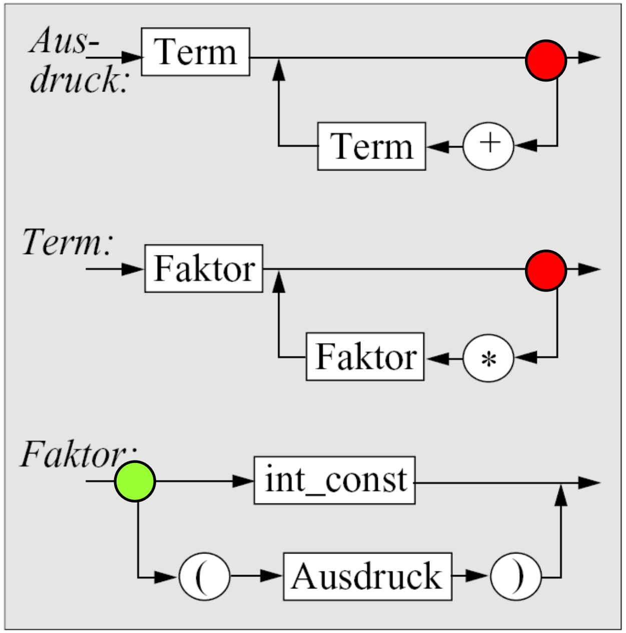


- Wiederholungen (z.B. am Ende von „Ausdruck" und „Term") werden durch while-Schleifen realisiert
- Verzweigungen (z.B. in „Faktor") werden durch if-Anweisungen realisiert

Ein <u>Generator</u> für zufällige Ausdrücke

Wir *torkeln* durch das Syntaxdiagramm!





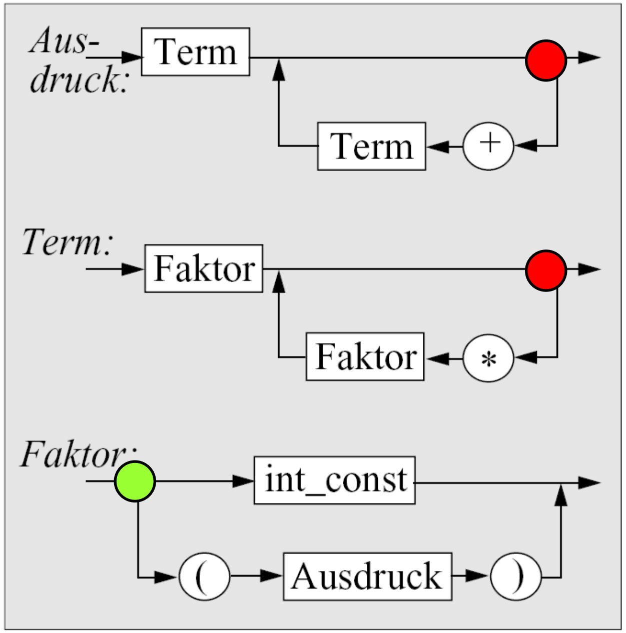
ARE YOU DRUNK?

- ☐ YES
- ☐ NO

Ein Generator für zufällige Ausdrücke

Wir *torkeln* durch das Syntaxdiagramm!

```
void Ausdruck() {
  Term();
 while (randomlytrue()) {
    System.out.print("+");
    Term();
  }
}
```

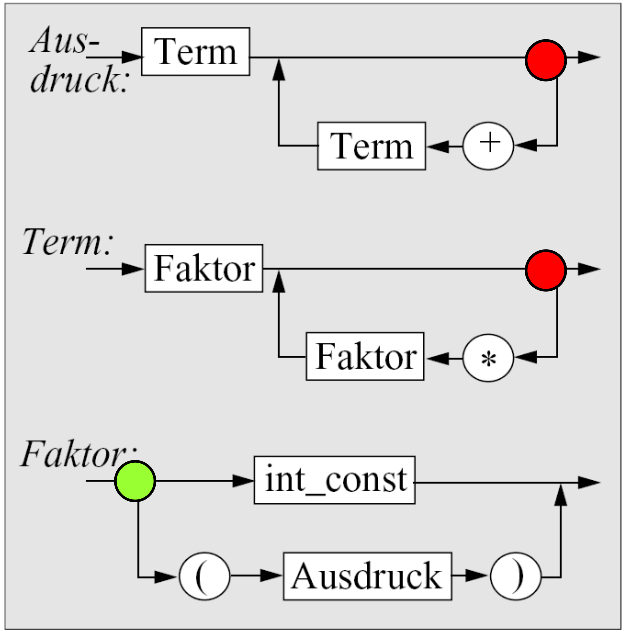


Ein Generator für zufällige Ausdrücke

Wir *torkeln* durch das Syntaxdiagramm!

```
void Ausdruck() {
  Term();
  while (randomlytrue()) {
    System.out.print("+");
    Term();
  }
}

void Term() {
  Faktor();
  while (randomlytrue()) {
    System.out.print("*");
    Faktor();
  }
}

void Faktor() {
  if (!randomlytrue()) int_const();
  else
    { System.out.print("(");
      Ausdruck(); // Rekursion
      System.out.print(")");
    }
}

void int_const(){
  System.out.print(rand.nextInt(10));
} // Zufällig zwischen 0 und 9 inkl.
```

Wie lang werden die Ausdrücke im Mittel, wenn in 40 Prozent aller Fälle „true" geliefert wird, sonst „false"?



Mit etwas Glück und geeignetem Feintuning von randomlytrue und erhält man Ergebnisse wie (((3)*(8)*3*(4)*(((2*2)*0+8+1)*2+(1))+5*(0+2+0)+3*(0*7+(8*3))*2+0)+2+0)*7; sonst vielleicht nur eine einzige müde Ziffer oder umgekehrt einen StackOverflowError...

Dazu java.util.Random importieren und in main: Random rand = new Random();

Stichwort „Zufall“

There is no such thing as a random number – there are only methods to produce random numbers. -- John von Neumann

„Gott würfelt nicht.“
-- Albert Einstein

Der Herr: Kennst Du den Faust?
Mephistopheles: Den Doktor?

Vignette einer Prachtausgabe von Goethes Faust von 1876; das „XA“ neben dem Signet von Wilhelm Hecht steht für „Xylographische Anstalt“:

„Faust. Eine Tragödie von Johann Wolfgang von Goethe. Erster Theil. Illustrirt in 50 Cartons von Alexander Liezen Mayer. Mit Ornamenten von Rudolf Seitz. Ausgeführt in 13 Stahl- und Kupferstichen von J. Bankel, J. F. Deininger, G. Goldberg, E. Forberg, Fr. Ludy. Die Cartons auf Holz gezeichnet von W. Hecht. Holzschnitte von W. Hecht‘s xylographischem Institut. Gedruckt bei Gebrüder Kröner in Stuttgart. München: Theodor Stroefer‘s Kunstverlag.“

Das Bild befindet sich zwischen dem „Prolog im Himmel“ mit dem Dialog zwischen Gott und Mephistopheles („Es ist gar hübsch von einem grossen Herrn, so menschlich mit dem Teufel selbst zu sprechen“) und dem Beginn des Hauptteils mit Fausts nächtlichem Monolog in der Studierstube („Da steh‘ ich nun, ich armer Tor, und bin so klug als wie zuvor.“)

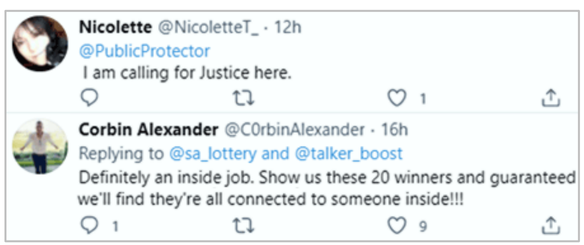
Der Ausgang des Dramas erscheint ungewiss. Oder sind die Würfel schon gefallen? Hat Faust sein Schicksal noch selbst in der Hand? Mit diesem Bild als „Schlussakkord“ der Ouvertüre ist die Bühne nun für das Drama bereit!

Kein Zufall?

Ist es doch wahrscheinlich, dass vieles Unwahrscheinliche sich ereignet. -- Aristoteles.

„3.12.2020. Es ist extrem selten, dass aufeinanderfolgende Zahlen beim Lotto gezogen werden. Doch genau das ist am Dienstag in Südafrika passiert. In der dortigen Lotterie wurden die Zahlen für den sogenannten Powerball-Jackpot gezogen. Die teilnehmenden Lottospieler müssen für diese Art der Lotterie zuvor auf fünf Zahlen zwischen 1 und 50 tippen. Zusätzlich muss eine Bonuszahl, der Powerball, mit einer Zahl zwischen 1 und 20 angegeben werden. Bei den vielen möglichen Zahlenkombinationen
?? erstaunt es umso mehr, dass am Dienstag ausgerechnet sechs aufeinanderfolgende Zahlen gezogen wurden: **5**, **6**, **7**, **8**, **9** –
?? und der Powerball **10**. Noch erstaunlicher ist wohl, dass gleich 20 Teilnehmer auf genau diese Zahlenfolge gesetzt hatten und damit den Powerball-Jackpot geknackt haben. Weil die gezogene Zahlenfolge so unglaublich scheint, glauben nicht alle an
?? reinen Zufall – obwohl die Zahlen live im Fernsehen gezogen wurden. Aufgrund der Betrugs- und Manipulationsvorwürfe hat sich mittlerweile die Nationale Lotteriekommission NLC in Südafrika der Sache angenommen. Wie unter anderem The Guardian berichtet, laufe bereits eine Untersuchung. Eine solche Zahlenfolge sei noch nie in der südafrikanischen Lotterie vorgekommen.

Im Internet kamen prompt Betrugsvorwürfe hoch. Nie im Leben könne das Zufall sein! Einige versuchten, die Sequenz anhand mathematischer Wahrscheinlichkeit zu erklären. ‚Man würde erwarten, dass diese Art von Ergebnis mindestens einmal pro Jahrhundert irgendwo auf der Welt vorkommt', schrieb ein Nutzer." -- www.swr3.de/aktuell/nachrichten/unglaubliche-lottozahlen-in-suedafrika-100.html



"The lottery system has a 1 in 18,586 chance of selecting five consecutive numbers and then drawing a 6th in sequence for the Powerball." -- https://themakingofamillionaire.com

"Watching the replay of the live draw doesn't necessarily engender trust – because the draw is faked. Though visually presented as the result of a ball machine, the draw broadcast uses computer-generated graphics, as it has since September 2017, when 'outdated' ball machines were replaced with automated random number generators. Nor is the 'live' draw actually live; the numbers are actually selected 30 minutes before the broadcast, as soon as ticket sales close, the lottery operator says. The random number generator is periodically tested, the NLC says." -- www.businessinsider.co.za

„Vor etwa 50 Jahren geschah in Deutschland dieses: Im Grenzgebiet zu den Niederlanden konnte man das holländische Fernsehen empfangen. Dort wurde in der Woche die Ziehung der Lottozahlen gezeigt. Viele deutsche Lottospieler übernahmen diese Zahlen für die nächste Samstagsziehung. Dann geschah das Unwahrscheinliche, in NL und D wurden die gleichen 6 Zahlen gezogen. Da war in der folgenden Woche die Enttäuschung gross, die Quote brachte weniger als 1000 D-Mark pro Gewinner."
-- www.20min.ch

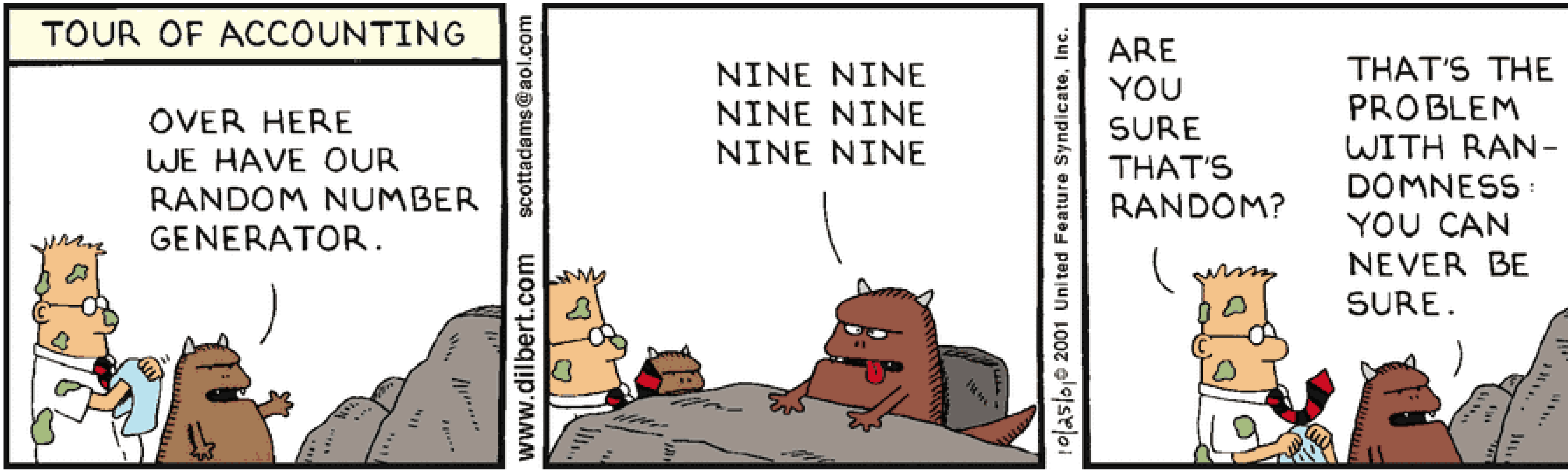
Zufall beim Lotto?

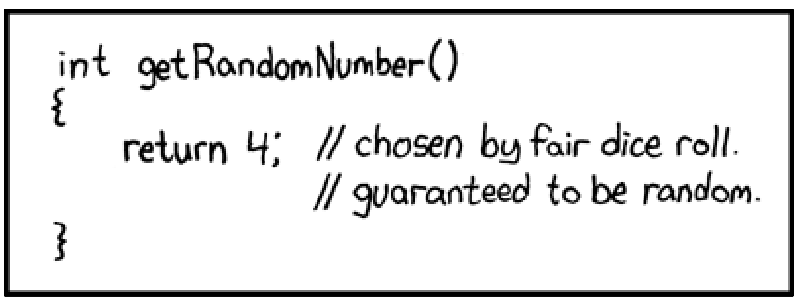
„Ich dachte, es wäre ein Aprilscherz, als meine Redakteurin anrief und sagte, ich müsse zurückkommen“, sagte die Lottofee. Sie habe ein Riesen-Herzklopfen bekommen, weil sie sich ausmalen konnte, wie die Menschen am Bildschirm das empfinden werden, „vor allen Dingen die Menschen, die glaubten, gewonnen zu haben“. Sie hoffe, dass es ihr die Menschen nicht persönlich übel nehmen.

Eine Probe zur ersten Ziehung der Zahlen des Schweizer Lottos, die dann am 10. Jan. 1970 stattfand. Drei Offizielle kontrollieren dies: Die Glücksfee, ein Notar sowie ein Kantonspolizist. (Auch im deutschen TV ist ein Dreigestirn anwesend: Der Ziehungsleiter, ein Aufsichtsbeamter und die Ziehungsassistentin, genannt „Lottofee“. Die deutsche Live-Sendung begann immer mit dem Spruch: „Der Aufsichtsbeamte hat sich vor der Ziehung vom ordnungsgemässen Zustand des Ziehungsgerätes und der 49 Kugeln überzeugt“. Ersteres geschieht mit einem Set von Kugeln, die, um Verwechslungen zu vermeiden, alle die Nummer 50 tragen.) In der Schweiz wurde die Ziehung der Zahlen allerdings nie live übertragen. Ein Swisslos-Mediensprecher begründete dies damit, dass es live nicht möglich sei, weil die Sendung in drei verschiedenen Landessendern ausgestrahlt wird. Dass eine Live-Sendung auch Nachteile hat, zeigt die Ziehung des deutschen Lottos vom 3. April 2013: Weil das Gerät defekt war, blieben zwei Kugeln hängen und kamen gar nicht erst in die Trommel. Die Panne wurde erst nach der Fernseh-Liveübertragung bemerkt – die Resultate mussten für ungültig erklärt und die Ziehung wiederholt werden. Statt 3, 8, 11, 26, 32, 40 kamen nun andere Zahlen: 16, 21, 23, 29, 31, 38. Die Gewinner der ersten Ziehung hatten sich buchstäblich zu früh gefreut! Die Kugeln des deutschen Lottos, normale Tischtennisbälle, werden übrigens bis zur Ziehung in einem verplombten Alukoffer mit Zahlenschlössern aufbewahrt, der in einem Tresor im Keller steht, dessen Schlüssel in einem anderen Tresor liegt. Und jährlich werden die Kugeln gewogen, sie müssen 3.2 – 3.3 Gramm wiegen. Insgesamt viel Aufwand für einige wenige Zufallsbits; verständlich, dass das in Südafrika virtualisiert wurde!

Richtiger Zufall?

The Random button on a CD player falls woefully short of its name. When you press it, you never hear the same song twice or three times or even ten times in a row, which would have to be possible in a truly random set. -- Tom McNichol, Wired





Anyone who attempts to generate random numbers by deterministic means is, of course, living in a state of sin. -- John von Neumann

Random numbers should not be generated with a method chosen at random. -- Donald Knuth

„Hey leute ich bin nach der suche nach einer Funktionierenden Zufalsformel die ein komputer fehlerfreu und ohne ausgedachten zahlen berechnen kann. weil ein komputer ja eigentlich keine fehler machen kann kann er ja eig. auch keine zufälle herbeibringen weil zufälle ja eig. fehler sind, oder menschlich ausgedachte zahlen. Ich denke das Koputer die eigenständig ein zufallherbeiberechnen ist einfach nur eine soo große reinfolge die niemand wieder herbeirechnen kann. Und soetwas will ich nicht **ich will einen Richtigen zufall**!“ -- www.matheboard.de

„Richtig“ zufällige Münzwürfe?

Alles ist Zufall. Dass der Bus pünktlich kommt ist Zufall, weil tausend Störfaktoren nicht eingetroffen sind oder sich gegenseitig kompensiert haben. -- Anonym bei scienceblogs.de

Bei www.mathematik.de/Mathlog/ berichtet Thilo Kuessner: „In Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitstheorie oder Statistik erzähle ich den Studenten, dass es Zufall ausserhalb der Mikrowelt der Quantenphysik nicht gibt. Alles ist im Prinzip berechenbar, Zufall entsteht nur durch unvollständige Information. Der Wurf einer Münze ist nicht zufällig, sondern deterministisch – wenn man Ausgangsposition, Ausgangsgeschwindigkeit und wirkende Kräfte kennt, kann man ihn berechnen. Das hält mich freilich nicht davon ab, den Münzwurf als einfachstes Beispiel für ein Zufallsexperiment in Lehrveranstaltungen zu verwenden. Ein auf dem ArXiv erschienener Artikel *Fair coins tend to land on the same side they started: Evidence from 350,757 flips* (https://arxiv.org/abs/2310.04153) zeigt nun, dass der Münzwurf nicht nur nicht zufällig, sondern noch nicht einmal gleichverteilt ist. Die Münze landet mit 50,8% Wahrscheinlichkeit auf der vor dem Münzwurf oben liegenden Seite.“

Für das Experiment führten zunächst fünf Bachelor-Studierende jeweils mindestens 15000 Münzwürfe durch. Anschliessend beteiligten sich 35 Freiwillige an zwölfstündigen „coin flipping marathons“. Schliesslich folgten weitere Teilnehmer einem Aufruf zum Münzenschnipsen, der über soziale Netzwerke geteilt worden war.

Aus der Einleitung des genannten Artikels: “A coin flip — the act of spinning a coin into the air with your thumb and then catching it in your hand — is often considered the epitome of a chance event. It features as a ubiquitous example in textbooks on probability theory and statistics and constituted a game of chance (‘capita aut navia’ – ‘heads or ships’) already in Roman times. The simplicity and perceived fairness of a coin flip, coupled with the widespread availability of coins, may explain why it is often used to make even high-stakes decisions. For example, a coin flip was used to determine which of the Wright brothers would attempt the first flight in 1903; […] the winner of the European Championship semifinal soccer match between Italy and the Soviet Union (an event which Italy went on to win) in 1968; […] and to break the tie in local political elections in the Philippines.”

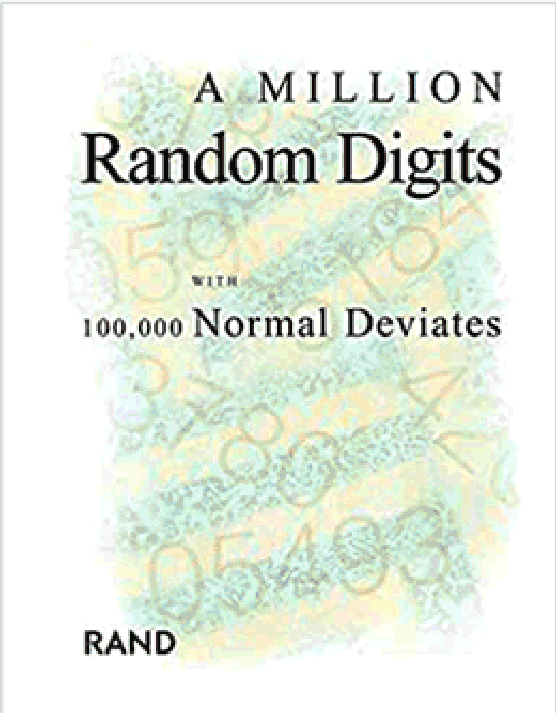
Ein Artikel in der Süddeutschen Zeitung vom 26.10.2023 erklärt das Phänomen so: „Im Fall des Münzwurfs kommt es zur Präzession, wenn die Münze nicht genau mittig geschnippt wird. Dann eiert sie in der Flugphase, und das führt dazu, dass sie etwas mehr Zeit in der ursprünglichen Ausrichtung verbringt und demzufolge häufiger so landet, wie sie geschnipst wurde. Das Eiern der Münze ist mit bloßem Auge kaum zu sehen – was von Zauberern und Trickbetrügern ausgenutzt wird, die eine Münze so schnipsen können, dass sie sich überhaupt nicht um sich selbst dreht, sondern nur wackelt. […] Für die Mannschaftskapitäne beim Fußball gibt es eine weitere Schwierigkeit: Sie müssen damit rechnen, dass ein Schiedsrichter die Münze fängt und auf den Handrücken der anderen Hand klatscht. Danach liegt die Seite oben, die vorher unten lag.“

A Million Random Digits with 100,000 Normal Deviates

by RAND Corporation

★★★★☆ 695 ratings

Look inside



Hardcover	Paperback	Other Sellers
	from $86.32	from

More Buying Choices

3 New from $92.09 | 4 Used from $86.32

See All Buying Options

★★★★★ **Wonderfully and deeply useless**

By Caffi on October 26, 2016

Format: Paperback | **Verified Purchase**

Absolutely fabulous!!

It is really made of pages and pages full of random numbers!

Reading this gives you the feeling of the beauty of random!

★★★★☆ **almost perfect**

By a curious reader on October 26, 2006

Format: Paperback

Such a terrific reference work! But with so many terrific random digits, it's a shame they didn't sort them, to make it easier to find the one you're looking for.

★★☆☆☆ **Too unpredictable**

By pontifex on January 24, 2011

Format: Paperback

The book is too hard to follow, the author randomly shifts from one number to another without any prior warning.

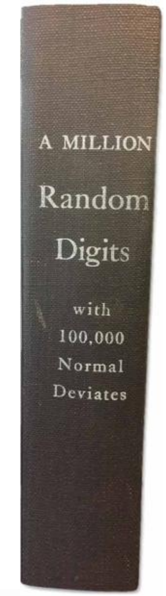
Die eine Million Zufallsziffern kann man auch hier herunterladen: www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR1418/MR1418.digits.txt.zip

"A zipped file! By definition, random data cannot be zipped! It's all a huge fraud!" – brainfart

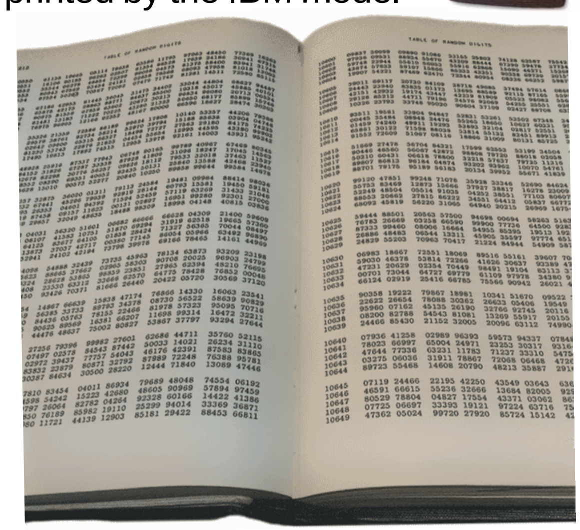
A Million Random Digits...

From the book's introduction (1955):

Information theory tells us that a source of complete randomness is the most surprising thing that there can be. Truly this is one of the most surprising books ever written. -- Paul Harrison



Early in the course of research at The RAND Corporation a demand arose for random numbers; these were needed to solve problems of various kinds by experimental probability procedures […] The random digits in this book were produced by rerandomization of a basic table generated by an electronic roulette wheel. Briefly, a random frequency pulse source, providing on the average about 100,000 pulses per second, was gated about once per second by a constant frequency pulse. Pulse standardization circuits passed the pulses through a 5-place binary counter. In principle the machine was a 32-place roulette wheel which made, on the average, about 3000 revolutions per trial and produced one number per second. A binary-to-decimal converter was used which converted 20 of the 32 numbers (the other twelve were discarded) and retained only the final digit of two-digit numbers; this final digit was fed into an IBM punch to produce finally a punched card table of random digits. Production from the original machine showed statistically significant biases, and the engineers had to make several modifications and refinements of the circuits before production of apparently satisfactory numbers was achieved. The basic table of a million digits was then produced during May and June of 1947. […] There were 20,000 punched cards with 50 digits per card; each digit on a given card was added modulo 10 to the corresponding digit of the preceding card to yield a rerandomized digit. It is this transformed table which is published here […] These tables were reproduced by photo-offset from pages printed by the IBM model 856 Cardatype. Because of the very nature of the tables, it did not seem necessary to proofread every page of the final manuscript.



Use of the Tables – The lines of the digit table are numbered from 00000 to 19999. In any use of the table, one should first find a random starting position. A common procedure for doing this is to open the book to an unselected page of the digit table and blindly choose a five-digit number; this number with the first digit reduced modulo 2 determines the starting line; the two digits to the right of the initially selected five-digit number are reduced modulo 50 to determine the starting column in the starting line. To guard against the tendency of books to open repeatedly at the same page and the natural tendency of a person to choose a number toward the center of the page: every five-digit number used to determine a starting position should be marked and not used a second time for this purpose.

The Most Dangerous Book in the World

Der folgende Beitrag "The Most Dangerous Book in the World" von Seth Perlow liefert historischen Kontext zum RAND-Buch, scheint aber etwas überdramatisiert: Die Monte-Carlo-Methode wurde zwar (u.a. in einem ENIAC-Programm) zur Atomwaffen-Entwicklung eingesetzt, aber das Buch selbst erschien erst später.

One book, written by a computer, could have killed us all.

What do you do when you're the only country in the world with atomic bombs? You make them much, much bigger. That was the US strategy right after World War II. The Cold War was beginning, and by 1952 the US would have a weapon 690 times as powerful as the one dropped on Hiroshima. To make such a gigantic explosion, the scientists at Los Alamos first needed to create a very strange book, one that proved an important component in the history of computing.

The book is called *A Million Random Digits with 100,000 Normal Deviates* […], and it contains precisely that: a huge table of random digits. It's about the size of a phonebook. Los Alamos scientists used it to do the calculations necessary for designing thermonuclear weapons. As you might have learned in high school, the motion of subatomic particles is chaotic, so the bomb's designers had to account for randomness in their calculations. They soon discovered that their random numbers were—well, not random enough. Apparently, picking numbers out of a hat just wasn't scientific enough. So in 1947 they asked the RAND Corporation, a military think-tank, to produce a very large table of very random digits. […] The RAND Corporation, short for Research ANd Development, started as a collaboration between the Douglas Aircraft company and the US Air Force. […]

A big supply of random digits made it possible to do a new kind of math, called the Monte Carlo method, which simulates the movements of particles in a nuclear reaction. Monte Carlo math uses random sampling to make calculations. […] The scientist Stanislaw Ulam supposedly came up with the Monte Carlo method while sick in bed, playing solitaire. He realized he could figure out the probability of winning a solitaire game by dealing lots of sample games and checking how many were winnable. He purportedly named the method after his uncle, who liked to gamble. Ulam shared his ideas with his Los Alamos colleagues, including John von Neumann and Nicholas Metropolis. Together they formalized the technique. […]

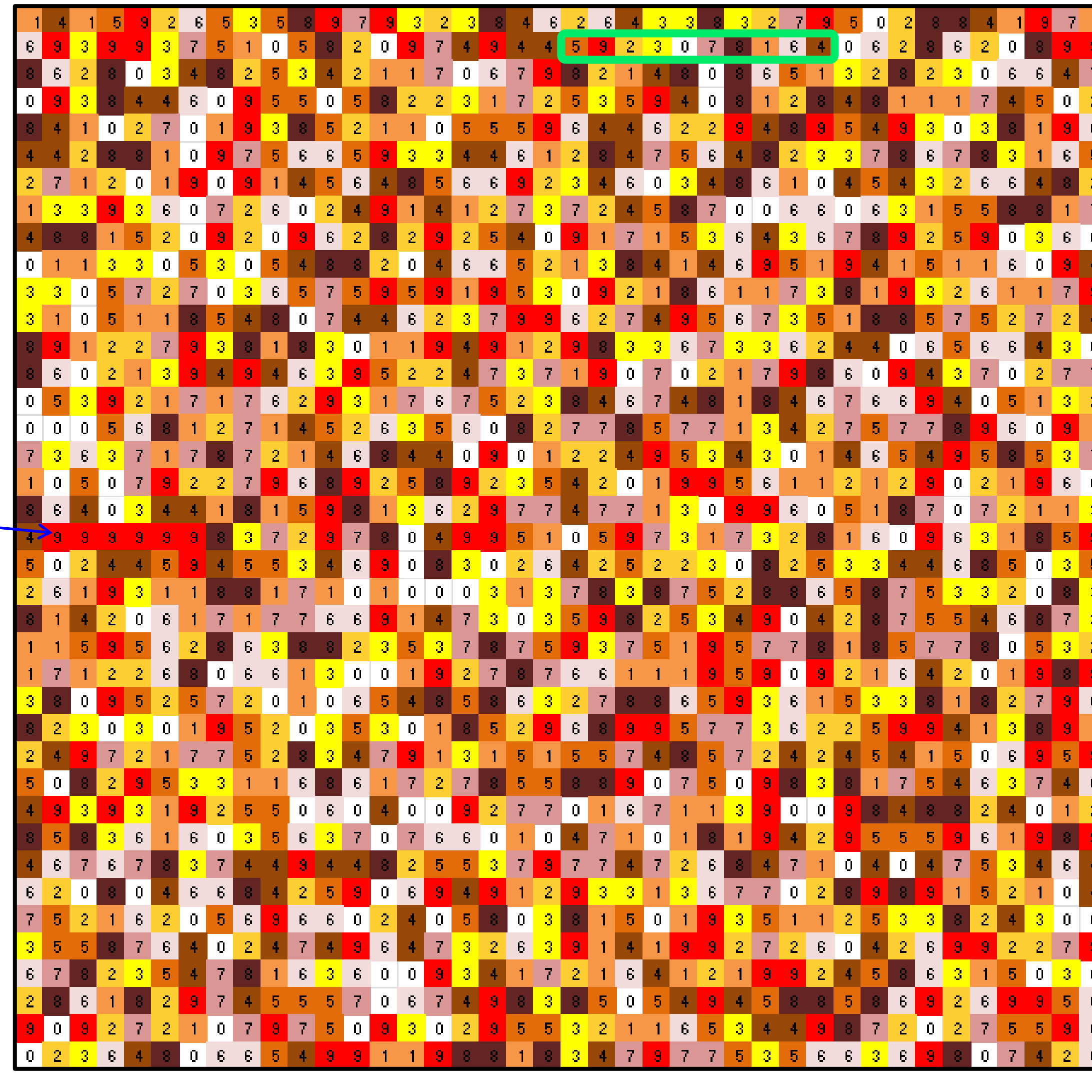
The RAND book represents one big step in a long history of doing math with randomness. The book of digits and the Monte Carlo method have found uses in a range of fields, from thermodynamics and environmental engineering to statistics and finance. […]

Da „periphery“ (Kreisumfang) und „perimeter“ (Durchmesser) aus dem Griechischen stammen und mit π beginnen.

Ist π „zufällig“?

Für pi wird der Wert von 3,1416 eingesetzt.
§ 30b (Berechnung des Hubraums) der deutschen Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)

Visuelle Darstellung der ersten 1560 dezimalen Nachkommastellen von π = 3.141592653589793… (nach Victoria Tiki, 2014). Es sind keine bestimmten Muster erkennbar; der Feynman-Punkt, eine Folge von sechs Neunen ab der 762-sten Dezimalstelle, springt allerdings ins Auge. (Douglas Hofstadter, der durch seinen Bestseller „Gödel, Escher, Bach“ weltbekannt wurde, verriet einmal: „I myself once learned 380 digits of π, when I was a crazy high-school kid. My never-attained ambition was to reach the spot, 762 digits out in the decimal expansion, where it goes ‘999999’, so that I could recite it out loud, come to those six 9’s, and then impishly say, ‘and so on!’“). Nach einer unbestätigten Anekdote soll die gleiche Geschichte auch auf den Physiker Richard Feynman zutreffen; die Stelle heisst daher auch „Feynman-Punkt“.



Ist die π-Sequenz ein guter Kandidat für eine Pseudo-Zufallszahlenfolge und wäre sie vielleicht sogar besser geeignet als das legendäre RAND-Buch „A Million Random Digits“? Zwar ist π, im Vergleich zu sonst typischerweise verwendeten Zufallszahlengeneratoren, nicht besonders effizient berechenbar, aber es sind viele Nachkommastellen der Dezimaldarstellung bekannt (gut 62 Billionen seit August 2021), und die ersten 10 Millionen können bei https://introcs.cs.princeton.edu/java/data/pi-10million.txt heruntergeladen werden. Ephraim Fischbach untersuchte 2005 die ersten 100 Millionen Dezimalstellen mittels einer Reihe statistischer Tests und konnten dabei keine verborgenen Muster erkennen. Theoretisch ist aber unbewiesen, ob π tatsächlich eine sogenannte normale Zahl ist, also für jedes k alle möglichen k-stelligen Ziffernblöcke mit gleichen asymptotischen relativen Häufigkeiten auftreten.

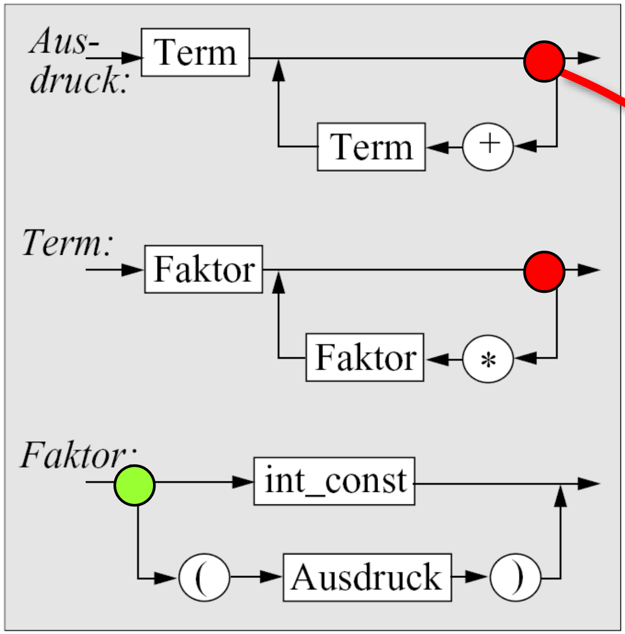
„Irgendwo in π kommt alles vor, was endlich ist, insbesondere – nach entsprechender Codierung in Zahlenform – jeder Text der Welt.“ -- Jörg Arndt, Christoph Haenel

Ein Parser als Java-Programm

„Zerteiler“ (lat. „pars“ = Teil), bzw. „Syntaxanalyseprogramm“

Wir greifen hier das Beispiel eines Parsers für Taschenrechnerfunktionalität aus „Informatik I“ wieder auf

Jetzt werden Zeichen nicht generiert, sondern konsumiert!




```
//Anfangsteil kommt später
  ...
  void int_const(){
    c = KbdInput.getc();
  }

  void Ausdruck(){
    Term();
    while (c == '+') {
      c = KbdInput.getc();
      Term();
    }
  }
  ...
```

Integer-Konstanten sollen hier nur aus einem einzigen Zeichen bestehen

Vorher verarbeitetes Zeichen „weglesen“; nachfolgendes Zeichen auf die Variable c einlesen

Bemerkung: KbdInput ist eine Klasse mit Methoden (wie z.B. „getc“), die nicht zum Standard-Java gehört. Die Funktionalität (Zeichen vom Keyboard lesen) davon lässt sich aber leicht mit Methoden aus dem Paket java.io.* realisieren (→ Übung)

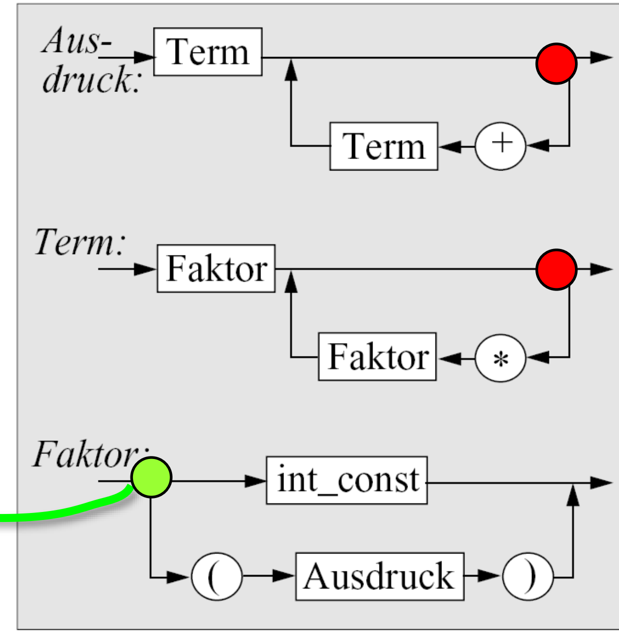
Ein Parser als Java-Programm (2)

```
//Anfangsteil kommt später
  ...
  void int_const(){...}
  void Ausdruck(){...}
------------------------------------------
  void Term() {
    Faktor();
    while (c == '*') {
      c = KbdInput.getc();
      Faktor();
    }
  }

  void Faktor() {
    if ((c >='0') && (c <='9'))
      int_const();
    else
      if (c == '(') {
        c = KbdInput.getc();
        Ausdruck();
        if (c == ')')
          c = KbdInput.getc();
        else Fehler(1);
      }
      else Fehler(2);
  }
```

"Term an Faktor: *Lies einen Faktor!*"

"Faktor an int_const: *Lies eine int_const!*"

Rekursion!



Abkürzung für:
c =='0' || c =='1' || c =='2' || … || c =='9'
(da die Zifferzeichen 0 bis 9 im Zeichensatz hintereinander stehen)

```
public static void main(String args[])
{
  Parser p = new Parser();
  p.c = KdbInput.getc();
  p.Ausdruck();
}
```

"Hauptprogramm an Parser p: *Lies einen Ausdruck!*"

Ein Parser als Java-Programm – Anfangsteil

```
import packagexyz.KbdInput;

class Parser() {
  char c;

  void Fehler(int f) {
    switch f {
      case 1:
        System.out.println("Fehlende Klammer ')'");
        break;
      case 2:
        System.out.println("Falsches Zeichen;"+
          " erwartet: Ziffer oder '('");
        break;
      default:
        System.out.println("Interner Fehler");
        break;
    }
    //...
    //Die anderen Methoden
}
```

Dort sei die Methode getc definiert, die ein Zeichen als "char" einliest

Global für alle Methoden; auf c steht immer das nächste zu betrachtende Eingabezeichen („lookahead")

Kapselung aller Fehlermeldungen in einer einzigen Methode → leichtere Anpassung

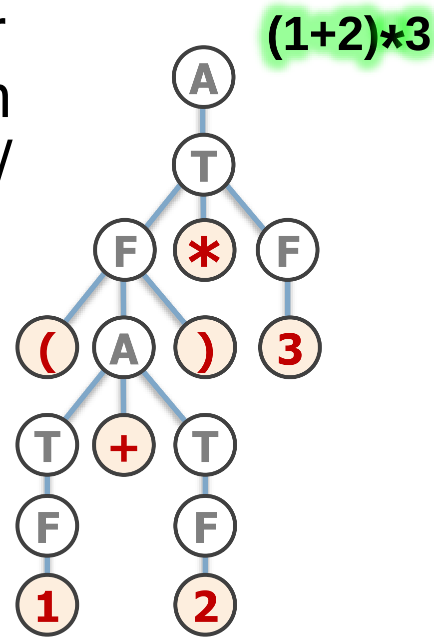
Defensives Programmieren: mit falschem Parameter f rechnen!

Wenn nach Abarbeitung der gesamten Eingabe kein Fehler gemeldet wurde, dann lag ein (gemäss den Syntaxdiagrammen) korrekter Ausdruck vor
⇒ Programm ist ein „Syntaxchecker"

Automatische Erzeugen eines Syntaxbaums

- Man benötigt i.Allg. nicht nur einen Syntaxchecker mit dem Resultat „syntaktisch korrekt / falsch“, sondern zur weiteren Bearbeitung auch den zum analysierten Programm gehörenden Syntaxbaum

- Dazu erweitern wir das Analyseprogramm um die Ausgabe des Baums in „eingerückter Darstellung“




```
Ausdruck
 Term
  Faktor
   (
   Ausdruck
    Term
     Faktor
      int_const: 1
    +
    Term
     Faktor
      int_const: 2
   )
  *
  Faktor
   int_const: 3
```

Automatisches Erzeugen eines Syntaxbaums (2)

- Idee: Jede Methode, die für ein Terminal oder Nicht-Terminal steht, gibt ihren eigenen Namen aus
- Und zwar eingerückt um eine Länge, die proportional zur Tiefe (= Abstand zur Wurzel) des Knotens ist
- Jede Methode bekommt dazu die momentane Tiefe als int-Parameter übergeben
- Wir nutzen eine Hilfsprozedur „out“:

```
void out(int t, String s) {
for(int i=1;i<=t;i++)
    System.out.print("  ");
  System.out.println(s);
}
```

(1+2)*3

```
Ausdruck
 Term
  Faktor
   (
   Ausdruck
    Term
     Faktor
      int_const: 1
    +
    Term
     Faktor
      int_const: 2
   )
  *
  Faktor
   int_const: 3
```

Automatisches Erzeugen eines Syntaxbaums (3)

```
void Ausdruck(int t) {
  out(t,"Ausdruck");
  Term(t+1);
  while (c == '+') {
    out(t+1,"+");
    c = KbdInput.getc();
    Term(t+1);
  }
}

void int_const(int t) {
  out(t,"int_const: " + c);
  c = KbdInput.getc();
}

// Entsprechend werden "Term"
// und "Faktor" ergänzt
```

"out" gibt den Namen entsprechend eingerückt aus

"Term" und "+" haben als Kinder von „Ausdruck" eine um 1 grössere Tiefe

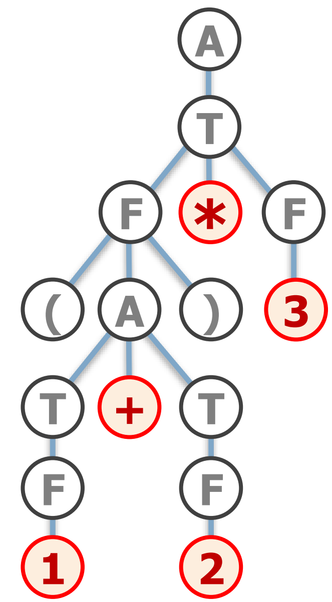
Wieso muss man t zwar erhöhen, aber nie erniedrigen?

Um den Wert der Konstanten zu erfahren

(1+2)*3

```
Ausdruck
 Term
  Faktor
   (
   Ausdruck
    Term
     Faktor
      int_const: 1
    +
    Term
     Faktor
      int_const: 2
   )
  *
  Faktor
   int_const: 3
```

Dies ist das Resultat

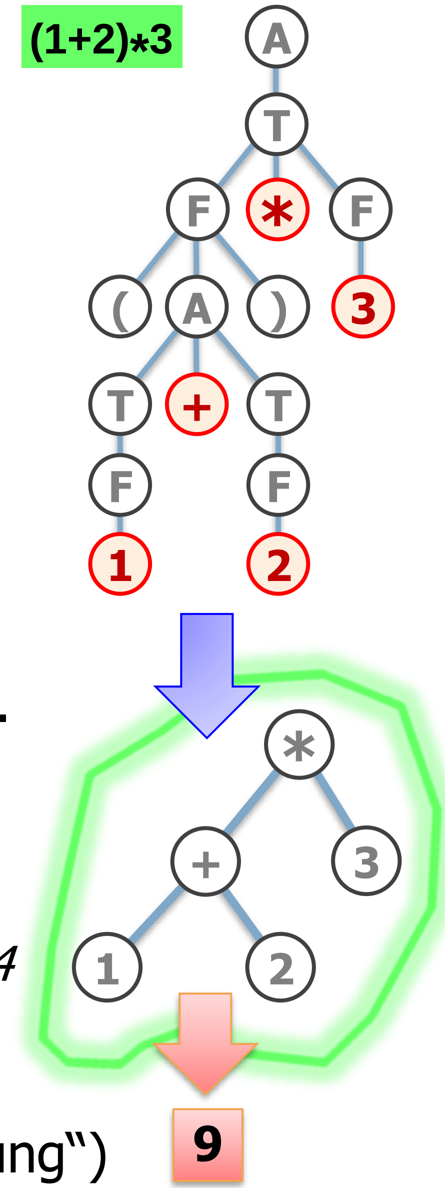


...aufgehübscht

Noch weiter aufgehübscht →

Binäre Operatorbäume

Wir kennen solche Bäume unter dem Begriff „Ausdrucksbaum" schon aus „Informatik I"



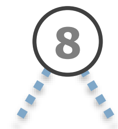
- Operatorbäume entstehen durch Kompaktifi-zierung aus den eigentlichen Syntaxbäumen
  - Drücken aber noch gleichermassen die wesentliche Struktur eines Ausdrucks aus
- Operator zur Wurzel des Teilbaums hochziehen
  - Stellt damit ein sogenanntes Attribut des Knotens dar
- Unwesentliches entfernen
  - Namen von Nicht-Terminalen und Klammer-Knoten etc.

Klammer-Knoten sind unwesentlich ???

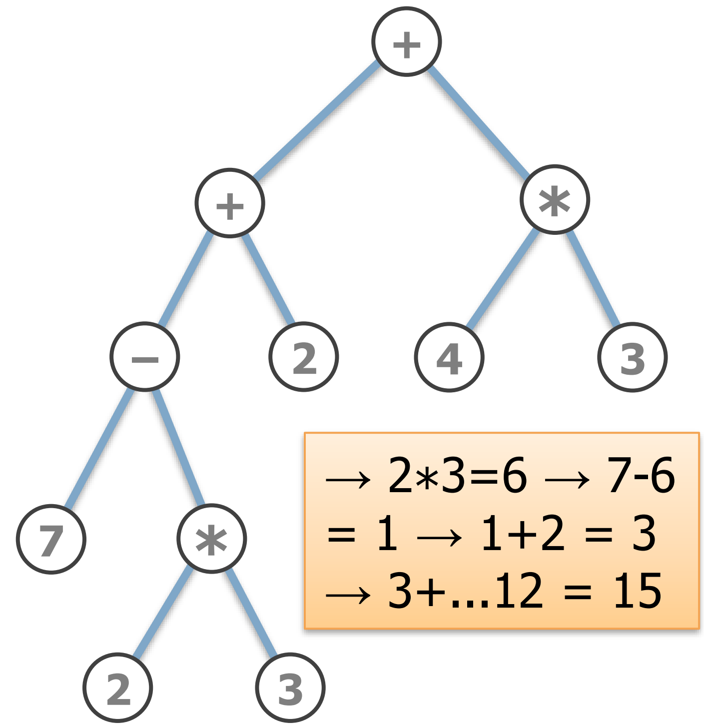
- Sind Binärbäume
  - Ein Knoten (≠ Blatt) hat nur zwei Nachfolger
  - Dazu Teilausdrücke evtl. klammern: *2∗3∗4* → *(2∗3)∗4*
- Haben einen Wert
  - Diesen Wert quetschen wir jetzt heraus… („Auswertung")

Auswertung binärer Operatorbäume

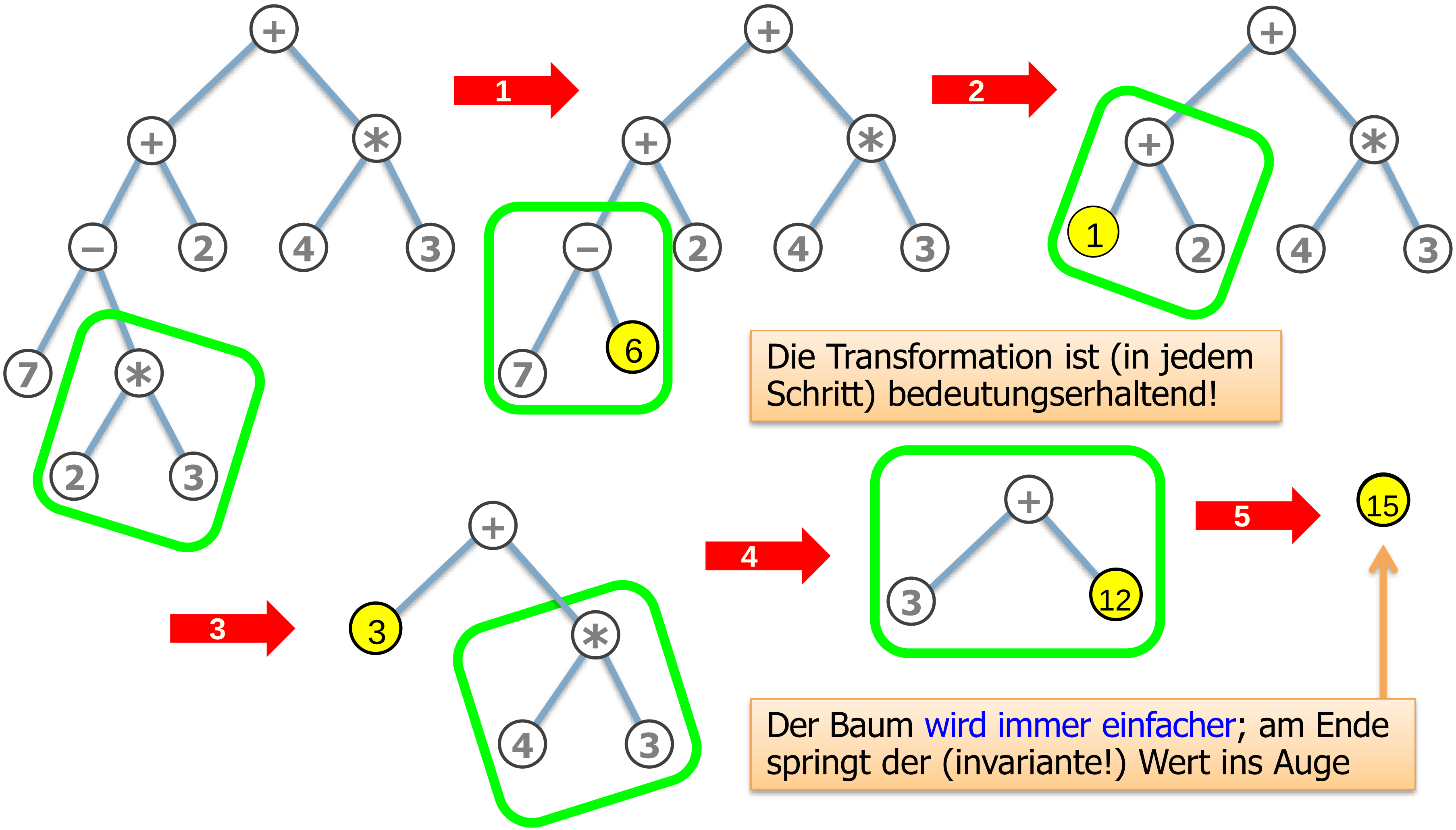
1) Trivialfall Einzelknoten: Wenn der Baum keine Unterbäume hat, dann ist der Wert des Baums gleich dem Attribut der Wurzel



1) Ansonsten existiert ein linker und rechter Unterbaum: Berechne (in rekursiver Weise!) „so" den Wert des linken Unterbaums, danach „genauso" den Wert des rechten Unterbaums und wende dann die Operation (= Attribut der Wurzel) auf diese beiden Werte an



Auswertung des Ausdrucks durch schrittweise Reduktion des Operatorbaums



Die Transformation ist (in jedem Schritt) bedeutungserhaltend!

Der Baum wird immer einfacher; am Ende springt der (invariante!) Wert ins Auge

…wird immer einfacher…

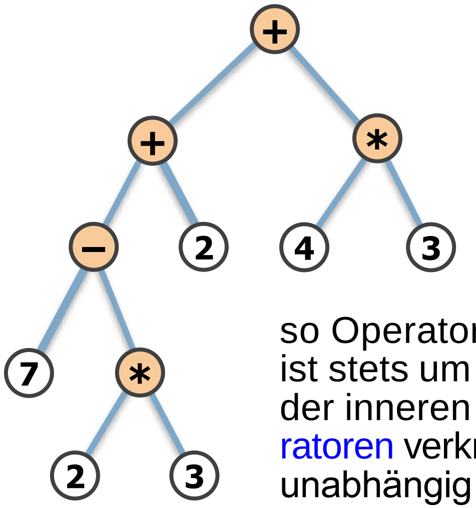
Bei der Reduktion von Operatorbäumen handelt es sich um einen mühelosen schematischen Prozess. Nicht immer geht das schrittweise Vereinfachen von Rechenausdrücken ganz so leicht mit einer einzigen Regel, wie wir noch aus der Schulzeit wissen – dort wurde z.B. ausgiebig (und zum allgemeinen Verdruss) das Vereinfachen von algebraischen Termen geübt. Man hatte dazu eine Reihe von Regeln oder Heuristiken gelernt („*gleichartige Variablen bei Additionen und Subtraktionen zusammenfassen*“; „*am Bruchstrich zu kürzen*“; „*Klammern auflösen bzw. ausmultiplizieren“; „Terme umstellen / zusammenfassen*“ etc.), welche die Gestalt, nicht aber den Wert des Ausdrucks ändern, und die man so lange anwendete, bis man nichts weiter vereinfachen konnte.

Auch Boolesche Ausdrücke bzw. Ausdrücke der Schaltalgebra kann man auf entsprechende Weise manipulieren. Dabei geht es z.B. darum, zu einem gegebenen Ausdruck ein möglichst einfaches Schaltnetz aus wenigen Grundelementen zu finden.

Generell ist das bedeutungserhaltende Umformen von Strukturen mittels geeigneter Regeln ein wichtiges Prinzip in der Informatik, denn es bildet die generelle Grundlage der automatischen Informationsverarbeitung. Wir hatten früher beispielhaft bereits die Umwandlung von Wurzelbaumdarstellungen in äquivalente Repräsentationen erwähnt; im Weiteren werden wir noch andere systematische (und damit algorithmisierbare) semantikinvariante Transformationen kennenlernen, etwa die Umformung von Infix-Ausdrücken in Postfix-Ausdrücke oder das Erzeugen von Bytecode zu einem Java-Programmfragment.

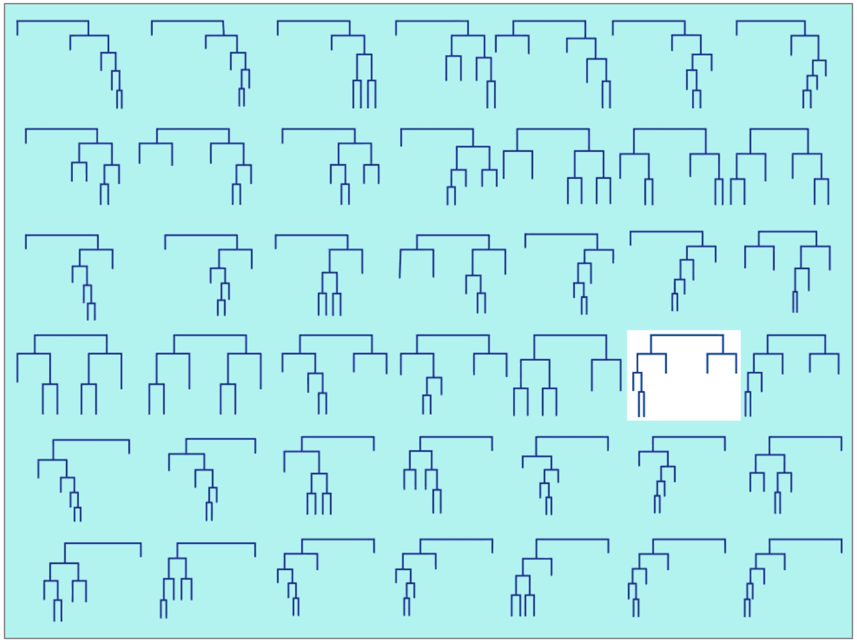
Formaler werden auf Zeichen ausgeführte Operationen durch Kalküle erfasst. Schon Leibniz hatte in seiner Schrift „Fundamenta Calculi Ratiocinatoris“ deren kreatives Moment erkannt: „*Calculus consistit in relationum productione facta per transmutationes formularum secundum leges quasdam praescriptas factis.*“ [„Ein Kalkül besteht im Hervorbringen von Relationen, was bewirkt wird durch die Umformung der Formeln gemäss bestimmten, den Gegebenheiten vorgeschriebenen Gesetzen.“]

Binäre Operatorbäume und die Catalan-Zahl 42



Für Operatorbäume gilt: Ein Knoten hat entweder keine Kinder (dann ist er ein Blatt, repräsentiert also einen Operanden) oder 2 Kinder (innerer Knoten, also Operator). Die Zahl der Blätter ist stets um 1 grösser als die Zahl der inneren Knoten: n binäre Operatoren verknüpfen n+1 Operanden, unabhängig von der „Klammerung".

Unser „Musterbaum" hat 5 Operatoren; er ist einer der rechts aufgeführten 42 strukturell verschiedenen Operatorbäume mit 5 Operatoren.



www.spektrum.de/news/die-geheimnisse-der-zahl-42/1779027

Wieso gerade 42? Weil 42 die Antwort auf die Frage nach dem Leben, dem Universum und dem ganzen Rest ist, wie Douglas Adams in seinem SF-Roman „Per Anhalter durch die Galaxis" schrieb. Ernsthafter: Die Zahl der strukturell verschiedenen Operatorbäume mit n Knoten ist C(n), wobei C die Folge der Catalan-Zahlen 1, 1, 2, 5, 14, 42, 132, 429,… ist. Sie sind nach dem belgischen Mathematiker Eugène Charles Catalan (1814 – 1894) benannt und tauchen in diversen kombinatorischen Problemen auf, wo es um die Anzahlbestimmung rekursiv definierter Objekte geht. Es gilt (für $n \geq 0$) $C(n) = (2n)! / ((n!)(n+1)!)$; die Formel liefert tatsächlich immer ganze Zahlen.

Unser Musterbaum steht für den Klammerausdruck ((((()(()()))())(()())) aus 11 wohlgeformten Klammerpaaren. „Wohlgeformt" bedeutet, dass man (von links nach rechts) eine Klammer nicht schliesst, bevor alle inneren Klammern geschlossen sind. Es gibt allerdings mehr wohlgeformte Klammerausdrücke als sich mit Operatorbäumen erzeugen lassen: Mit 3 Klammerpaaren können z.B. folgende 5 wohlgeformten Klammerausdrücke gebildet werden: **()()()**, **()(())**, **(())()**, **(()())**, **((()))**; nur der vorletzte entspricht einem Operatorbaum aus 3 Knoten. Catalan fand 1883 heraus, dass sich mit n Klammerpaaren C(n) wohlgeformte Klammerausdrücke bilden lassen.

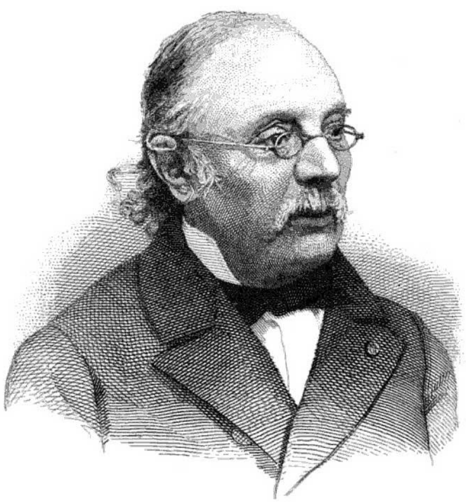
Catalan-Zahlen $C(n) = \sim \frac{4^n}{n^{3/2}\sqrt{\pi}}$

Da C(5) = 42, gibt es 42 verschiedene wohlgeformte Klammerausdrücke mit 5 Klammerpaaren. (Man prüfe, ob man eine kanonische Entsprechung jedes Klammerausdrucks zu einem entsprechenden Operatorbaum mit 5 Operatoren, wie auf der vorherigen slide abgebildet, finden kann.)

()()()()()	(())()()()	()(())()()
(()())()()	((()))()()	()()(())()
(())(())()	()(()())()	(()()())()
((())())()	()((()))()	(()(()))()
((()()))()	(((())))()	()()()(())
(())()(())	()(())(())	(()())(())
((()))(())	()()(()())	(())(()())
()(()()())	(()()()())	((())()())
()((())())	(()(())())	((()())())
(((()))())	()()((()))	(())((()))
()(()(()))	(()()(()))	((())(()))
()((()()))	(()(()()))	((()()()))
(((())()))	()(((())))	(()((())))
((()(())))	(((()())))	((((()))))

Auch wenn im Zähler und Nenner der Formel für C(n) gleichermassen Fakultäten stehen, kürzt sich nicht allzu viel weg, und die Folgenglieder wachsen schnell exponentiell an, hier die ersten 30 Catalan-Zahlen C(0) ... C(29):

1, 1, 2, 5, 14, **42**, 132, 429, 1430, 4862, 16796, 58786, 208012, 742900, 2674440, 9694845, 35357670, 129644790, 477638700, 1767263190, 6564120420, 24466267020, 91482563640, 343 059613650, 1289904147324, 4861946401452, 183673530721 52, 69533550916004, 263747951750360, 1002242216651368


Ann. de l'Académie royale des sciences Belg.

Mit Beginn des 20. Jahrhunderts wurde es üblich, die Zahlenfolge nach dem belgisch-französischen Mathematiker Eugène Charles Catalan (1814 – 1894) zu benennen. Catalan wurde in Brügge geboren, genau an dem Tag (30. Mai 1814), als nach dem Sturz Napoleons in Paris das „Friedens- und Freundschafts-Tractat zwischen Seiner Majestät dem Kaiser von Oesterreich, König von Ungarn und Böhmen, und Allerhöchst Ihren Alliirten einer Seits, dann Seiner Majestät dem König von Frankreich und Navarra anderer Seits“ geschlossen wurde („Erster Pariser Frieden“), in dessen Folge Brügge nicht mehr zu Frankreich gehörte. Catalan verbrachte dann aber später seine Jugend und Studienzeit in Frankreich, und erst 1865 wurde er nach verschiedenen akademischen Positionen in Frankreich schliesslich Professor in Lüttich (Belgien).

Nicht wenig merkwürdig & ziemlich mühsam

1839 veröffentlicht Catalan seinen Aufsatz „Solution nouvelle de cette question: Un polygone étant donné, de combien de manières peut-on le partager en triangles au moyen de diagonales“. Er erwähnt dazu eher beiläufig „la formule trouvée probablement par Euler“. Im gleichen Journal („Journal de mathématiques pures et appliquées“), unmittelbar vor Catalans Arbeit, hat Jacques Binet einen Aufsatz zum gleichen Thema veröffentlicht, „Réflexions sur le Problème de déterminer le nombre de manières dont une figure rectiligne peut être partagée en triangles au moyen de ses diagonales“. Er beginnt mit den Worten „Cette question a été résolue par Euler, mais il n’a pas donné la démonstration de sa formule.“ Tatsächlich ist Euler in diesem Zusammenhang relevant. In einem Brief an Christian Goldbach (1690 – 1764) schreibt Euler bereits 1751:

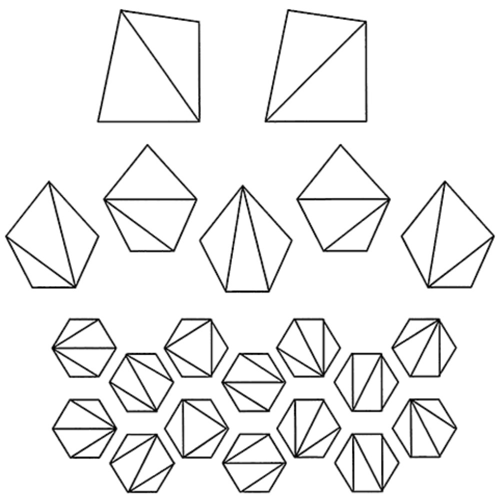


Bild: Jürgen Schmidthammer

> „Ich bin neulich auf eine Betrachtung gefallen, welche mir nicht wenig merkwürdig vorkam. Dieselbe betrifft, auf wie vielerley Arten ein gegebenes polygonum durch Diagonallinien in triangula zerschnitten werden könne.
>
> Also ein quadrilaterum abcd kann entweder durch die diagonalem ac, oder durch bd, und also auf zweyerley Art in zwey triangula resolvirt werden.
>
> Ein Fünfeck abcde wird durch zwey diagonales in drey triangula getheilet, und solches kann auf fünferley verschiedene Arten geschehen […].
>
> Ferner wird ein Sechseck durch drey diagonales in vier triangula zertheilet, und dieses kann auf 14 verschiedene Arten geschehen.
>
> Nun ist die Frage generaliter: da ein polygonum von n Seiten durch n-3 diagonales in n-2 triangula zerschnitten wird, auf wie vielerley verschiedene Arten solches geschehen könne.“

Die beiden Mathematiker kommunizierten oft per Brief (natürlich handschriftlich) miteinander, meist auf Deutsch; wenn es formaler wird, wechseln sie auf Latein, verwenden aber auch französische Ausdrücke und Zitate.

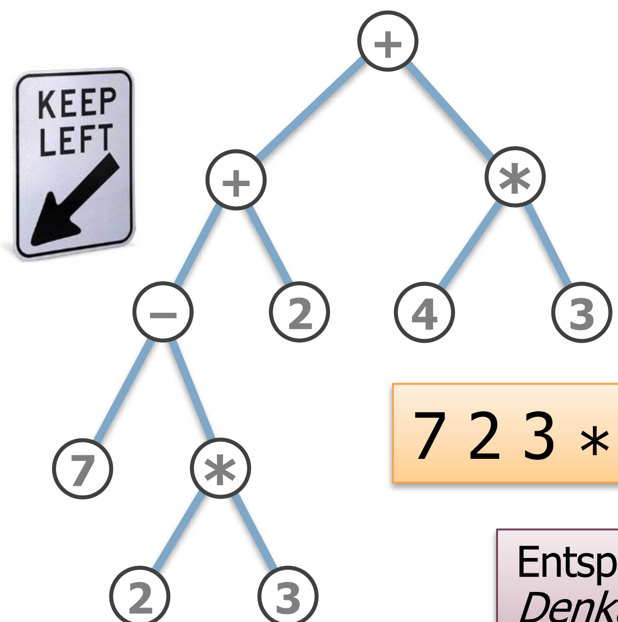
Tatsächlich kann ein n-Eck auf C(n-2) Arten in Dreiecke zerlegt werden. Euler entwickelte dafür eine Formel, die äquivalent zu der oben angegebenen Formel für C(n) ist, jedoch schreibt er dazu im Brief „die Induction aber, so ich gebraucht, war ziemlich mühsam“.

„Postorder"-Baumtraversierung

Alle Knoten eines Baums „der Reihe nach" besuchen

- Zuerst (falls vorhanden) linken Unterbaum traversieren
- Dann (falls vorhanden) rechten Unterbaum traversieren

- Erst danach („post"!) die Wurzel „betrachten"
  - Z.B. den Operator auf die Werte der Unterbäume anwenden
  - Oder: Das dort vorhandene Attribut ausgeben



Lässt sich daraus der Operatorbaum wieder eindeutig rekonstruieren?

7 2 3 ∗ - 2 + 4 3 ∗ +

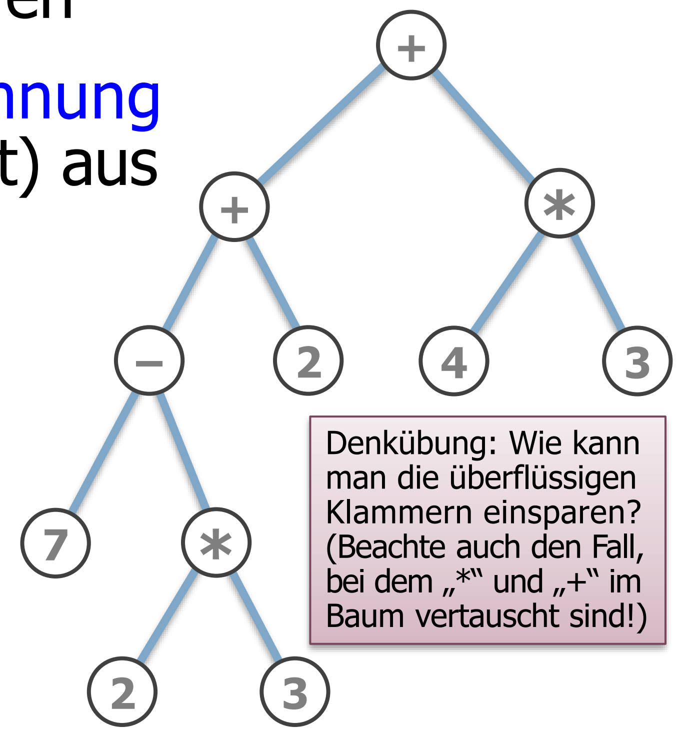
Die Postfix-Notation des Infix-Ausdrucks ((7-(2∗3))+2)+(4∗3)

Entsprechend lassen sich die „preorder" und Präfix-Notation definieren.
Denkübung: Hängen Klammerdarstellung und preorder zusammen?

Symmetrisches Traversieren eines Binärbaums („inorder“)

- Prinzip: Zuerst den linken Unterbaum traversieren, dann das Attribut der Wurzel ausgeben, schliesslich den rechten Unterbaum traversieren
- Beispielhafte Anwendung: Rückgewinnung des Ausdrucks (vollständig geklammert) aus einem Operatorbaum:

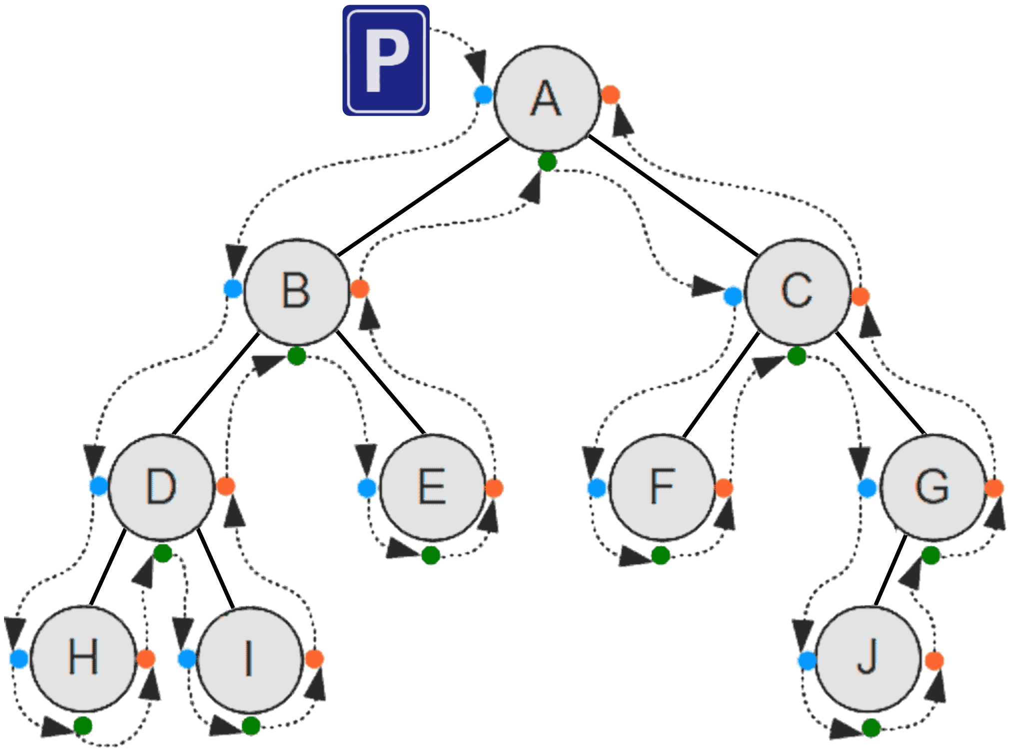
> - Falls die Wurzel Nachfolger hat:
>   - Ausgabe von „(“ und wende Algorithmus auf linken Unterbaum an
> - Ausgabe des Attributs der Wurzel
> - Falls die Wurzel Nachfolger hat:
>   - Wende Algorithmus auf rechten Unterbaum an und Ausgabe von „)“



Denkübung: Wie kann man die überflüssigen Klammern einsparen? (Beachte auch den Fall, bei dem „*“ und „+“ im Baum vertauscht sind!)

→ (((7-(2∗3))+2)+(4∗3))

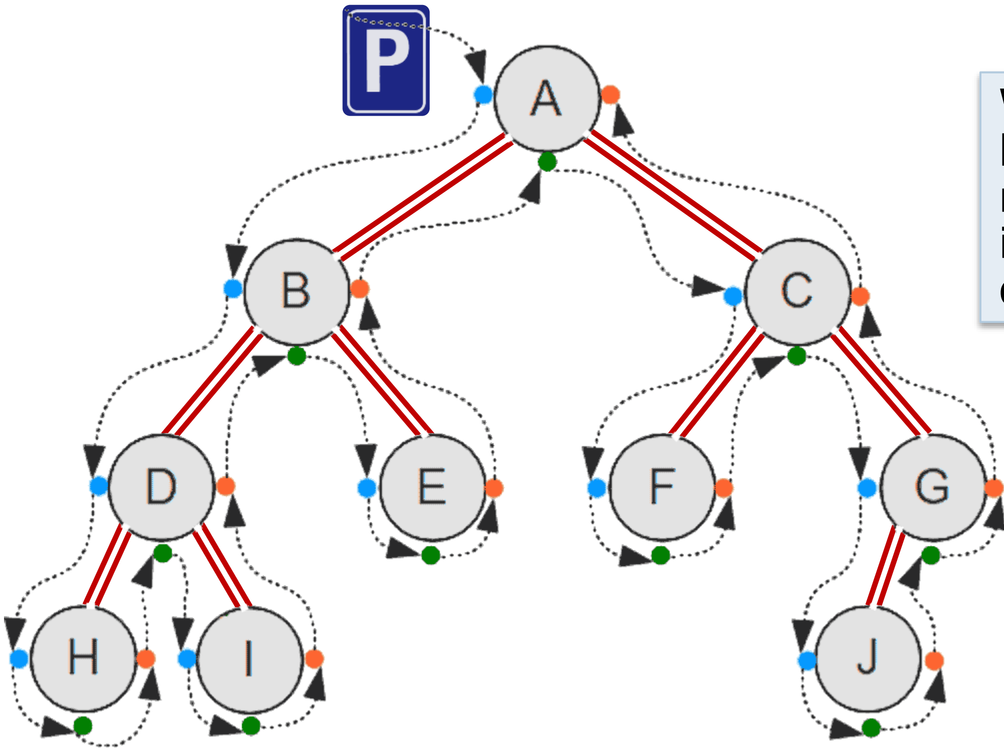
Baumtraversierung als Eulertour



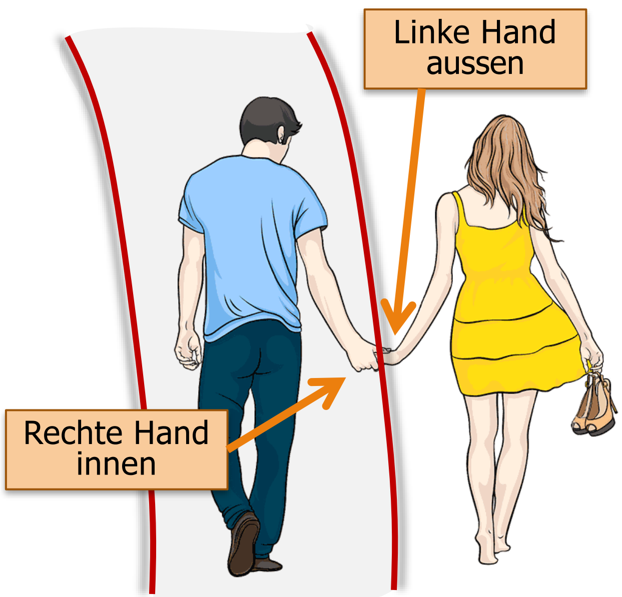
- Wir stellen uns vor, dass die Kanten Teil einer Stadtmauer sind, ebenso wie die Knoten (Wehrtürme). Man beginnt die Tour beim Parkplatz in der Nähe von A. Mit der linken Hand ständig an der Mauer, läuft man nun aussen um die Stadtmauer, bis man wieder den Parkplatz erreicht.
- Bei jedem Knoten des Binärbaums kommt man zunächst im Westen (blauer Punkt) vorbei, sodann im Süden (grüner Punkt) und schliesslich im Osten (roter Punkt).

- Man erhält die Inorder-Reihenfolge HDIBEAFCJG, wenn man Knoten jeweils im Süden betrachtet; die Postorder-Reihenfolge HIDEBFJGCA, wenn man Knoten jeweils im Westen betrachtet; und die Preorder-Reihenfolge bei Betrachtung im Osten.
- Den vollständig geklammerten Infix-Ausdruck erhält man aus einem Operatorbaum mittels einer Eulertour so: Westen → „(" ; Süden → Knoteninhalt ; Osten → „)".

Baumtraversierung als Eulertour



Wenn die dicken Stadtmauern ein innen begehbares Gangsystem darstellen, kann man dann dieses „Labyrinth" traversieren, indem man immer die rechte Hand an der Wand entlang führt?



Euler und seine Tour

Schweizer Banknote (1976 – 2000) mit Leonhard Euler

Leonhard Euler (1707 – 1783) war ein bedeutender Schweizer Mathematiker und Physiker. Aufgewachsen in Basel, lebte und wirkte er anschliessend in St. Petersburg und in Berlin. Neben Analysis, Algebra und Zahlentheorie befasste er sich auch mit Anwendungen der Mathematik in anderen Disziplinen; 1736 veröffentlichte er seinen Aufsatz „Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis“ (Lösung eines Problems zur Geometrie der Lage) mit dem bekannten Königsberger Brückenproblem, welcher als Keimzelle der Graphentheorie und Topologie gilt.

Als Eulertour (oder Eulerkreis) wird heute ein Zyklus in einem Graphen bezeichnet, welcher (entsprechend dem Königsberger Brückenproblem) <u>*jede Kante genau einmal*</u> enthält. Fasst man in einem Baum jede Kante als ein Paar gegenläufig gerichteter Kanten eines Graphen auf, dann folgt aus dem von Euler gefundenen Kriterium „der Grad jedes Knotens ist gerade“ (bzw. spezifischer: Eingangs- und Ausgangsgrad sind identisch), dass eine Eulertour existiert. Ein solcher Zyklus hat die Länge 2(n-1), wenn n die Knotenzahl bezeichnet. Man kann ihn (im Sinne einer Tiefensuche des Baumes) an der Wurzel beginnen und enden lassen.

Gibt es einen Rundweg, bei dem man alle sieben Brücken a, b, c, d, e, f, g genau einmal überquert?

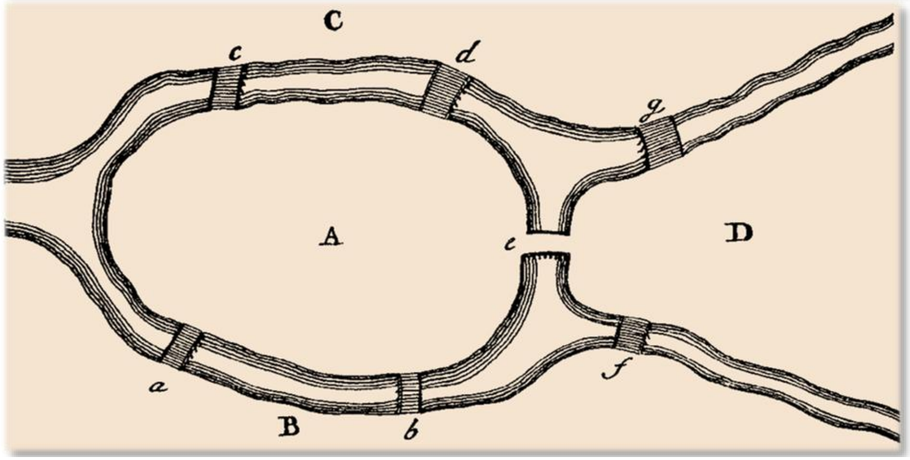
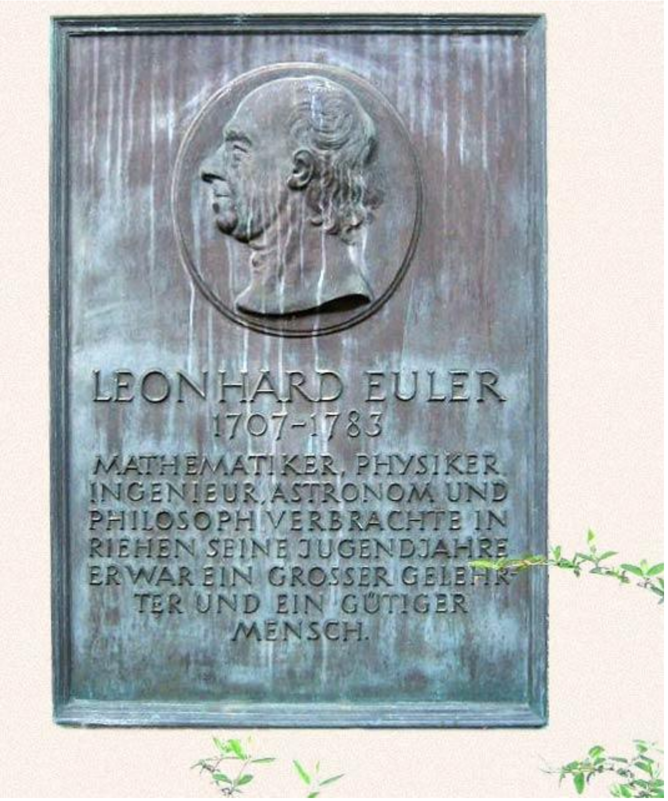


Fig. 1 aus Eulers Aufsatz (→ Auszug einige Slides später)

Euler fand zwar dieses hinreichende Kriterium, allerdings bewies er es nicht; wir kommen darauf noch zurück.

LEONHARD EULER
1707 – 1783
MATHEMATIKER, PHYSIKER, INGENIEUR, ASTRONOM UND PHILOSOPH VERBRACHTE IN RIEHEN SEINE JUGENDJAHRE. ER WAR EIN GROSSER GELEHRTER UND EIN GÜTIGER MENSCH.



Gedenktafel am „Klösterli" in Riehen, neben der Dorfkirche Sankt Martin. Angebracht 1960 aus Anlass der Fünfhundertjahrfeier der Universität Basel.

Auszug aus dem Buch von Wladimir Velminski: *Leonhard Euler. Die Geburt der Graphentheorie.*

«Am 15. April 1707 wurde Euler als Sohn des Pfarrers Paulus Euler und dessen Frau Margaretha Bruckerin in Basel geboren. Kurz nach der Geburt des Jungen zog die Familie von Basel in das benachbarte Dorf Riehen, dessen Gemeinde der Vater fortan betreuen sollte. So wuchs der kleine Leonhard in geordneten Verhältnissen auf, wurde vom Vater im Sinne der Religion erzogen und früh durch erste Rechenaufgaben gefördert: „so trachtete er mir sogleich die erste Gründe der Mathematic beizubringen, und bediente sich zu diesem End des Christophs Rudolphs Coss mit Michael Stiefels Anmerkungen, wo rinnen ich mich einige Jahr mit allem Fleiss übte" – erinnert sich Euler im Alter von 60 Jahren. Das Mathematikbuch von 1525, das Euler in seiner Jugend prägte, bewegt sich zwischen bloßer Rechenkunst und vollzogener Algebraisierung und macht unendliche Zahlen und ausufernde Rechnungen bereits durch erste mathematische Symbole und Kunstwörter nachvollziehbar. Und wenn heute anstatt des Wortes Summe das Zeichen Σ und anstelle der Kreiskonstanten 3.14159… π steht und die Darstellung einer Funktion mit f(x) gekennzeichnet wird, dann sind es Eulers Symbole, die uns die Mathematik anschaulich machen. Am deutlichsten sind die Spuren der mathematischen Poesie Eulers im Symbol e – später die Eulersche Zahl – auszumachen, das er als Basis der natürlichen Logarithmen 2.7182818284... eingeführt hat.

Während seines Studiums an der Universität Basel fiel Euler durch klare mathematische Lösungsstrategien auf. Der Mathematikprofessor Johann Bernoulli, Patron der bekannten Basler Mathematikerfamilie, förderte ihn und gewährte ihm Zugang zu seiner Privatbibliothek. Durch das Stöbern in den Büchern und mathematischen Korrespondenzen des Lehrers, die dieser u.a. mit Leibniz führte, blühte Euler, der Autodidakt, auf. Wenig später wurde er als Adjunkt an die St. Petersburger Akademie der Wissenschaften berufen – zu einem Gehalt von jährlich 300 Rubeln „nebst freyer Wohnung, Holtz und Licht“. Nach St. Petersburg hatten ihn die Söhne seines Mentors empfohlen – Daniel und Nikolaus Bernoulli. Mit Basel ließ der Zwanzigjährige sein vergebliches Bemühen um die dortige Physikprofessur hinter sich. Ein Schiff brachte ihn nach Mainz, eine Postkutsche von dort nach Marburg, wo er auf Empfehlung seines Lehrers Bernoulli den Allgemeingelehrten Christian Wolff besuchte. Dieser versprach Euler eine Reise ins „Paradies der Gelehrten“ – die neue Hauptstadt des Russischen Reiches. »

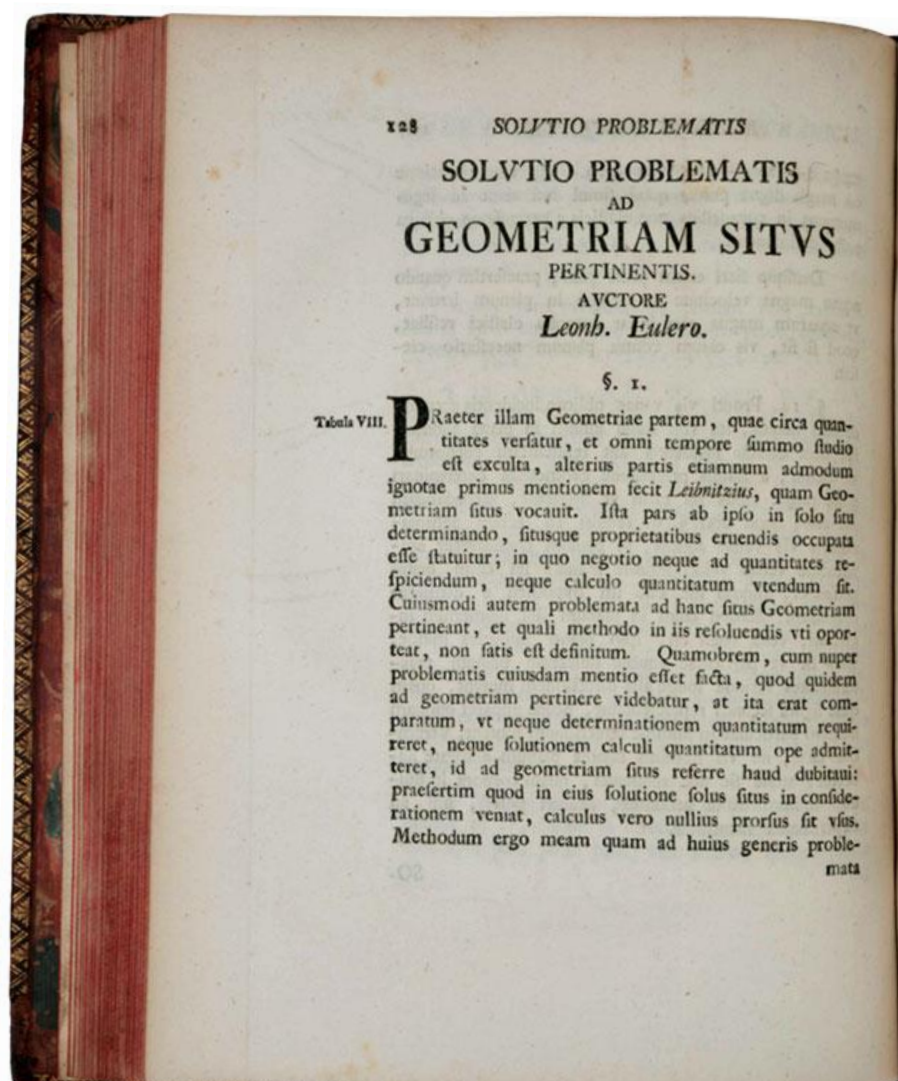
Zu ergänzen wäre noch, dass auch das Zeichen i für die imaginäre Einheit von Euler stammt und wir ihm auch den Abbildungsbegriff im heutigen allgemeinen Sinne verdanken: In „De repraesentatione superficiei sphaericae super plano“ (Über die Abbildung einer Kugelfläche in einer Ebene) schreibt er gleich zu Anfang:

> „Hic non tantum proiectiones opticas considero, quibus diuersa puncta superficiei sphaericae in plano ita repraesentantur, quemadmodum a spectatore in certo loco constituto cernuntur, dum singula puncta, ab eo visa secundum leges Perspectiuae in planum proiiciuntur: Sed hic vocabulum Repraesentationis in latissimo sensu accipio, ita vt singula superficiei sphaericae puncta secundum legem quamcunque in superficie plana exhibeantur, sicque singulis punctis in Sphaera certa puncta in plano respondeant, ac vicissim, nisi forte eueniat, vt quorundam punctorum Sphaerae repraesentatio fiat imaginaria.“

„Hier betrachte ich nicht nur optische Projektionen, bei denen die verschiedenen Punkte... von einem Beobachter… wahrgenommen werden, während… [sie] gemäss den Perspektivgesetzen auf die Ebene projiziert werden. Sondern hier fasse ich das Wort *Abbildung* [Repraesentationis] im weitesten Sinne auf, sodass die einzelnen Punkte der Kugelfläche nach einem beliebigen Gesetz auf einer Ebene dargestellt werden und den einzelnen Punkten auf der Kugel bestimmte Punkte in der Ebene entsprechen und umgekehrt…“

Lösung eines Problems zur Geometrie der Lage

Eulers Aufsatz zum Problem der sieben Brücken erschien 1741 in den „Commentarii Academiae scientiarum imperialis Petropolitanae“, also dem Periodikum der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. Natürlich auf Latein.



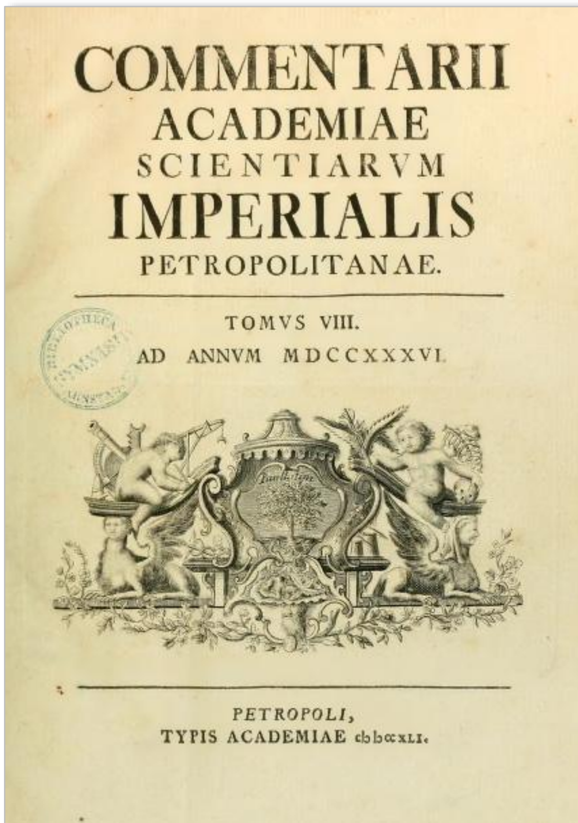
128 SOLVTIO PROBLEMATIS

SOLVTIO PROBLEMATIS
AD
GEOMETRIAM SITVS
PERTINENTIS.
AVCTORE
Leonh. Eulero.

§. 1.

Tabula VIII. Praeter illam Geometriae partem, quae circa quantitates versatur, et omni tempore summo studio est exculta, alterius partis etiamnum admodum ignotae primus mentionem fecit *Leibnitzius*, quam Geometriam situs vocauit. Ista pars ab ipso in solo situ determinando, situsque proprietatibus eruendis occupata esse statuitur; in quo negotio neque ad quantitates respiciendum, neque calculo quantitatum vtendum sit. Cuiusmodi autem problemata ad hanc situs Geometriam pertineant, et quali methodo in iis resoluendis vti oporteat, non satis est definitum. Quamobrem, cum nuper problematis cuiusdam mentio esset facta, quod quidem ad geometriam pertinere videbatur, at ita erat comparatum, vt neque determinationem quantitatum requireret, neque solutionem calculi quantitatum ope admitteret, id ad geometriam situs referre haud dubitaui: praesertim quod in eius solutione solus situs in considerationem veniat, calculus vero nullius prorsus sit vsus. Methodum ergo meam quam ad huius generis problemata

Euler führt an, seine Lösung basiere nur auf reiner Argumentation, die keiner Notwendigkeit bedarf, irgendwelche mathematischen Gesetze heranzuziehen. Er teilt Giovanni Jacopo Marinoni mit, dass der Lösungsweg „weder Geometrie noch Algebra noch der Kunst der Kombinatorik“ angehöre. Euler begründet so quasi nebenbei eine neue mathematische Teildisziplin, die Topologie.



COMMENTARII
ACADEMIAE
SCIENTIARVM
IMPERIALIS
PETROPOLITANAE.

TOMVS VIII.
AD ANNVM MDCCXXXVI.

PETROPOLI,
TYPIS ACADEMIAE cIↄIↄccxLI.

Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis

Eulers Aufsatz von 1741 ist lesenswert; hier drei Abschnitte daraus:

1. Praeter illam geometriae partem, quae circa quantitates versatur et omni tempore summo studio est exculta, alterius partis etiamnum admodum ignotae primus mentionem fecit Leibnitzius, quam *Geometriam situs* vocavit. Ista pars ab ipso in solo situ determinando situsque proprietatibus eruendis occupata esse statuitur; in quo negotio neque ad quantitates respiciendum neque calculo quantitatum utendum sit. Cuiusmodi autem problemata ad hanc situs geometriam pertineant et quali methodo in iis resolvendis uti oporteat, non satis est definitum. Quamobrem, cum nuper problematis cuiusdam mentio esset facta, quod quidem ad geometriam pertinere videbatur, at ita erat comparatum, ut neque determinationem quantitatum requireret neque solutionem calculi quantitatum ope admitteret, id ad geometriam situs referre haud dubitavi, praesertim quod in eius solutione solus situs in considerationem veniat, calculus vero nullius prorsus sit usus. Methodum ergo meam, quam ad huius generis problemata solvenda inveni, tanquam specimen Geometriae situs hic exponere constitui.

Lösung eines Problems zur Geometrie der Lage

1. Neben jenem Bereich der Geometrie, der die Grössen untersucht und zu allen Zeiten eifrig studiert wurde, gibt es noch einen anderen bis jetzt beinahe unbekannten, den Leibniz als Erster erwähnt und Geometrie der Lage (*Geometriam situs*) genannt hat. Gegenstand der Untersuchung ist das, was nur durch die Lage bestimmt werden kann und die Ergründung der Eigenschaften dieser Lage; hierbei sollen die Grössen ausser Acht gelassen und das Rechnen mit Grössen nicht angewendet werden. Welche Probleme aber zu dieser Geometrie der Lage gehören und welche Methode zu ihrer Lösung angewendet werden muss, das ist noch nicht genügend bestimmt. Als neulich ein Problem bekannt wurde, das zwar zur Geometrie zu gehören schien, aber so beschaffen war, dass es weder die Bestimmung einer Grösse erforderte, noch eine Lösung mit Hilfe des Grössenkalküls gestattete, zweifelte ich nicht daran, es der Geometrie der Lage zuzuordnen, umso mehr als zu seiner Lösung nur die Lage in Frage kommt, während eine Berechnung nicht von Nutzen ist. Somit werde ich meine Methode, die ich zur Lösung derartiger Probleme erfunden habe, hier als Muster der Geometrie der Lage vorstellen.

Übertragung ins Deutsche inspiriert von der Übersetzung von W. Velminski

2. Problema autem hoc, quod mihi satis notum esse perhibebatur, erat sequens: Regiomonti in Borussia esse insulam A, der Kneiphof dictam, fluviumque eam cingentem in duos dividi ramos, quemadmodum ex figura (Fig. 1) videre licet; ramos vero huius fluvii septem instructos esse pontibus *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* et *g*. Circa hos pontes iam ista proponebatur quaestio, num quis cursum ita instituere queat, ut per singulos pontes semel et non plus quam semel transeat. Hocque fieri posse, mihi dictum est, alios negare alios dubitare; neminem vero affirmare. Ego ex hoc mihi sequens maxime generale formavi problema: quaecunque sit fluvii figura et distributio in ramos atque quicunque fuerit numerus pontium, invenire, utrum per singulos pontes semel tantum transiri queat an vero secus. [...]

2. Das Problem, das anscheinend recht bekannt ist, war folgendes (Fig. 1): Im preussischen Königsberg gibt es eine Insel A, genannt der Kneiphof. Der Fluss, welcher sie umfliesst, teilt sich in zwei Arme, wie dies im ersten Bild zu erkennen ist. Über die Arme dieses Flusses führen sieben Brücken *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* und *g*. Nun stellte sich die Frage, ob jemand seinen Spazierweg so einrichten könne, dass er jede der Brücken einmal und nicht mehr als einmal überschreite. Man sagte mir, dass Einige diese Möglichkeit verneinen, Andere unschlüssig sind, dass indes niemand einen Beweis erbracht habe. Hiervon abgeleitet, stellte ich mir folgende maximal verallgemeinerte Aufgabe: Herausfinden, ob man jedwede Brücke nur ein einziges Mal zu überschreiten braucht, unabhängig von Verlauf und Aufspaltung des Flusses sowie der Zahl der Brücken. [...]

20. Casu ergo quocunque proposito statim facillime poterit cognosci, utrum transitus per omnes pontes semel institui queat an non, ope huius regulae:

Si fuerint plures duabus regiones, ad quas ducentium pontium numerus est impar, tum certo affirmari potest talem transitum non dari.

Si autem ad duas tantum regiones ducentium pontium numems est impar, tunc transitus fieri poterit, si modo cursus in altera harum regionum incipiatur.

Si denique nulla omnino fuerit regio, ad quam pontes numero impares conducant, tum transitus desiderato modo institui poterit, in quacunque regione ambulandi initium ponatur.

Hac igitur data regula problemati proposito plenissime satisfit.

20. In einem beliebigen Fall kann man demnach mittels folgender Regeln auf das Leichteste entscheiden, ob ein einmaliger Übergang über alle Brücken möglich ist:

Wenn es mehr als zwei Gebiete gäbe, für die die Zahl der Zugangsbrücken ungerade ist, so existiert kein Weg der verlangten Art.

Wenn jedoch die Anzahl der Zugangsbrücken nur für zwei Gebiete ungerade ist, so gibt es einen Weg, vorausgesetzt, dass man in einem dieser beiden Gebiete beginnt.

Wenn es indes überhaupt kein Gebiet gibt, für das die Zahl der Zugangsbrücken ungerade ist, so kann man den verlangten Spaziergang ausführen, gleichgültig in welchem Gebiet man beginnt.

Diese Regeln stellen somit eine vollständige Lösung des vorgelegten Problems dar.

Eine Übersetzung des gesamten Beitrags von Euler *durch Andreas Speiser (in „Klassische Stücke der Mathematik", Orell Füssli, 1925). Andreas Speiser (1885 – 1970) stammt aus Basel und war zwischen 1917 und 1955 Mathematikprofessor an den Universitäten Zürich und Basel.*

1. Neben jenem Teil der Geometrie, der von den Grössen handelt und zu allen Zeiten eifrig studiert wurde, gibt es noch einen andern bis jetzt beinahe unbekannten, den Leibniz zuerst erwähnt und Geometrie der Lage genannt hat. Dieser Teil beschäftigt sich mit dem, was allein durch die Lage bestimmt werden kann und mit der Ergründung der Eigenschaften der Lage; hierbei sollen die Grössen ausser acht gelassen werden und das Rechnen mit Grössen nicht angewendet werden. Was für Probleme aber zu dieser Geometrie der Lage gehören und was für eine Methode zu ihrer Lösung angewendet werden muss, das ist noch nicht genügend bestimmt. Als daher neulich ein Problem bekannt wurde, das zwar zur Geometrie zu gehören schien, aber so beschaffen war, dass es weder die Bestimmung einer Grösse erforderte, noch eine Lösung mit Hilfe des Grössenkalküls gestattete, so zweifelte ich nicht daran, es der Geometrie der Lage beizuzählen, um so mehr als zu seiner Lösung nur die Lage in Betracht gezogen wird, während die Rechnung keinen Nutzen gewährt. Ich werde also meine Methode, die ich zur Lösung derartiger Probleme erfunden habe, hier als Muster der Geometrie der Lage auseinandersetzen.

2. Das Problem, das ziemlich bekannt sein soll, war folgendes: Zu Königsberg in Preussen ist eine Insel A, genannt „der Kneiphof", und der Fluss, der sie umfliesst, teilt sich in zwei Arme, wie dies aus der Fig. 1 ersichtlich ist. Über die Arme dieses Flusses führen sieben Brücken a, b, c, d, e, f und g. Nun wurde gefragt, ob jemand seinen Spazierweg so einrichten könne, dass er jede dieser Brücken einmal und nicht mehr als einmal überschreite. Es wurde mir gesagt, dass einige diese Möglichkeit verneinen, andere daran zweifeln, dass aber niemand sie erhärte. Hieraus bildete ich mir folgendes höchst allgemeine Problem: Wie auch die Gestalt des Flusses und seine Verteilung in Arme, sowie die Anzahl der Brücken ist, zu finden, ob es möglich sei, jede Brücke genau einmal zu überschreiten oder nicht.

3. Was das Königsberger Problem von den sieben Brücken betrifft, so könnte man es lösen durch eine genaue Aufzählung aller Gänge, die möglich sind; denn dann wüsste man, ob einer derselben der Bedingung genügt oder keiner. Diese Lösungsart ist aber wegen der grossen Zahl von Kombinationen zu mühsam und schwierig, und zudem könnte sie in andern Fragen, wo noch viel mehr Brücken vorhanden sind, gar nicht mehr angewendet werden. Würde die Untersuchung in der eben erwähnten Weise geführt, so würde Vieles gefunden, wonach gar nicht gefragt war; dies ist zweifellos der Grund, warum dieser Weg so beschwerlich wäre. Darum habe ich diese Methode fallen gelassen und eine andere gesucht, die nur so weit reicht, dass sie erweist, ob ein solcher Spazierweg gefunden werden kann oder nicht; denn ich vermutete, dass eine solche Methode viel einfacher sein werde.

4. Meine ganze Methode beruht nun darauf, dass ich das Überschreiten der Brücken in geeigneter Weise bezeichne, wobei ich die grossen Buchstaben A, B, C, D gebrauche zur Bezeichnung der einzelnen Gebiete, welche durch den Fluss voneinander getrennt sind. Wenn also einer vom Gebiet A in das Gebiet B gelangt über die Brücke a oder b, so bezeichne ich diesen Übergang mit den Buchstaben AB, deren erster das Gebiet angibt, aus welchem der Wanderer herauskommt, während der zweite das Gebiet angibt, in welches er nach Überschreitung der Brücke gelangt. Wenn der Wanderer darauf aus dem Gebiet B über die Brücke f in das Gebiet D geht, so wird dieser Übergang mit den Buchstaben BD bezeichnet; diese beiden hintereinander ausgeführten Übergänge AB und BD bezeichne ich nun bloss mit den drei Buchstaben ABD, weil der mittlere B ebensowohl das Gebiet angibt, in welches der erste Übergang hineinführte, als das Gebiet, aus welchem der zweite Übergang herausführt.

5. Wenn in gleicher Weise der Wanderer aus dem Gebiet D über die Brücke g in das Gebiet C gelangt, so bezeichne ich diese drei nacheinander ausgeführten Übergänge mit den vier Buchstaben ABDC. Denn aus diesen vier Buchstaben ABDC erhellt, dass der Wanderer, nachdem er sich anfänglich in dem Gebiet A befand, hinübergegangen ist in das Gebiet B, von hier weitergeschritten ist in das Gebiet D und schliesslich von da nach C gelangt ist; da aber diese Gebiete durch Flüsse voneinander getrennt sind, so muss der Wanderer notwendigerweise drei Brücken überschreiten. Ein Übergang über vier Brücken wird durch fünf Buchstaben angegeben werden, und wenn der Wanderer über eine beliebige Anzahl von Brücken geht, so wird seine Wanderung durch eine um eins grössere Anzahl von Buchstaben, als die Zahl der Brücken beträgt, bezeichnet werden. Der Übergang über sieben Brücken bedarf also acht Buchstaben zur Bezeichnung.

6. Bei dieser Bezeichnungsweise sehe ich nicht darauf, welche Brücken benützt werden, d. h. wenn der Übergang aus einem Gebiet in ein anderes auf mehreren Brücken erfolgen kann, so ist es gleichgültig, welche man benutzt, wenn sie nur in das verlangte Gebiet führt. Könnte also der Weg über die sieben Brücken so geführt werden, dass jede einmal und nur einmal passiert wird, so könnte man ihn mit acht Buchstaben darstellen, und zwar müssten diese Buchstaben so aufeinander folgen, dass die Folge AB zweimal auftritt, weil die zwei Brücken a und b die Gebiete A und B verbinden; ebenso muss auch die Folge AC in der Reihe der acht Buchstaben zweimal auftreten; ferner muss die Folge AD und ebenso BD und CD je einmal auftreten.

7. Unsere Frage reduziert sich jetzt darauf, ob aus den vier Buchstaben A, B, C und D eine Reihe von acht Buchstaben gebildet werden kann, in der alle diese Folgen in der vorgeschriebenen Anzahl auftreten. Bevor man sich aber die Mühe gibt, eine solche Reihe zu suchen, tut man gut, zu zeigen, ob eine solche vorhanden ist oder nicht. Wenn man nämlich zeigen könnte, dass eine solche Anordnung überhaupt nicht möglich ist, dann wäre alle Mühe unnütz, die man zu ihrer Auffindung verwendet. Darum habe ich eine Regel aufgespürt, welche gestattet, in diesen und allen ähnlichen Fragen ohne Mühe zu entscheiden, ob eine solche Anordnung der Buchstaben möglich ist.

8. Um eine solche Regel zu finden, betrachte ich ein einziges Gebiet A, in das eine beliebige Anzahl von Brücken a, b, c, d usw. führt (Fig. 2). Von diesen Brücken betrachte ich zunächst nur a. Wenn der Wanderer diese Brücke überschreitet, so muss er entweder vor dem Übergang sich in A befunden haben, oder er gelangt nach dem Übergang nach A; in unserer obigen Bezeichnungsweise wird also der Buchstabe A gerade einmal auftreten. Falls drei Brücken a, b, c nach A führen und der Wanderer alle drei überschreitet, so wird in der Wegbezeichnung der Buchstabe A zweimal vorkommen, gleichgiltig ob der Weg in A begonnen hat oder nicht. Und wenn fünf Brücken nach A führen, so wird in der Bezeichnung eines Weges, welcher sie alle überschreitet, der Buchstabe A dreimal auftreten. Wenn die Anzahl der Brücken irgendeine ungerade Zahl ist, so vermehre man diese Zahl um eins und halbiere, dann erhält man die Zahl, die angibt, wie oft der Buchstabe A auftritt.

9. Kehren wir nun zum Königsberger Problem zurück (Fig. 1). Da zur Insel A fünf Brücken führen, nämlich a, b, c, d, e, so muss bei der Bezeichnung des Weges der Buchstabe A dreimal auftreten. Weil drei Brücken nach B führen, so muss B zweimal vorkommen, und gleichermassen wird D und C zweimal auftreten. In der Reihe der acht Buchstaben, welche den Übergang über die sieben Brücken kennzeichnet, muss A dreimal, B, C und D dagegen je zweimal auftreten; das geht aber in einer Reihe von acht Buchstaben auf keine Weise. Daraus ist ersichtlich, dass der gesuchte Übergang über die sieben Königsberger Brücken nicht ausgeführt werden kann.

10. In dieser Weise kann man immer dann, wenn die Anzahl der Brücken, die in jede einzelne Region führen, ungerade ist, entscheiden, ob es einen Weg gibt, der über jede Brücke genau einmal führt. Einen solchen gibt es nämlich allemal dann, wenn die um eins vermehrte Zahl der Brücken gleich ist der Summe aller Zahlen, die angeben, wie oft jeder einzelne Buchstabe auftreten muss. Wenn diese Summe aber, wie in unserem Beispiel, grösser ist als die um eins vermehrte Brückenzahl, so kann ein solcher Weg auf keine Weise konstruiert werden. Die Regel, welche ich in 8. gegeben habe, um aus der Anzahl der Brücken, die nach A führen, zu bestimmen, wie oft in der Wegbezeichnung der Buchstabe A vorkommt, ist unabhängig davon, ob alle Brücken wie in Fig. 2 aus einem einzigen Gebiet B herkommen oder aus verschiedenen; denn ich betrachte nur das Gebiet A und untersuche, wie oft der Buchstabe A vorkommen muss.

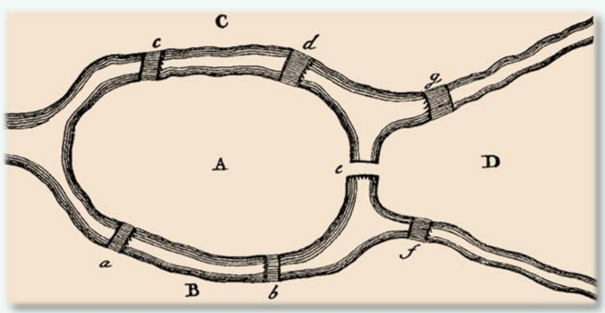
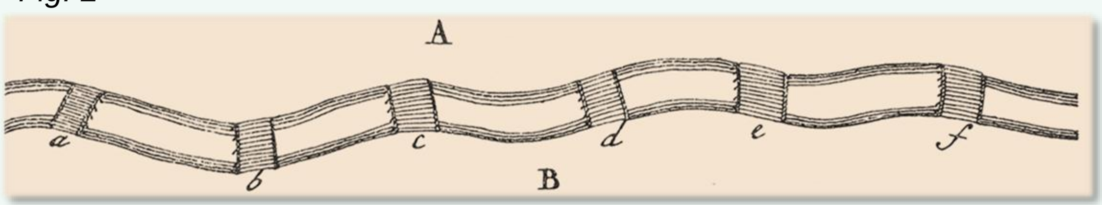


Fig. 1

Fig. 2



11. Wenn aber die Anzahl der Brücken, die nach A führen, gerade ist, dann muss man berücksichtigen, ob die Wanderung in A ihren Anfang genommen hat oder nicht. Wenn nämlich zwei Brücken nach A führen und die Wanderung in A beginnt, dann muss der Buchstabe A zweimal auftreten, einmal nämlich zur Bezeichnung des Verlassens von A über die eine Brücke, ein zweites Mal zur Bezeichnung der Rückkehr nach A über die andere Brücke. Wenn aber der Wanderer seinen Weg in einem anderen Gebiet beginnt, dann kommt der Buchstabe A nur einmal vor, denn in meiner Bezeichnungsweise bedeutet das einmalige Auftreten von A sowohl einen Eintritt nach A als einen Austritt aus A.

12. Jetzt mögen vier Brücken in das Gebiet A führen und der Weg in A seinen Anfang nehmen. Dann wird in der vollständigen Wegbezeichnung der Buchstabe A dreimal auftreten. Wenn der Weg aber in einem anderen Gebiet begonnen hätte, so käme A nur zweimal vor. Wenn sechs Brücken nach A führen, so kommt A viermal vor, falls A das Anfangsgebiet ist, sonst aber bloss dreimal. Und allgemein: wenn die Anzahl der Brücken eine gerade ist, so gibt ihre Hälfte an, wie oft A auftreten muss, falls A nicht Anfangsgebiet ist; die um eins vermehrte Hälfte aber gibt an, wie oft A auftreten muss, wenn die Wanderung in A begonnen hat.

13. Weil nun jede Wanderung notwendig in einem Gebiet ihren Anfang nimmt, so definiere ich folgendermassen aus der Zahl der Brücken, die in ein Gebiet führen, die Anzahl, wie oft der zugehörige Buchstabe in der Wegbezeichnung auftritt: Ist die Brückenzahl ungerade, so vermehre ich sie um eins und nehme die Hälfte, ist sie aber gerade, so nehme ich ihre Hälfte. Wenn jetzt die Summe der so erhaltenen Zahlen gleich der um eins vermehrten Brückenzahl ist, dann gelingt die Auffindung eines Weges, aber man muss in einem Gebiet beginnen, zu welchem eine ungerade Anzahl von Brücken führt. Wenn diese Summe aber um eins kleiner ausfällt, als die um eins vermehrte Zahl der Brücken, dann gelingt der Spaziergang, wenn man in einem Gebiet beginnt, zu welchem eine gerade Anzahl von Brücken führt, denn in diesem Fall ist unsere Summe noch um eins zu vermehren.

14. Um nun bei irgendeiner Konfiguration von Flüssen und Brücken zu entscheiden, ob man über jede Brücke genau einmal gehen könne, verfahre ich folgendermassen. Zunächst bezeichne ich die einzelnen Gebiete, die durch das Wasser untereinander abgetrennt sind, mit Buchstaben A, B, C usw. Zweitens nehme ich die Zahl aller Brücken, vermehre sie um eins und schreibe die so entstehende Zahl zuoberst auf. Drittens schreibe ich darunter die Buchstaben A, B, C usw. und neben jeden derselben die Zahl der Brücken, welche zu seinem Gebiet führen. Viertens versehe ich diejenigen Buchstaben, denen gerade Zahlen beigeschrieben sind, mit einem Stern. Fünftens schreibe ich neben diese geraden Zahlen ihre Hälfte auf, neben die ungeraden aber schreibe ich die Hälfte der um eins grösseren Zahl. Sechstens addiere ich diese zuletzt erhaltenen Zahlen. Wenn diese Summe um eins kleiner oder gleich ist der zuoberst aufgeschriebenen Zahl, dann schliesse ich, dass der gewünschte Übergang ausgeführt werden kann. Aber darauf muss man sehen: wenn die Summe um eins kleiner ist als die obenstehende Zahl, dann muss man den Spaziergang in einer Gegend beginnen, die mit einem Stern versehen ist. Im anderen Fall, wenn also die beiden Zahlen gleich sind, muss man in einem Gebiet ohne Stern beginnen. Im Königsberger Fall richte ich also den Gang der Rechnung folgendermassen ein: Zahl der Brücken 7, gibt also 8.

	Brücken	
A	5	3
B	3	2
C	3	2
D	3	3

Weil die Summe der letzten Spalte mehr als 8 ergibt, so kann der gewünschte Spaziergang nicht ausgeführt werden.

15. Es seien zwei Inseln vom Wasser umgeben und mit diesem Wasser mögen vier Flüsse kommunizieren, wie die Figur 3 angibt. Über das Wasser, das die Inseln umgibt, und über die Flüsse mögen insgesamt fünfzehn Brücken führen: a, b, c, d usw., und es wird gefragt, ob man den Weg so einrichten könne, dass er über alle Brücken führt, über keine aber mehr als einmal. Zuerst bezeichne ich also alle Gebiete, die durch das Wasser abgetrennt sind, mit den Buchstaben A, B, C, D, E, F, es gibt deren sechs. Dann vermehre ich die Zahl der Brücken, nämlich 15, um eins und schreibe diese Zahl 16 zuoberst auf.

		16
A*,	8	4
B*,	4	2
C*,	4	2
D,	3	2
E,	5	3
F*,	6	3
		16

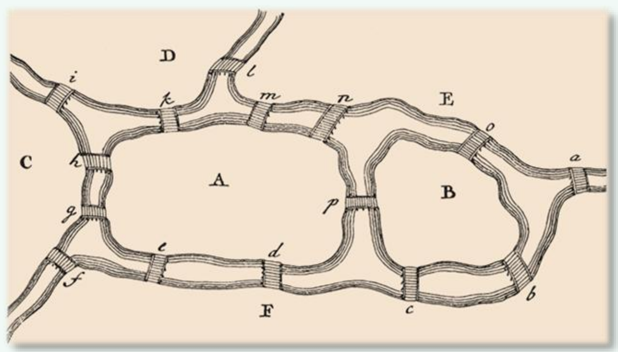


Fig. 3

Drittens schreibe ich die Buchstaben A, B, C usw. untereinander und zu jedem die Zahl der Brücken, die zu seinem Gebiet führen, wie z. B. acht Brücken nach A, vier nach B führen usw. Viertens versehe ich diejenigen Buchstaben, denen eine gerade Zahl beigeschrieben ist, mit einem Stern. Fünftens schreibe ich in einer dritten Kolonne die Hälfte der geraden Zahlen, die ungeraden vermehre ich dagegen um eins und nehme die Hälfte. Sechstens addiere ich die Zahlen der dritten Kolonne und erhalte die Summe 16; da diese übereinstimmt mit der oben angeschriebenen Zahl 16, so folgt, dass der Gang ausgeführt werden kann, falls man im Gebiet D oder E beginnt, die nicht mit einem Stern versehen sind. Ein solcher Weg ist folgender

E a F b B c F d A e F f C g A h C i D k A m E n A p B o E l D,

wobei ich zwischen die grossen Buchstaben noch die Brücken notiert habe, welche überschritten werden.

16. Auf diese Weise wird es leicht sein, auch in einem noch so komplizierten Fall zu entscheiden, ob ein Übergang über alle Brücken je einmal überhaupt möglich ist oder nicht. Jetzt will ich aber dafür noch einen viel leichteren Weg angeben, der ohne Schwierigkeit aus dem bisherigen folgt, wenn ich noch folgende Bemerkungen vorgebracht haben werde. Zuerst nämlich bemerke ich, dass die Summe aller Brückenzahlen, die in der zweiten Kolonne neben die Buchstaben A, B, C usw. angeschrieben sind, notwendigerweise das Doppelte der Anzahl der Brücken beträgt. Der Grund dafür ist der, dass bei dieser Abzählung jede Brücke zweimal in Anrechnung kommt, nämlich bei jedem der beiden Gebiete, die sie verbindet, je einmal. *)

17. Aus dieser Bemerkung folgt, dass die Summe dieser Zahlen eine gerade sein muss, weil ihre Hälfte mit der Brückenzahl übereinstimmt. Es kann also nicht vorkommen, dass unter diesen Zahlen, welche angeben, wie viele Brücken in ein Gebiet führen, genau eine ungerade ist, ebensowenig, dass drei oder fünf usw. ungerade sind. Wenn also einige der den Buchstaben A, B, C usw. beigeschriebenen Zahlen ungerade sind, so muss deren Anzahl gerade sein; so waren im Königsberger Fall die vier den Buchstaben A, B, C, D beigeschriebenen Zahlen ungerade, wie aus 14. erhellt; und im vorigen Beispiel 15 waren nur zwei Zahlen ungerade, nämlich die den Buchstaben D und E beigeschriebenen. **)

18. Da nun die Summe der Zahlen, die neben den Buchstaben A, B, C usw. aufgeschrieben sind, das Doppelte der Brückenzahl ist, so ist klar, dass diese Summe um zwei vermehrt und halbiert die oben angeschriebene Zahl ergibt. Wenn daher alle Zahlen bei A, B, C usw. gerade sind, und ihre Hälften genommen werden, damit man die Zahlen der dritten Kolonne erhält, so wird die Summe dieser Zahlen um eins kleiner sein als die zuoberst angeschriebene Zahl. Daher wird in diesen Fällen der Übergang über alle Brücken immer ausführbar sein. Denn in welchem Gebiet auch der Weg beginnt, immer wird eine gerade Zahl von Brücken darauf führen, wie verlangt wird. So kann im Königsberger Beispiel eingerichtet werden, dass einer über jede Brücke zweimal geht; jede Brücke ist so gleichsam in zwei geteilt und die Zahl von Brücken, die in jedes Gebiet führt, ist gerade.

19. Wenn ferner nur zwei Zahlen, die neben die Buchstaben A, B, C usw. geschrieben sind, ungerade sind, die übrigen dagegen alle gerade, dann gelingt immer der gewünschte Weg, wenn man ihn in einem Gebiet beginnt, zu dem eine ungerade Anzahl von Brücken führt. Wenn man nämlich die geraden Zahlen halbiert, und ebenso die ungerade, nachdem man sie um eins vermehrt hat, wie die Vorschrift lautet, so wird die Summe dieser Hälften um eins grösser sein, als die Zahl der Brücken und daher der oben aufgeschriebenen Zahl gleich.

----------------- Benennung nach Martin Grötschel

*) „**1. Satz der Graphentheorie**“: In jedem (endlichen, schlichten) Graphen beträgt die Summe der Knotengrade das Doppelte der Kantenzahl (und ist daher gerade).

) „2. Satz der Graphentheorie**“: In einem Graphen ist die Anzahl der Knoten mit ungeradem Grad stets gerade.

Hieraus ersieht man ferner, für den Fall, dass vier oder sechs oder acht usw. Zahlen der zweiten Kolonne ungerade sind, dass die Summe der Zahlen in der dritten Kolonne grösser ist als die obere Zahl und sie entsprechend um eins, zwei, drei usw. übersteigt, dass also kein Weg existiert.

20. In irgendeinem vorgelegten Fall kann man daher auf das Leichteste entscheiden, ob ein einmaliger Übergang über alle Brücken möglich ist, mit Hilfe folgender Regeln:

Wenn es mehr als zwei Gebiete gäbe, für welche die Zahl der Zugangsbrücken ungerade ist, so gibt es keinen Weg von der verlangten Art.

Wenn die Anzahl der Zugangsbrücken nur für zwei Gebiete ungerade ist, so gibt es Wege, vorausgesetzt, dass man in einem dieser beiden Gebiete beginnt.

Wenn es aber gar kein Gebiet gibt, für welches die Zahl der Zugangsbrücken ungerade ist, so kann man den verlangten Spaziergang ausführen, gleichgültig in welchem Gebiet man beginnt.

Diese Regel löst also das vorgelegte Problem vollständig.

„**Satz von Euler-Hierholzer**“: Ein Graph hat genau dann einen Eulerpfad, wenn zwei oder keiner seiner Knoten von ungeradem Grad sind.

21. Nachdem man gefunden hat, ob ein Weg existiert, so bleibt noch die Frage, wie man ihn führen muss. Hierzu dient folgende Regel: Man lasse in Gedanken, so oft das geht, zwei Brücken, die dieselben zwei Gebiete verbinden, weg, wodurch die Zahl der Brücken meistens ausserordentlich vermindert wird. Dann suche man, was leicht ist, einen Weg der gewünschten Art über die übrigbleibenden. Hat man ihn gefunden, so werden die Brücken, welche man in Gedanken weggelassen hat, den Weg nicht mehr wesentlich stören, wie man nach kurzem Überlegen leicht sieht; ich glaube daher nicht, dass es nötig sein wird, noch mehr zur Aufsuchung der Wege vorzubringen.

The paper looks like treating a certain puzzle, and it did not receive much attention for a long period of time. Moreover, in his own research Euler never returned to this particular topic. In retrospect, his article on the bridges of Königsberg laid the foundations of graph theory. – Martin Grötschel

Geometria situs schon bei Leibniz?

Euler erwähnt am Anfang seiner Abhandlung Leibniz, der eine „geometria situs“ vorgeschlagen habe. Tatsächlich verfasste Leibniz 1693 ein (unpubliziertes) Manuskript über die „analysis situs“, in der von metrischen Verhältnissen abgesehen und die Lage der Raumpunkte untereinander berücksichtigt wird. Leibniz erläutert seine Ideen auch in Briefen an mehrere Zeitgenossen. Unter anderem schreibt er 1679 an Huygens: „Je croy qu'il nous faut encor une autre analyse proprement géométrique ou linéaire, qui nous exprime directement *situm*, comme l'Algebre exprime *magnitudinem*.“ Und an anderer Stelle: „L'Algebre n'est autre chose que la characteristique des nombres indéterminés ou des grandeurs. Mais elle n'exprime pas directement la situation, les angles, et le mouvement.“

Wie so oft hatte Leibniz auch hier das richtige Gespür, doch gelingt es ihm selbst nicht, daraus eine konkrete Theorie weiterzuentwickeln, und er kann auch weder Huygens noch andere Wissenschaftler überzeugen. Kant merkt später in seiner Abhandlung „Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raum“ etwas spöttisch zu Leibniz an, es habe den Anschein, dass „eine gewisse mathematische Disciplin, welche er im voraus Analysin situs betitelte […], wohl niemals etwas mehr als ein Gedankending gewesen sey.“

Leibniz' allzu vage Gedanken als Grundstein für die Topologie anzusehen, wäre daher wohl vermessen, hier behauptet sich Euler mit seiner Abhandlung zum Brückenproblem zurecht. Eulers Konzept habe aber, so der niederländische Mathematiker Hans Freudenthal, „mit Leibniz' Geometria situs ganz und gar nichts zu tun“; Freudenthal vermutet, dass Leibniz eher so etwas wie eine vektorielle Geometrie vorschwebte.

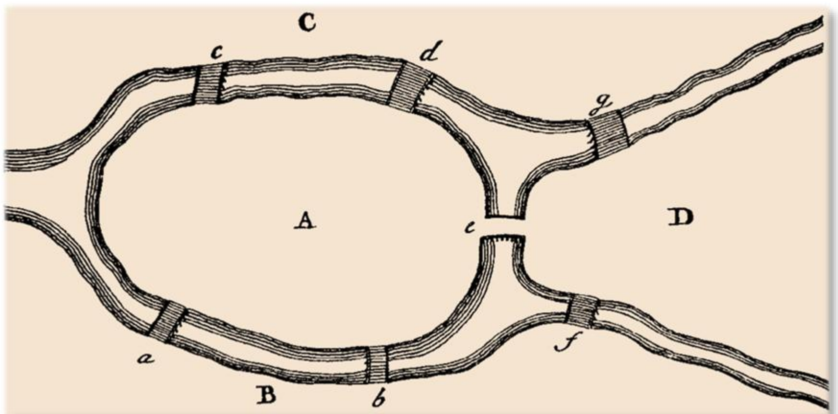
Hans Freudenthal (1905 – 1990), deutschjüdischer Abstammung aus Luckenwalde, Studium und Promotion in Berlin, danach Assistent beim Topologen und Logiker Brouwer (1881 – 1966) in Amsterdam. Während des Zweiten Weltkriegs wurde er von der deutschen Besatzungsmacht in ein Arbeitslager deportiert, konnte 1944 aber fliehen und sich bis Kriegsende in Amsterdam verstecken. 1946 wurde er Professor für Mathematik in Utrecht. Bekannt wurde Freudenthal auch durch den Entwurf einer Sprache, die eine Kommunikation mit Ausserirdischen ermöglichen soll.

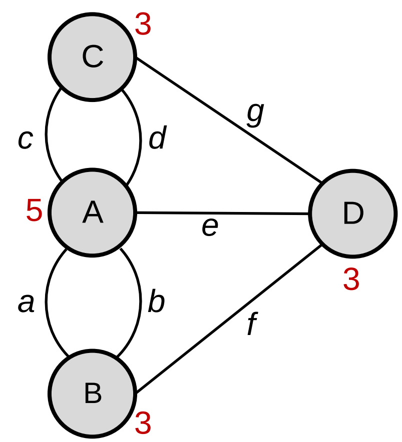
Der Wissenschaftshistoriker Vincenzo De Risi meint zu Leibniz' geometria situs: “Vector calculus, projective geometry, topology were in turn recognized as the proper analysis situs and ascribed to Leibniz, even though they departed greatly from Leibniz original ideas. […] His fragmentary suggestions and the spell of a name—analysis situs—produced in the end greater revolutions than he had expected.”

Eulers Modellierung

Was das Königsberger Problem der sieben Brücken betrifft, so könnte man es durch eine vollständige Aufzählung aller Gänge, die möglich sind, lösen... Dieses Lösungsprinzip ist aber wegen der großen Zahl von Kombinationen recht mühsam. -- L. Euler

Die Zeichnung in Eulers Publikation ist interessant: Durch die Schraffierungen und die organische Form des verzweigten Flusslaufs hat sie den Charakter eines Bildes; sie ist aber nur in Hinblick auf die gezeigten Lagebeziehungen ein korrektes Abbild der Situation in Königsberg. Wie die Königsberger Stadtpläne auf den nächsten Seiten zeigen, ist die Zeichnung tatsächlich in geometrischer Hinsicht nicht abbildungstreu und enthält mehr Symmetrie als die Wirklichkeit. Sie ist daher teilweise auch schon eher ein abstraktes Diagramm, dessen „vollendete" heutige Gestalt in Form eines Graphen rechts daneben angegeben ist.



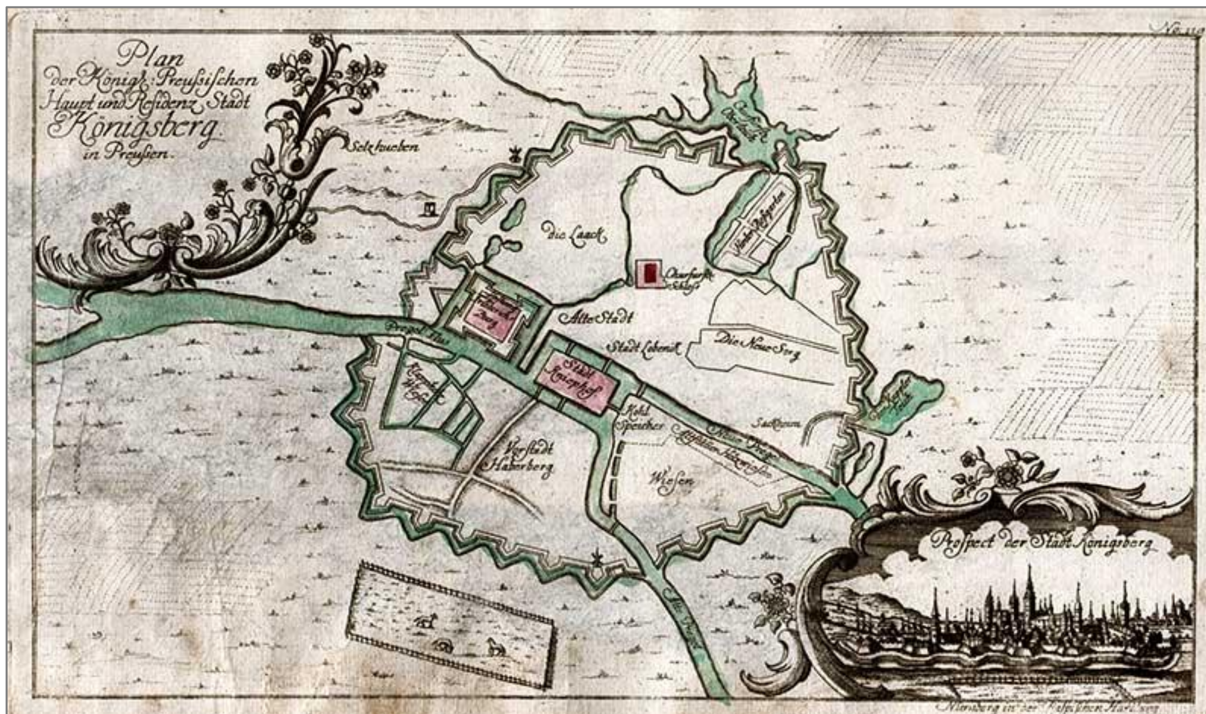


Der Schritt vom Bild zum Graphenmodell, das uns heute so vertraut ist, erfordert einen mentalen Kraftakt; denn nicht die „Linie" des Flusses wird dort zu einer Linie, sondern die abstrakte Nachbarschaftsbeziehung. Euler hatte diese Relation im Kopf, aber nicht auf diese Weise visualisiert (so erst 1894 durch Rouse Ball).

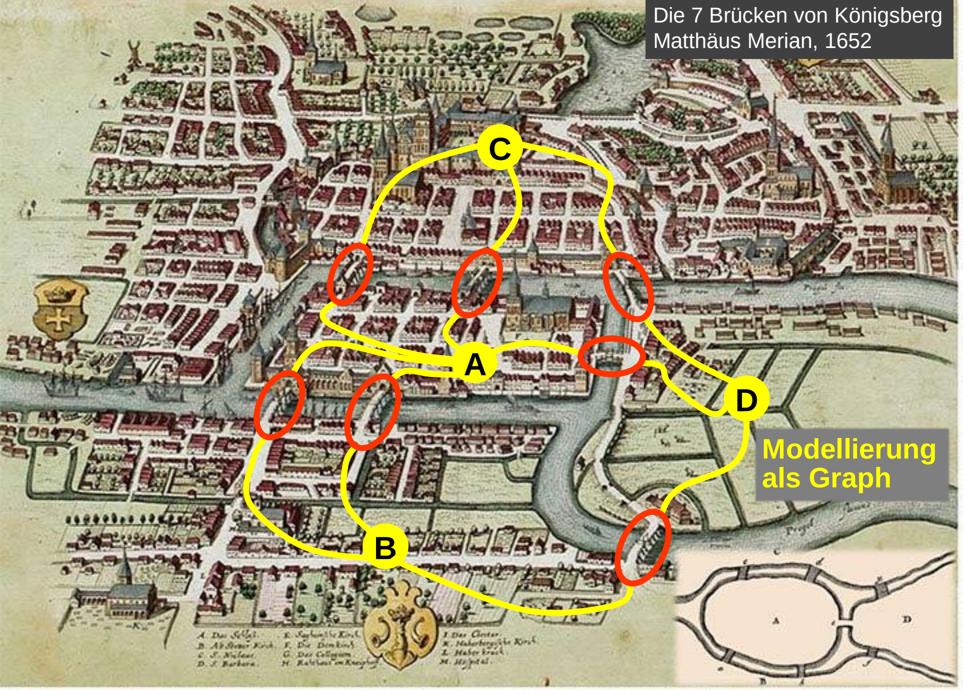
Diese Zwitterfunktion als Bild und als abstraktes Diagramm illustriert, dass die Zeichnung einerseits ein Modell von Königsberg (genauer der Topographie der Königsberger Flusslandschaft) verkörpert, andererseits aber als Modell für eine vielleicht beliebige, aber typische, Lagesituation von Gebieten, die über Brücken verbunden sind, fungiert. Im ersten Fall wird aus dem Vorbild (in diesem Fall von Königsberg) ein Modell (die Zeichnung) geformt, im zweiten Fall wird ausgehend vom Modell als Vorbild eine dazu passende Realität imaginiert, die topologisch äquivalent zu Königsberg ist; die Zeichnung als Diagramm und Verkörperung eines Graphen dient als Modell für die gesamte Äquivalenzklasse.

Ein Königsberger Paar auf der Suche nach der Eulertour. Kupferstich von Georg Braun und Frans Hogenberg aus den Civitates Orbis Terarum, um 1580.

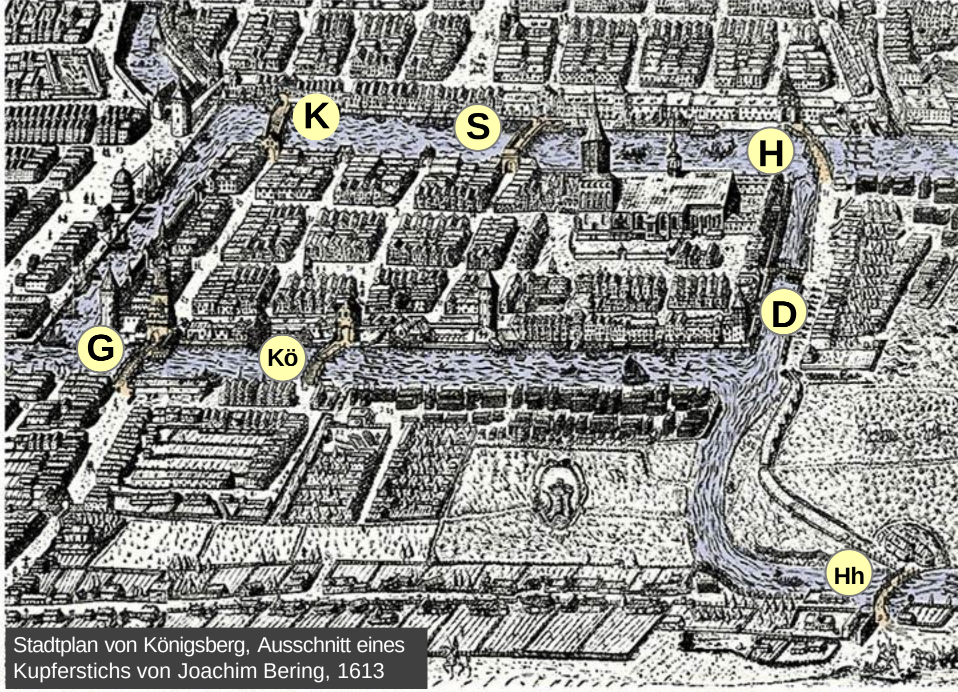
Wo aber ist die siebte Brücke? Verdeckt sie das Paar? Liegt sie rechts unten ausserhalb des Bildes? Haben die Künstler sie absichtlich weggelassen? Denn bereits um 1520 gab es eine solche Brücke über den Natangischen Pregel als Vorläufer der späteren Hohen Brücke.



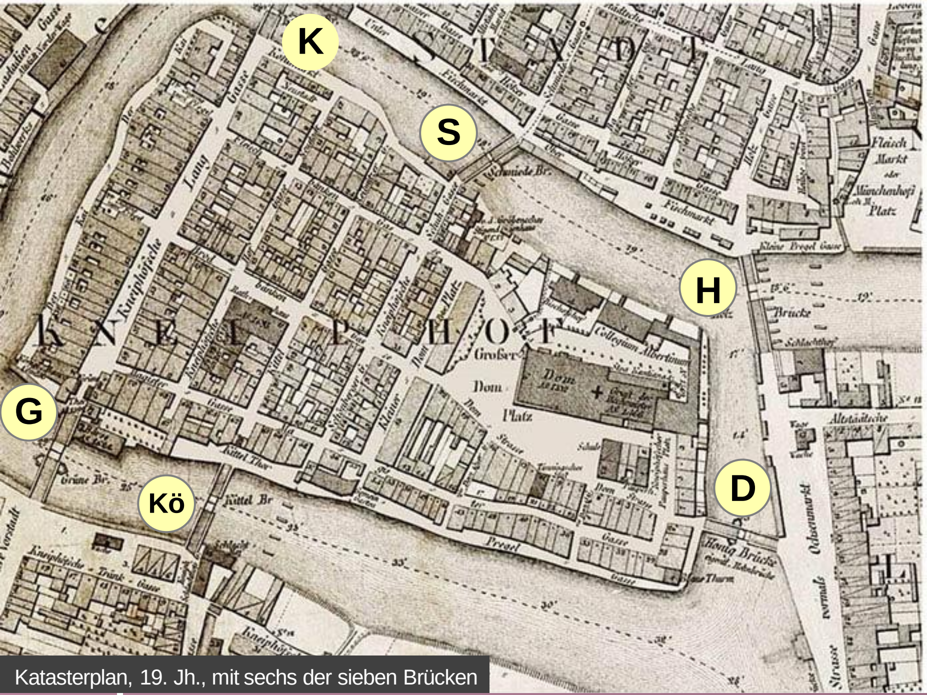
Königsberg um 1760 mit der Stadtbefestigung. Die Eigenschaft, als Festungsstadt zu gelten, war eine wesentliche Ursache für das Schicksal von Königsberg zum Ende des Zweiten Weltkriegs. Die sieben Brücken sind (mit ein wenig Mühe) erkennbar.



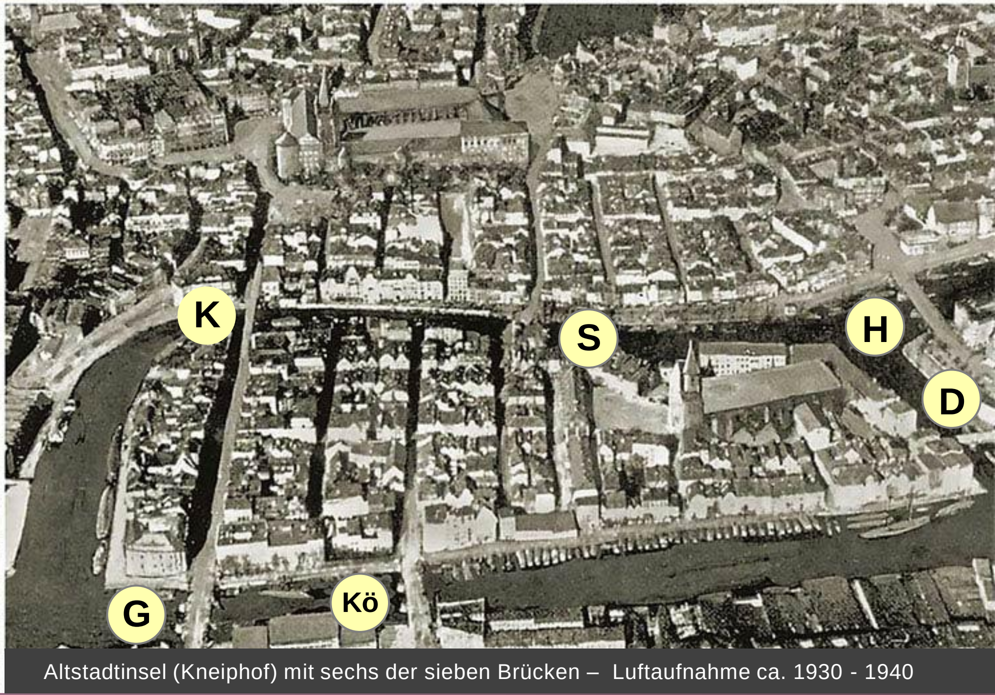
Die 7 Brücken von Königsberg
Matthäus Merian, 1652



Stadtplan von Königsberg, Ausschnitt eines Kupferstichs von Joachim Bering, 1613

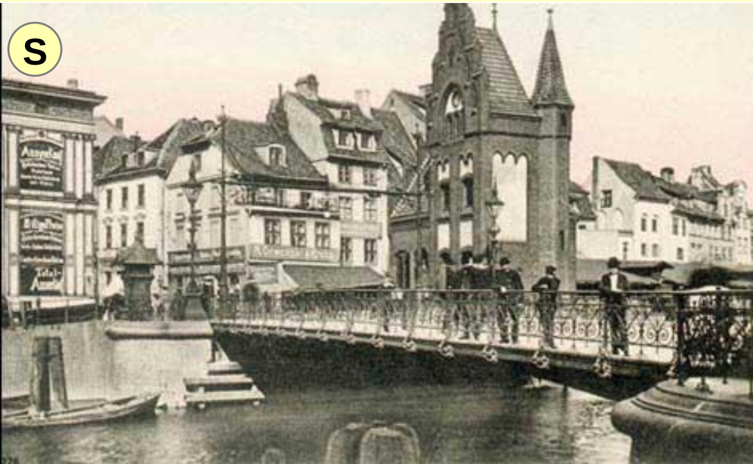


Katasterplan, 19. Jh., mit sechs der sieben Brücken



Altstadtinsel (Kneiphof) mit sechs der sieben Brücken – Luftaufnahme ca. 1930 - 1940

Die sieben Brücken und die erst 1905 erbaute Kaiserbrücke (X) als 8. Brücke; bereits Euler schlug eine weitere Brücke vor, um das „Spaziergangproblem“ zu lösen.



Blick auf die 1938 zerstörte und 2018 wieder aufgebaute Synagoge

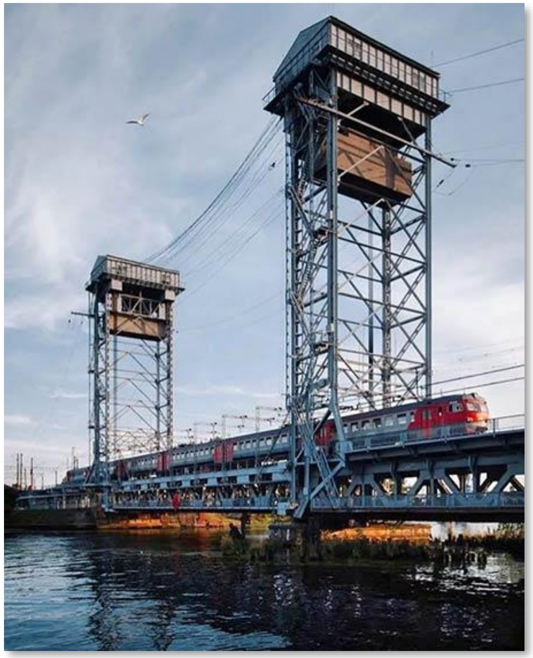
Wie es zur achten Brücke kam:

Auf einem Stadtplan von 1905 war die spätere Kaiserbrücke als achte Brücke schon gestrichelt eingezeichnet, aber noch nicht realisiert. In diesem Zusammenhang entstand eine nette Legende, wie es zu diesem Stadtplan kam:

Angeblich beschlossen die geladenen Gäste bei einem der Empfänge in der Stadt, Kaiser Wilhelm II. einen Streich zu spielen und ihn zu bitten, das „unlösbare“ Brückenproblem zu lösen. Nach kurzem Blick auf die Karte mit den sieben Brücken kündigte Wilhelm aber zur Überraschung aller an, das Problem in wenigen Minuten zu lösen. Dann schrieb er auf das Kartenblatt: „Ich befehle den Bau einer achten Brücke vom Kneiphof zur Lomse.“ Die neue Brücke wurde „Kaiserbrücke“ genannt.

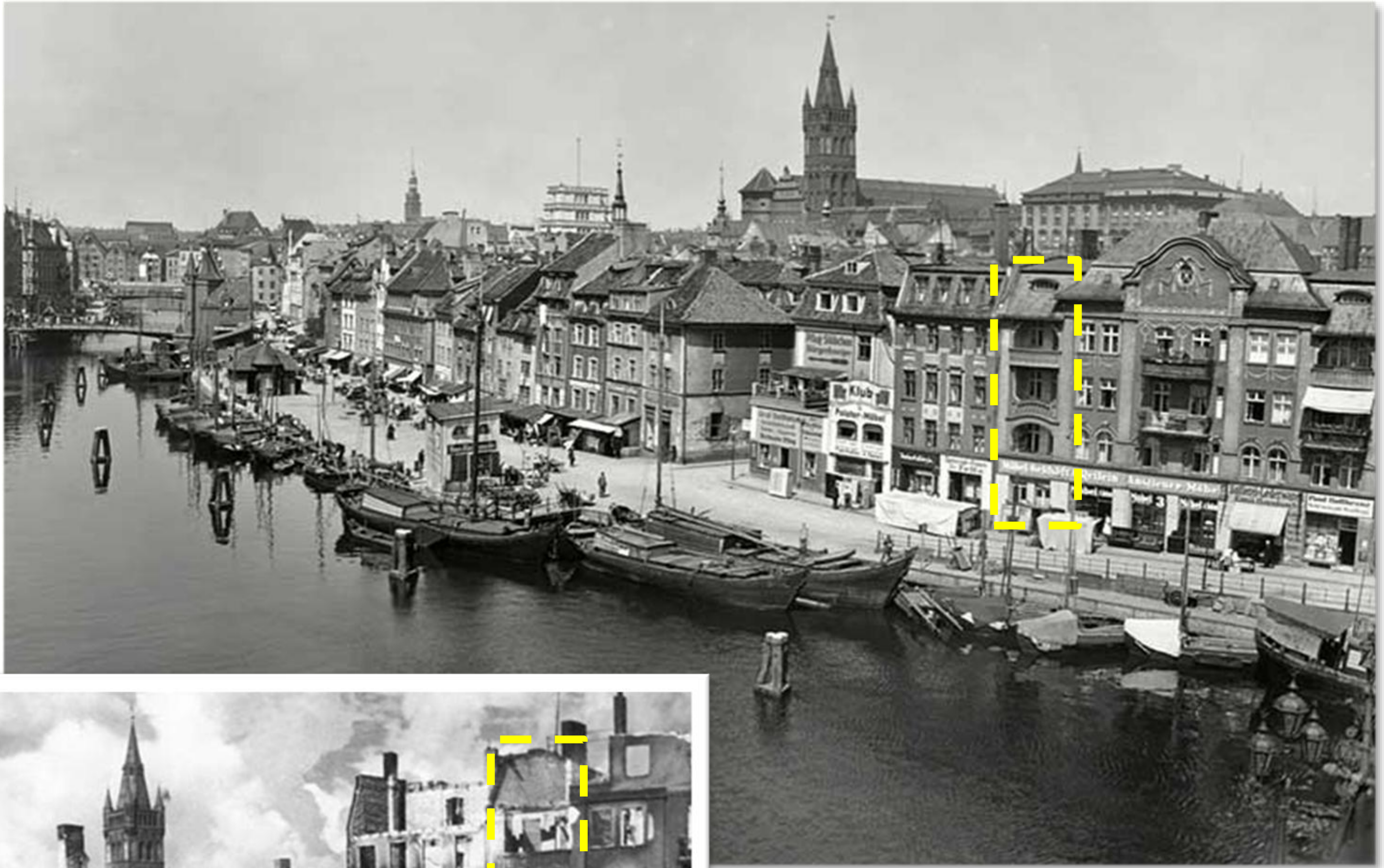
Das weitere Schicksal der Königsberger Brücken:

Viele der Brücken wurden im Zweiten Weltkrieg zerstört oder zumindest beschädigt. Die Reste der *Krämerbrücke* und der *Grünen Brücke* wurden 1972 beim Bau der Hochstrasse (Leninskiy-Prospekt) abgerissen und durch eine neue Spannbeton-Brücke ersetzt, die beide Pregelarme zusammen überspannt. Bei der *Köttelbrücke* wurde im Krieg die Struktur zerstört, sie wurde daraufhin abgetragen; die Fundamente wurden in den 1970er-Jahren abgebaut. Das gleiche Schicksal ereilte die *Schmiedebrücke*. Die *Holzbrücke* (1904 als Steinbrücke neu errichtet; sie heisst heute schlicht „Brücke Nr. 1“) hat leider bei der Nachkriegsrenovierung die meisten ihrer dekorativen Elemente verloren und fungiert nicht mehr als Klappbrücke. Die *Honigbrücke* wurde im Zweiten Weltkrieg nur wenig beschädigt und dient heute als Fussgängerbrücke von der Lomse zum Kneiphof. Die *Kaiserbrücke* wurde im Krieg teilweise zerstört und verfiel anschliessend, schliesslich standen noch zwei Pfeiler. 2005, zum 750-jährigen Jubiläum der Stadt, wurde auf den Fundamenten eine neue Brücke (Jubiläumsbrücke) errichtet, welche die Kaiserbrücke originalgetreu nachbildet. Sie dient nun nur noch als Fussgängerbrücke. Die *Hohe Brücke* (1938 abgerissen und wenige Meter entfernt neu gebaut), funktioniert nach Restaurierung noch heute. Aus Eulers Zeiten sind nur die Holzbrücke, Honigbrücke und Hohe Brücke am angestammten Platz geblieben, auch wenn sie heute anders heissen.



Die ehemalige Reichsbahnbrücke als Hebebrücke heute. Sie ist doppelstöckig, der untere Teil kann von Autos und Fussgängern genutzt werden.

Ansichtspostkarte von 1928: Blick von Südosten über den Neuen Pregel auf den Fischmarkt zwischen Holzbrücke (ganz rechts unten) und Schmiedebrücke (links); dahinter die Krämerbrücke.

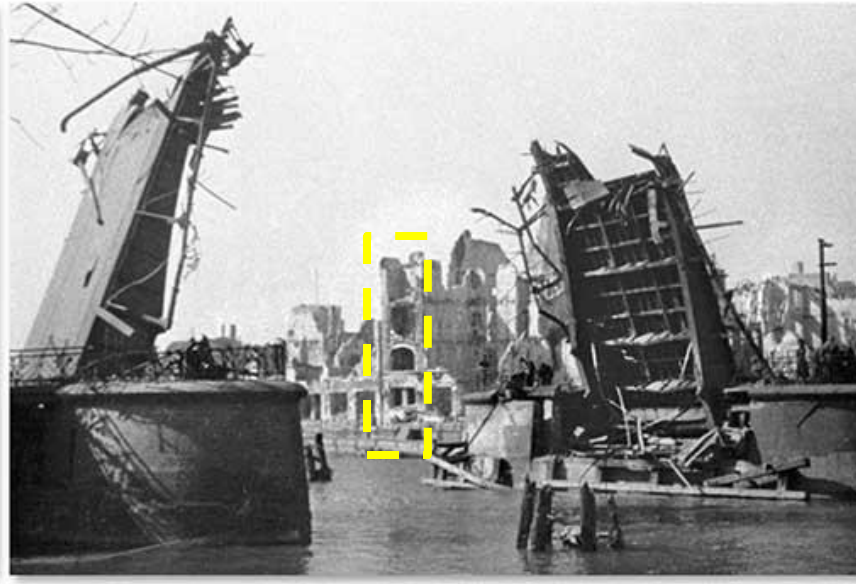


www.deutschefotothek.de/documents/obj/81416990

https://i.pinimg.com/originals/30/fe/ec/30feec819e09f71ed4a3801e4dd70b90.jpg

Gleiche Perspektive nach einem Bombenangriff im August 1944: die Häuser zerstört; noch ist aber der Schlossturm (Mitte) erhalten.

https://123ru.net/kaliningrad/196801611/ https://aif.ru/society/history/vziatie_Kenigsberga

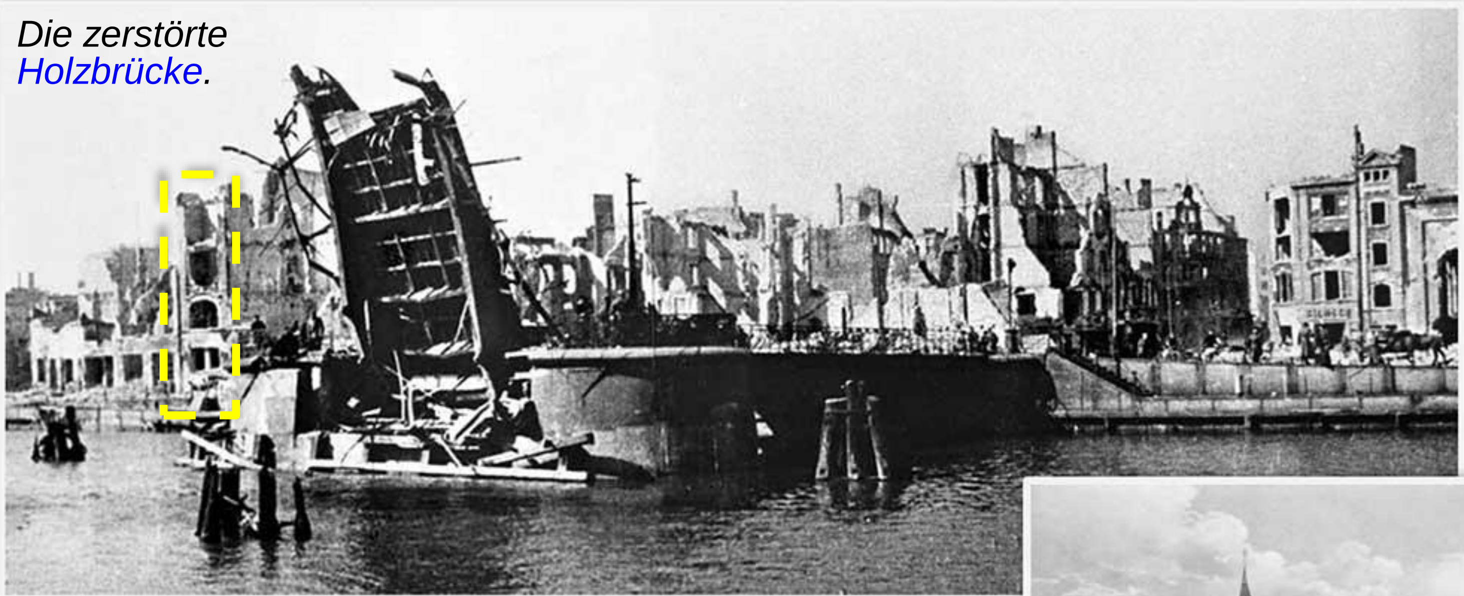


Die Holz-brücke.

https://waralbum.ru/387176/ https://waralbum.ru/386587/

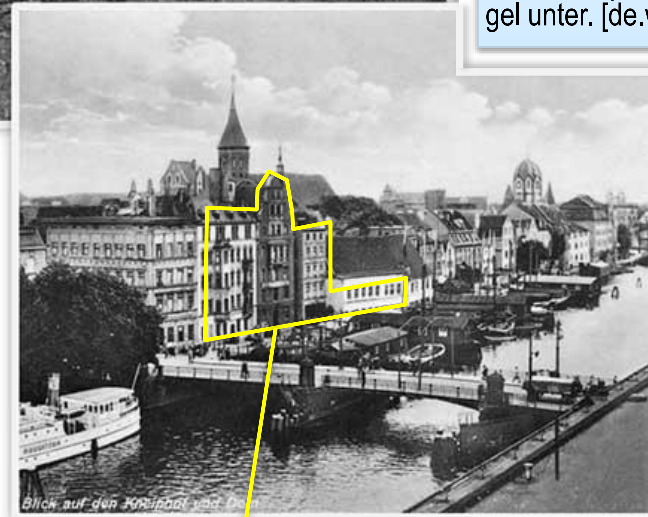
Bomber über dem bereits stark zerstörten Königsberg, der Schlossturm ist verschwunden und die Brücken sind schliesslich unpassierbar; Soldaten der Roten Armee und Flüchtlinge überqueren nach der Kapitulation der „Festungsstadt“ am 9. April 1945 den Fluss auf andere Weise. Die meisten Bewohner kamen durch Hunger, Krankheiten und Übergriffe der Roten Armee ums Leben, die restlichen wurden in das Gebiet der späteren DDR abgeschoben; die Stadt wurde mit Menschen aus verschiedenen Teilen der Sowjetunion neu besiedelt.

Die zerstörte Holzbrücke.



Beim Luftangriff der Royal Air Force Ende August 1944 wurde auch der Kneiphof zerstört. Die Brücken waren frühzeitig unpassierbar geworden, nur wenigen Bewohnern gelang eine Flucht auf Booten, die noch intakt waren. Wer nicht mehr rechtzeitig fliehen konnte, verbrannte im Feuersturm, erstickte oder wurde von herabstürzenden Mauerteilen erschlagen. Auch der Sprung in den Fluss brachte nur wenigen Rettung, die meisten der Erschöpften gingen im Pregel unter. [de.wikipedia.org]

Die zerstörte Köttelbrücke; die Ruinen des Kneiphofs sind bereits abgetragen und geben den Blick frei auf den ausgebrannten Dom, dessen Turmspitze eingestürzt ist.



Köttelbrücke, Kneiphof und Dom vor der Zerstörung.

Blick vom Rand der zerstörten Köttelbrücke zum Kneiphof; die Fassaden (siehe oben) stehen teilweise noch.

Zum Schicksal von Königsberg am Ende des Zweiten Weltkriegs seien einige Passagen aus dem Artikel „Die Nacht, in der Königsberg unterging“ bei www.spiegel.de [30.08.2014] zitiert:

Niemand konnte sich vorstellen, dass es zur Katastrophe kommen würde, denn Ostpreußen war bis zum Spätsommer 1944 vom Krieg weitgehend verschont geblieben. Zwar musste Königsberg, Krönungsstadt der preußischen Monarchen, ein paar Schrammen hinnehmen durch vereinzelte sowjetische Fliegerattacken. Aber noch lebte sie in der Illusion, sich außerhalb der Reichweite alliierter Bomber zu befinden, die im Westen Hamburg und Köln, Berlin und Essen in Schutt und Asche legen. Die 360 000 Königsberger hofften darauf, das Kriegsende unbeschadet zu überstehen und die Zeugnisse eines 700-jährigen Erbes bewahren zu können. […]

Sommer 1944 in Deutschlands östlichster Provinz: strahlend hell, mit brütender Hitze. […] Vom Kriegsgeschehen anscheinend unbeeindruckt begeht im Juli die 1544 von Herzog Albrecht gestiftete evangelische Albertus-Universität mit viel Pomp ihr 400-jähriges Bestehen. Die Kleinbahn kutschiert fröhliche Kurzurlauber zur Bernsteinküste an der Ostsee. Zwar nehmen die Transparente mit Durchhalteparolen zu, schleppen sich mehr versehrte Soldaten an Krücken durch die Straßen, und doch findet der Krieg vorwiegend im Radio statt. Weiterhin werden Kinder aus Berlin mit dem Zug ins vermeintlich sichere Ostpreußen verschickt.

Doch dann bricht in der letzten Augustwoche mit zwei Luftattacken der Briten, die über das neutrale Schweden von Norden her einfliegen, das Unheil über Königsberg herein. Der erste unerwartete Angriff mit 200 Lancaster-Bombern am 27. gilt vor allem der Zivilbevölkerung in den nördlichen Wohnvierteln. Die Schichauwerft, Kasernen, Rüstungsfirmen, Befestigungsanlagen, der Hauptbahnhof und der Flugplatz bleiben unbeschädigt. […]

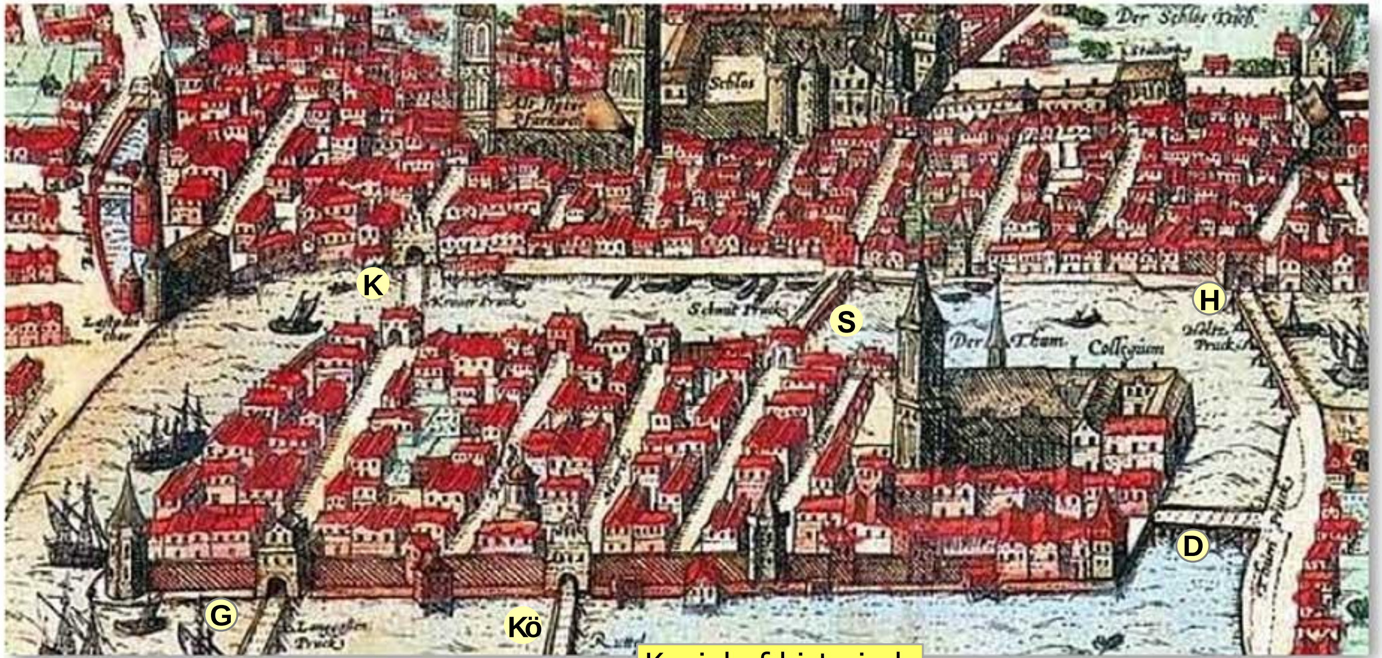
Am frühen 30. August 1944 verglüht die ostpreußische Hauptstadt im Feuerball der Phosphorbomben. Dieser Angriff der Royal Air Force mit 650 Bombern, ohne Erdsicht im Planquadrat über einer geschlossenen Wolkendecke fliegend, hat das dichtbesiedelte Zentrum im Visier.

But alas! The beautiful medieval city of Königsberg is no more... The river Pregel has been renamed the Прего́ля and is no longer spanned by seven bridges. -- Robin J. Wilson, An Eulerian Trail Through Königsberg.

Nach dem Feuersturm der Spreng- und Brandstrahlbomben ist von Kants „schicklicher“ Stadt nicht mehr viel übrig. Das historische Königsberg mit seiner jahrhundertealten preußischen Kultur ist ausgelöscht. Dom, Hohenzollernschloss, Universität, Kirchen, die klassizistischen Gebäude und die alten Speicher am Hafen sind nach dem Flammenmeer nur noch ausgebrannte Ruinen. […]

Stalins 3. Weißrussische Front bereitet da bereits den Angriff auf Ostpreußen vor. Sieben Monate danach setzt eine sowjetische Übermacht von 240 000 Soldaten zum „Sturm auf das faschistische Räubernest“ an. Die deutschen Verteidiger der „Festung Königsberg“ können demgegenüber nur noch 10 000 Mann aufbieten, denen es an Waffen und Munition mangelt. General Otto Lasch kapituliert, viel zu spät, am 9. April 1945. Von den etwa 125 000 Zivilisten und Flüchtlingen, die noch immer in Kellern und Luftschutzräumen der belagerten Stadt ausharren, weil sie nicht rechtzeitig evakuiert werden durften, kommt bei den Kampfhandlungen ein Viertel ums Leben, wenn nicht mehr. Die Überlebenden sind danach dem Abrechnungsterror der Besatzungsmacht ausgesetzt, mit unzähligen Vergewaltigungen, grausamen Ausschreitungen und Erschießungen. Keine größere deutsche Stadt wurde durch Krieg und Nachkriegszeit dermaßen zerstört wie Königsberg. […]

Heute heißt das frühere Königsberg Kaliningrad, benannt nach einem Vasallen Stalins, und es gehört mit dem nördlichen Ostpreußen seit Kriegsende zu Russland. Jahrzehntelang als militärische Sperrzone in bleierner Finsternis, seit der Implosion der Sowjetunion nunmehr Moskaus isolierter Vorposten an der Ostsee. Eine von den EU- und Nato-Mitgliedern Polen und Litauen umklammerte Exklave, die Selbstzweifel und Zukunftsängste plagen. Denn diese russische Insel mit knapp einer Million Einwohnern ist weit von Russland entfernt. Über 1000 Kilometer von der Kommandozentrale Moskau, aber bloß 530 Kilometer von Berlin, dem Ziel heimlicher Sehnsüchte der Jungen, die nach Westen, nach Europa streben. […]



Kneiphof historisch

www.welt.de/kultur/gallery1104478/Altes-und-Neues-in-Kaliningrad.html

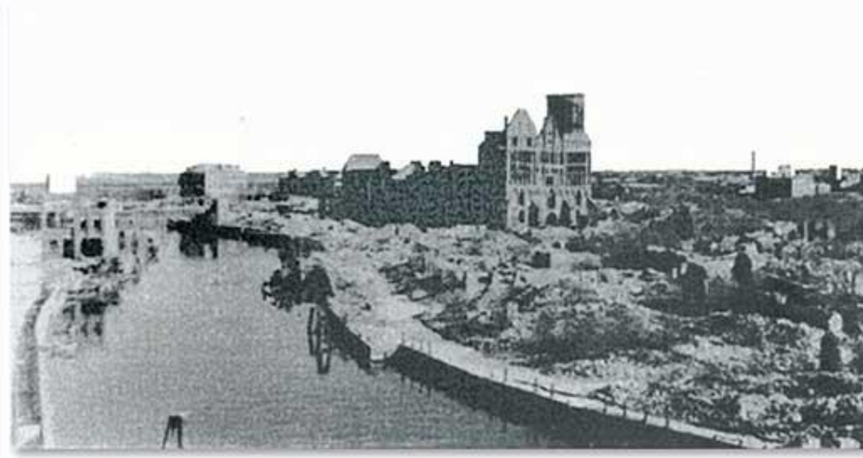
Der Altstadtkern von Königsberg mit der Kneiphof-Insel auf einem Plan von 1851 mit 6 der 7 Brücken aus dem Brückenproblem.

Unten:
Kneiphof-Insel mit Dom und Schmiedebrücke vor der Zerstörung der Stadt im Zweiten Weltkrieg.

Aus Wikipedia (DE): In den Nächten vom 26./27. und 29./30. Aug. 1944 flog die Royal Air Force massive Luftangriffe auf Königsberg. 480 Tonnen phosphorgefüllter Brandbomben und Sprengbomben zerstörten den Dom, das Schloss, sämtliche Kirchen der Innenstadt, die Universität sowie das Speicherviertel. Weite Teile Königsbergs brannten tagelang. Der Stadtkern wurde fast vollständig zerstört. Etwa 200000 Königsberger wurden obdachlos, und etwa 5000 verloren ihr Leben. Die Ende Januar 1945 durch die Rote Armee eingeschlossene Stadt wurde zur Festung erklärt, die Flucht untersagt. Der erbitterte Strassen- und Häuserkampf hatte auf beiden Seiten hohe Verluste gefordert und die Stadt weiter zerstört. Auch die verbliebene Zivilbevölkerung wurde schwer in Mitleidenschaft gezogen. Die Schlacht um Königsberg war durch zahlreiche Grausamkeiten wie Vergewaltigungen und Kriegsverbrechen durch sowjet. Soldaten gekennzeichnet.

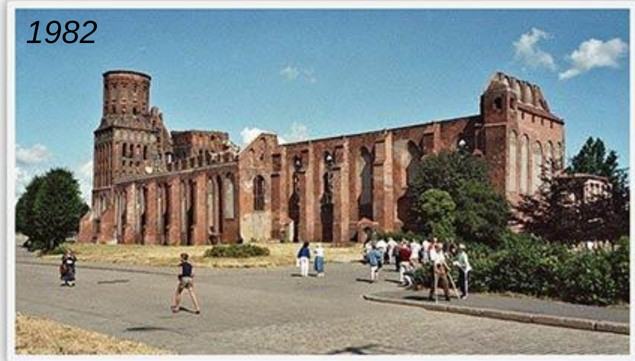
Kneiphof nach dem 2. Weltkrieg

Nothing beside remains. Round the decay
Of that colossal wreck, boundless and bare,
The lone and level sands stretch far away.
-- P. B. Shelley, Ozymandias



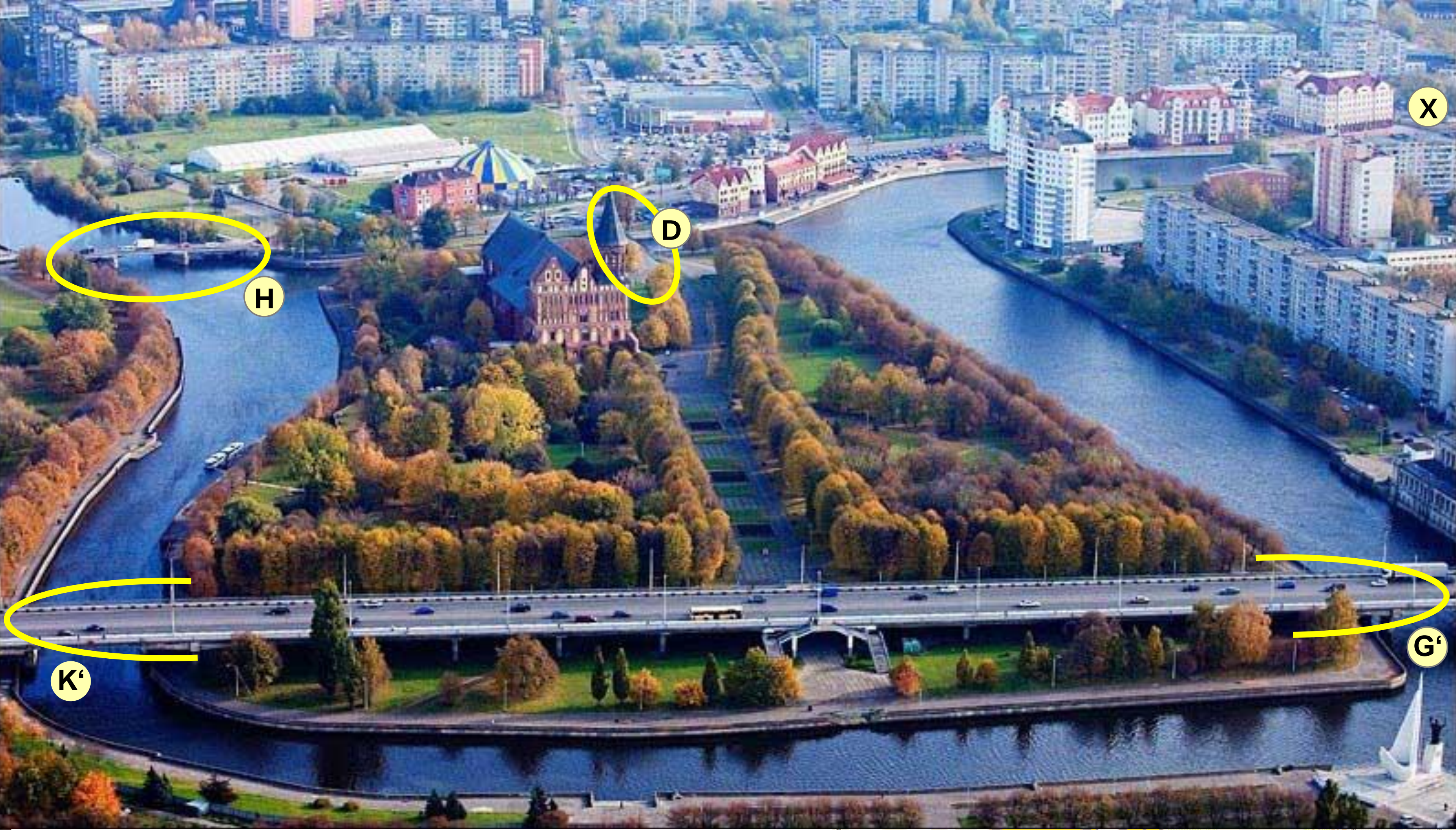
Links: Gruppenbild auf der Dombrücke vor der kriegszerstörte Kneiphof-Insel mit Dom; oben und unten: Bereits weitgehend abgetragene Ruinen der Kneiphof-Insel. Nach dem Krieg hatte die sowjetische Stadtregierung weder Mittel noch Interesse für eine Restaurierung historischer Gebäude. Bauten, die als „Symbole des preussischen Militarismus und Faschismus" oder „Schandmale der neuen sozialistischen Stadt" galten, wurden abgerissen. Die Domruine wurde aufgrund des Kant-Grabmals an der Nordostecke jedoch geduldet; Kant wurde auch in der Sowjetunion als Wegbereiter der Aufklärung angesehen. [de.wikipedia.org]

https://i0.wp.com/vladmuz.ru/travel_photos/kaliningrad/cathedral-in-kenigsberg/04.jpg
www.bildarchiv-ostpreussen.de/files/scans/1222000/150x100/1222267.gif
https://files.bildarchiv-ostpreussen.de/files/scans/1210000/600x400/1214851Xeg91oJsXruR6hDI5W7B.gif?d=1609019126

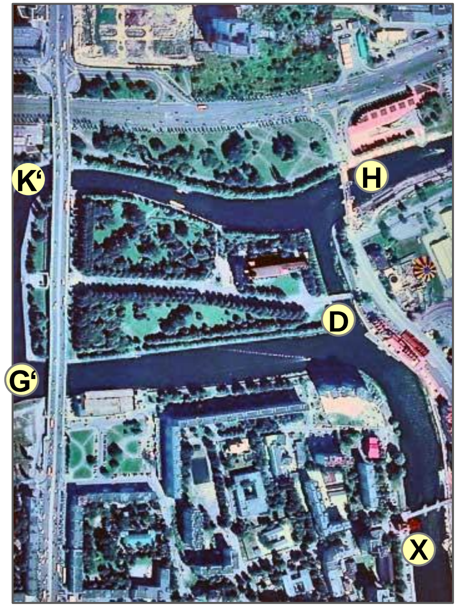


www.tonbildfilmarchiv.de/seligenfeld/ldk030_1956.jpg

Der Kneiphof heute: Der restaurierte Dom steht alleine auf der Insel, Bäume ersetzen die Häuser. Rechts im Vordergrund die Dombrücke (auch Honigbrücke genannt), die zur Synagoge führt; im Hintergrund die neue Brücke des aufgeständerten Leninskiy-Prospekt. Beim Dom befindet sich das Grab von Immanuel Kant, der in Königsberg geboren wurde und an der Königsberger Universität studierte und lehrte. Ein Museum beim Dom zeigt ein Stadtmodell der ehemaligen Altstadt (re. ob.).

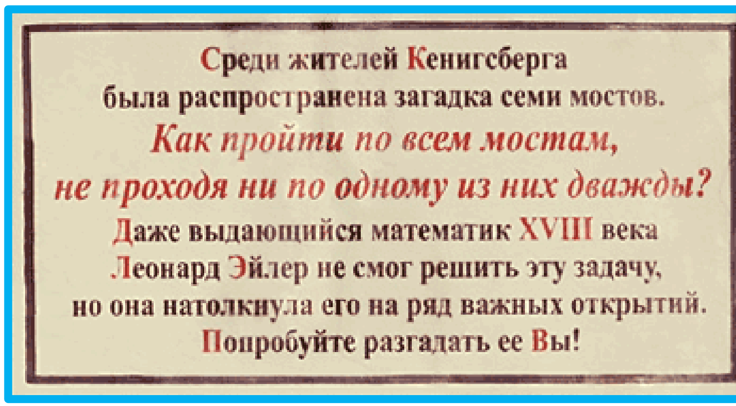


Kaliningrad heute: Eine Exklave Russlands zwischen Litauen und Polen und damit eine Enklave der EU. Und die sieben Brücken? Der Stadtkern wurde im Zweiten Weltkrieg durch Luftangriffe fast vollständig zerstört. Die Ruinen der Kneiphof-Insel wurden in der Nachkriegszeit grossflächig abgeräumt und das eingeebnete Areal in eine Grünfläche umgewandelt; weitere demolierte Innenstadt-gebiete wurden durch Plattenbau-Hochhaussiedlungen ersetzt.



Das Google-Earth-Bild zeigt, dass nunmehr die beiden westlichen Brücken G' und K' zu einer neuen, drei Stockwerke hohen mehrspurigen Schnellstrassengalerie (Leninskiy-Prospekt) verschmolzen wurden, von deren Mitte Fussgänger allerdings auf die Kneiphofinsel gelangen können. Nicht im Bild: Die hohe Brücke (Hh) und die Reichsbahnbrücke (R). Ist mit den sieben Brücken R, G', K', D, H, X und Hh ein „Eulerspaziergang" möglich?

Man findet in Kaliningrad ein Haus, dessen Fassade das historische Königsberg mit den sieben Brücken aus der Vogelperspektive zeigt und das Problem (etwas unscharf) so beschreibt:

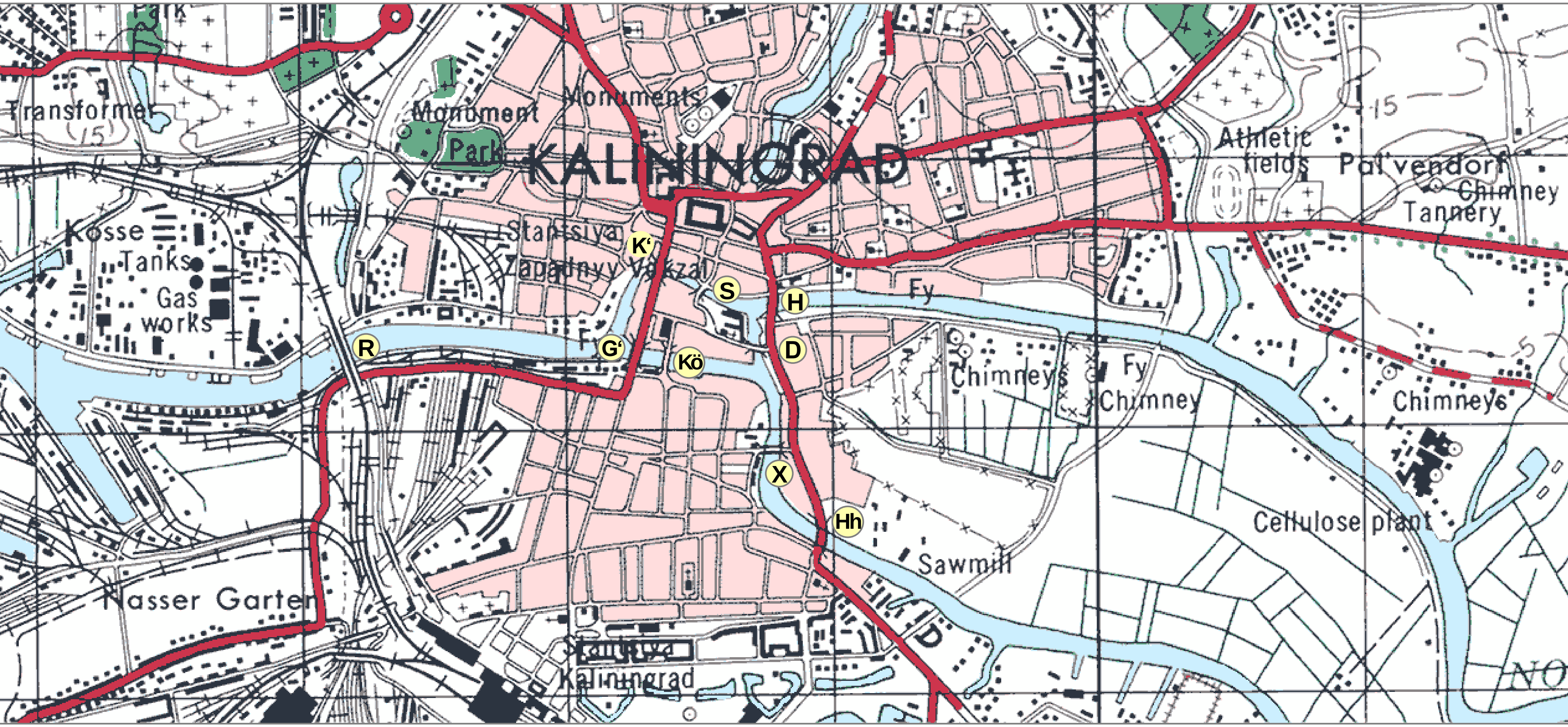


Среди жителей Кёнигсберга была распространена загадка семи мостов. Как пройти по всем мостам, не проходя ни по одному из них дважды?

Wohlbekannt unter den Bürgern Königsbergs war das Problem der 7 Brücken. Wie kommt man über alle Brücken, ohne eine doppelt zu überqueren? Selbst der führende Mathematiker des 18. Jahrhunderts, Leonhard Euler, konnte das Problem nicht lösen, es führte ihn aber zu einer Reihe wichtiger Entdeckungen. Versuche es selbst!

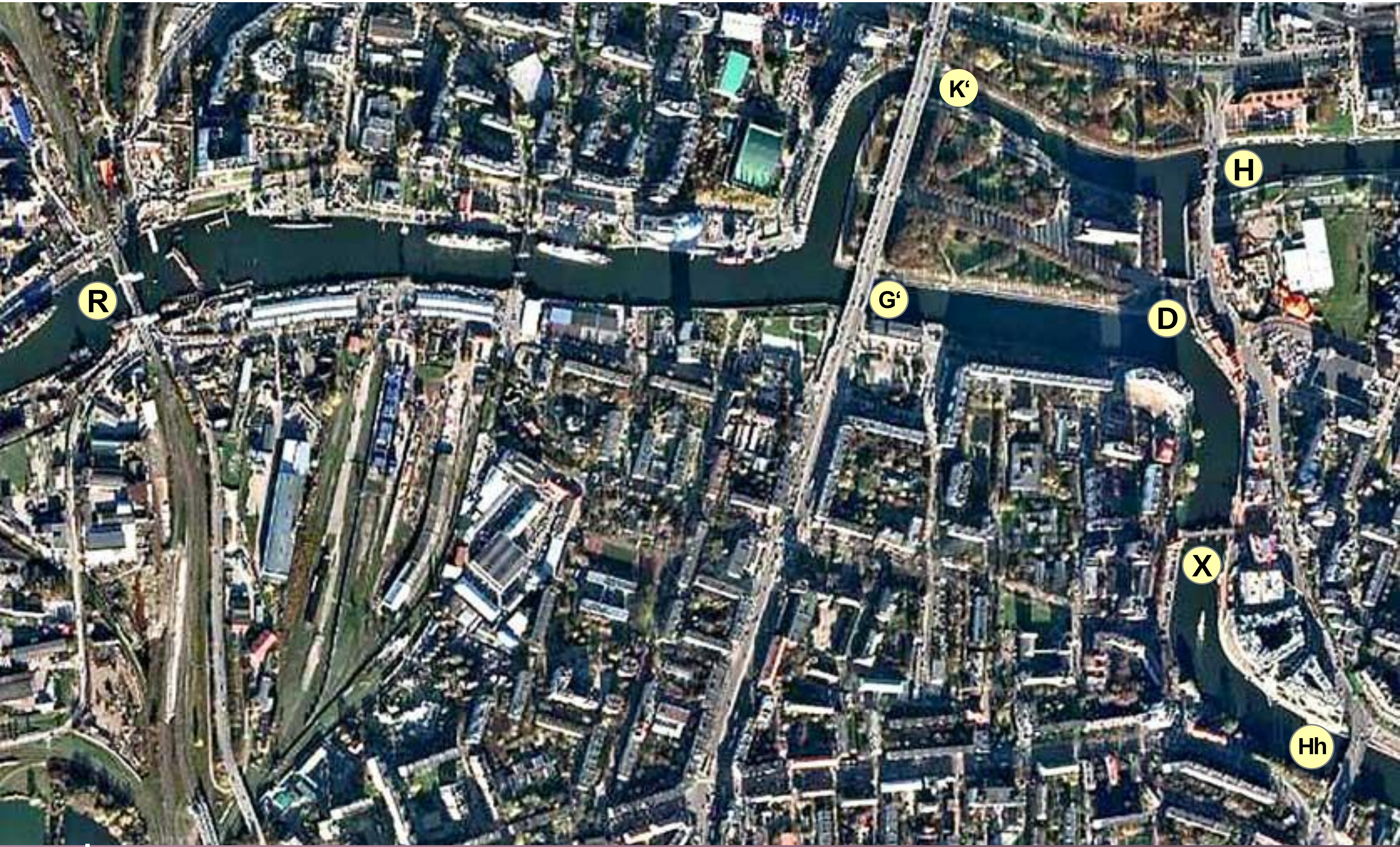
[Es scheint, als ob nicht ganz klar wurde, was genau das Problem ist und was nur eine Lösung einer Instanz bzw. die Lösung der Problemklasse darstellt.]

Kaliningrad (Königsberg) mit Landmarken



Amerikanische Karte von Kaliningrad (Königsberg) im kalten Krieg (1956). Hervorgehoben sind zur Orientierung von Flugzeugen die aus der Luft gut erkennbaren Landmarken: Neben Flüssen, Bahnlinien und Strassen vor allem markante Gebäude und Infrastrukturelemente wie Kamine, Fabriken, Gaskugeln, elektrische Umspannwerke, Sportstadien etc. Einige der „sieben Brücken" sind jetzt Teil von Hauptverkehrsstrassen, andere (auf der Karte noch eingezeichnete) im Krieg zerstörte Brücken (S), (Kö) wurden schliesslich ganz abgetragen. Man erkennt auch die 1926 gebaute Eisenbahnbrücke, die „Reichsbahnbrücke", (R) flussabwärts.

Kaliningrad (Königsberg) von oben



Kaliningrad (Königsberg) als Ex- und Enklave

Zu den nächsten russ. Städten ist es weit.


Das Dreiländereck Litauen (rechts), Polen (vorne) und Russland (Kaliningrad, links).

Der Verwaltungsbezirk („Oblast") Kaliningrad mit der ehemals „Königsberg" genannten Hauptstadt und knapp einer Million Einwohnern ist (seit der Unabhängigkeit der baltischen Staaten 1991) eine Exklave Russlands, umgeben von den EU-Staaten Litauen und Polen: Zwischen Litauen und dem ca. 400 km weiter nordöstliche gelegenen sowjetischen Kernland liegen noch Lettland bzw. Belarus. Die Annexion an die Sowjetunion erfolgte kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs, wobei Königsberg nicht der geographisch angrenzenden Litauischen Sozialistischen Republik als Teil der UdSSR angegliedert wurde, sondern als Oblast der entfernteren Russischen Sowjetrepublik. Bald darauf wurde Königsberg in „Kaliningrad" umbenannt (nach dem verstorbenen sowjetischen Staatsoberhaupt Michail Iwanowitsch Kalinin), 1947 erfolgte die Umbenennung der anderen Ortschaften des Kaliningrader Gebietes. Dort lebten im Jahr 2021 gut eine Million Menschen (ca. halb so viele wie vor dem 2. Weltkrieg), knapp die Hälfte davon in der Hauptstadt. Die 104 km lange (Luftlinie: 65 km) Grenze zwischen Litauen und Polen vom Dreiländereck Litauen-Polen-Russland zum Dreiländereck Litauen-Polen-Belarus gilt als die kritischste Engstelle innerhalb der NATO („Suwalki Gap").

> *The 'Trojan-Horse' status of Kaliningrad within the EU could possibly be of considerable political importance in the future.*
> [B. Pancevski and G. Chamberlain, Sunday Telegraph, 8 July 2007]

Nieder mit dem Sowjetimperialismus

Werner Heise → (li.) sowie Heinz-Richard Halder (re.) 1977 beim Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach

https://opc.mfo.de/detail?photo_id=1522

Fällt uns am Text zum Brückenproblem etwas auf?

8.3 DAS KÖNIGSBERGER BRÜCKENPROBLEM

In Königsberg i. Pr. gabelt sich der Pregel und umfließt eine Insel, die *Kneiphof* heißt. In den dreißiger Jahren des achtzehnten Jahrhunderts wurde das Problem gestellt, ob es wohl möglich wäre, in einem Spaziergang jede der sieben Königsberger Brücken genau einmal zu überschreiten.

Daß ein solcher Spaziergang unmöglich ist, war für L. EULER der Anlaß, mit seiner anno 1735 der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg vorgelegten Abhandlung *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis* (Commentarii Academiae Petropolitanae 8 (1741) 128-140) einen der ersten Beiträge zur Topologie zu liefern.

Das Problem besteht darin, im nachfolgend gezeichneten Graphen einen einfachen Kantenzug zu finden, der alle Kanten enthält. Dabei repräsentiert die Ecke vom Grad 5 den Kneiphof und die beiden Ecken vom Grad 2 die Krämerbrücke sowie die Grüne Brücke.

← Hier handelt sich es um ein Faksimile eines Ausschnitts aus dem Lehrbuch „Einführung in die Kombinatorik“ von Werner Heise und Heinz-Richard Halder, die beide an der TU München lehrten. Es erschien 1976 im Hanser Verlag München; ein Jahr später wurde es durch den Ostberliner Akademie-Verlag auch in der DDR verlegt – sogar die SED-Parteizeitung „Neues Deutschland“ berichtete am 30. April 1977 darüber. Die nächste slide hebt das Bemerkenswerte deutlicher hervor. →

Es war Werner Heise (1944 – 2013), ein bei Studierenden für seine originelle Vorlesungs- und Prüfungsgestaltung und im Kollegium für seinen besonderen Humor und seine freundlich-non-konformistische Haltung bekannter Mathematikprofessor, der die steganographische Nachricht in den Text schmuggelte. Seinerzeit wurden die Reproduktionsvorlagen für Lehrbücher noch mühsam mit der Schreibmaschine erstellt, bei mathematischen Texten musste oft der Kugelkopf mit den Sonderzeichen ausgetauscht werden und manches Symbol musste sogar per Tusche gezeichnet werden. Dass einzelne Zeichen manchmal etwas aus der Reihe tanzten und unterschiedlich fett getippt waren, das war im Schriftbild daher normal.

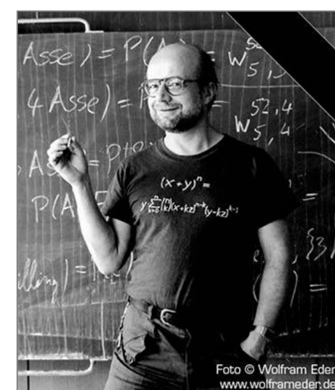
In Königsberg i. Pr. gabelt sich der Pregel und umfließt eine Insel, die *Kneiphof* heißt. In den dreißiger Jahren des achtzehnten Jahrhunderts wurde das Problem gestellt, ob es wohl möglich wäre, in einem Spaziergang jede der sieben Königsberger Brücken genau einmal zu überschreiten.

Daß ein solcher Spaziergang unmöglich ist, war für L. EULER der Anlaß, mit seiner anno 1735 der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg vorgelegten Abhandlung *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis* (Commentarii Academiae Petropolitanae 8 (1741) 128-140) einen der ersten Beiträge zur Topologie zu liefern.

Das Problem besteht darin, im nachfolgend gezeichneten Graphen einen einfachen Kantenzug zu finden, der alle Kanten enthält. Dabei repräsentiert die Ecke vom Grad 5 den Kneiphof und die beiden Ecken vom Grad 2 die Krämerbrücke sowie die Grüne Brücke.

Heise sagte in einem Interview später: „Es ist ziemlich schnell aufgeflogen, was ich denen für ein Ei reingelegt hatte. Fortan wurde ich von der Stasi beschattet."

In der DDR wurde daraufhin die restliche Auflage eingestampft und das Buch aus den Bibliotheken entfernt.

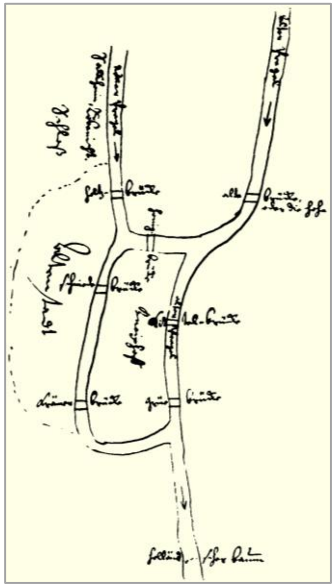


www.fusselblog.de/altebilder/scene13/
2013_03_04/Werner-Heise-2.jpg

Wie Euler zu „seinem“ Problem kam

Euler meint, dies sei gar kein mathematisches Problem – und dabei legt doch er die Grundlage für ein ganz neues Mathematik-Teilgebiet!

Der Mathematiker und spätere Danziger Bürgermeister Carl Gottlieb Ehler (1685 – 1753), der Euler von einem früheren längeren Aufenthalt in Petersburg kennt, macht Euler am 9. März 1736 in einem Brief mit dem Königsberger Brückenproblem bekannt; der erwähnte Heinrich Kühn (1690 – 1769) ist Mathematikprofessor in Danzig und auswärtiges Mitglied der Sankt Petersburger Akademie der Wissenschaften. Offenbar war der „Calculus Situs“ bereits ein Thema bei den Beteiligten:



www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07468342.2004.11922073

„Rem et mihi et Kühnio nostro praestares gratissimam, omni officiorum genere demerendam, Vir Eruditissime, si Solutionem Problematis Tibi satis notam de conjunctione 7 pontium Regiomontanorum cum Demonstratione transmittere velles. Egregiam hocce foret Calculi Situs specimen, ingenio Tuo dignissimum. Adjeci Schema situs dictorum pontium.“

„Du wirst mir und unserem Herrn Kühn Freude bereiten und unsere große Dankbarkeit erlangen, wenn Du, gelehrter Herr, die Lösung mit einem Beweis eines Dir wohl sehr bekannten Problems über die Verbindung der sieben Königsberger Brücken an uns zu schicken mögest. Es wäre ein wunderbares Beispiel für den Calculus Situs, welches Deines Genies würdig ist. Eine Lageskizze der besagten Brücken füge ich bei.“

Am 3. April antwortet Euler: „Vides ergo Vir Amplissime solutionem hanc ita esse comparatam ut vix ad mathesin pertinere videatur. Nec ego comprehendo cur ea potius a Mathematico sit expectanda quam a quovis alio homine, sola enim ratione nititur ista solutio nec ullis mathesi propriis principiis ad eam inveniendam opus fuit. Nescio igitur quomodo fit ut quaestiones etiam ad mathesin minime spectantes citius a mathematicis solvantur quam ab aliis.“

„Seht, Hochedler Herr, die Lösung ist so beschaffen, dass sie kaum als mathematisch angesehen werden kann. Und ich verstehe nicht, wieso Sie diese eher von einem Mathematiker als von irgend jemandem anderes erwarten, denn sie basiert nur auf reiner Vernunft und die gefundene Sache beruht auf keinen mathematischen Prinzipien.“ Horst Sachs übersetzt dies freier: *„Du siehst also […], dass diese Lösung ihrem Charakter gemäss kaum Beziehungen zur Mathematik hat, und ich verstehe nicht, warum sie vom Mathematiker eher erwartet werden solle als von irgendeinem anderen Menschen, denn diese Lösung stützt sich allein auf die Vernunft und es ist nicht nötig, zu ihrer Auffindung irgendwelche der Mathematik eigenen Prinzipien heranzuziehen.“*

Dennoch beschreibt Euler noch vor seiner Antwort an Ehler in einem Brief an den Wiener Hofmathematiker Johann Jakob von Marinoni (1676 – 1755) ausführlich seinen Beweis und bittet ihn um seine Meinung dazu. Dieser antwortet etwas lakonisch erst ein halbes Jahr später: „…Deine Lösung des amüsanten Problems von der Königsberger Insel habe ich mit Genuss gelesen…“ Euler hatte seinen Aufsatz zum Brückenproblem inzwischen wohl schon verfasst, dieser wird allerdings erst fünf Jahre später, 1741, im Druck erscheinen.

Eulergraph ⇔ Jeder Knoten hat geraden Grad
(Für zusammenhängende Graphen)

Hat Euler das „Brückenproblem“ vollständig gelöst? Nicht ganz! Euler bewies zwar, dass ein Graph, der einen Zyklus besitzt, welcher alle Kanten des Graphen enthält (ein sogenannter „Eulergraph“ in heutiger Sprechweise) nur Knoten geraden Grades haben kann („⇒“). Er behauptete im letzten Abschnitt (Nr. 21) seines Aufsatzes von 1741 auch, dass dies eine hinreichende Bedingung sei (dass also ein zusammenhängender Graph, in dem jeder Knoten geraden Grad hat, ein Eulergraph sei), bleibt den Beweis für diese schwierigere Richtung („⇐“) aber schuldig:

21. Quando autem inventum fuerit talem transitum institui posse, quaestio superest, quomodo cursus sit dirigendus. Pro hoc sequenti utor regula: tollantur cogitatione, quoties fieri potest, bini pontes, qui ex una regione in aliam ducunt, quo pacto pontium numerus vehementer plerumque diminuetur; tum quaeratur, quod facile fiet, cursus desideratus per pontes reliquos; quo invento pontes cogitatione sublati hunc ipsum cursum non multum turbabunt, id quod paululum attendenti statim patebit; neque opus esse iudico plura ad cursus reipsa formandos praecipere.

21. Wenn man herausgefunden hat, dass eine solche Tour möglich ist, so bleibt noch immer die Frage, wie der Weg zu führen ist. Dafür verwende ich folgende Regel: Man entferne in Gedanken, so oft das geht, zwei Brücken, die dieselben zwei Gebiete verbinden. Dadurch wird die Anzahl der Brücken meist erheblich reduziert. Dann suche man, was leicht ist, eine Tour der gewünschten Art über die restlichen Brücken. Hat man diese gefunden, so werden die im Geiste entfernten Brücken die Route nicht wesentlich verändern, wie nach kurzem Nachdenken sofort offenbar wird. Ich glaube daher nicht, dass es nötig ist, weitere Erläuterungen in Sachen Routenbildung anzuführen.

Eine Aussage „nach kurzem Nachdenken sofort offenbar“ würde man heute niemandem mehr durchgehen lassen, ist aber für das 18. Jh. nicht untypisch! Ein vollständiger Beweis des Satzes wurde zuerst 1873 von Carl Hierholzer (1840 – 1871) vom „Polytechnikum zu Karlsruhe“ (posthum) veröffentlicht. Interessanterweise, ohne dass Hierholzer (oder seine Kollegen Christian Wiener und Jakob Lüroth) das Brückenproblem Eulers überhaupt kannten!

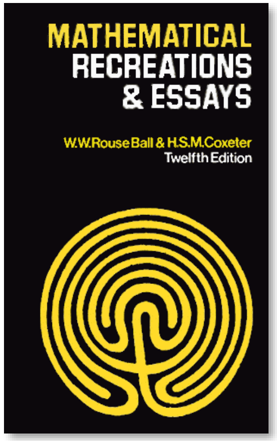
Die Wiederentdeckung des Brückenproblems

Wie konnte Hierholzer den Satz über Eulergraphen beweisen, ohne vom Brückenproblem oder Eulers Aufsatz gehört zu haben? Er „erfand“ das Problem neu!

Denn tatsächlich geriet das Königsberger Brückenproblem über 100 Jahre lang praktisch in Vergessenheit. 1851 erschien dann eine französische Übersetzung des Eulerschen Aufsatzes („Solution d’un problème appartenant à la géométrie de situation, par Euler“) in den „Nouvelles annales de mathématiques“ (Vol. 10, pp. 106-119), und zwar von Émile Coupy (1822 – 1879), Mathematiklehrer an der Militärschule in La Flèche (an der Loire gelegen, fast 300 km südwestlich von Paris).

Coupy hatte die Übersetzung seinerzeit als Student in Paris angefertigt, als er noch Zugang zu den grossen Bibliotheken hatte. Er fand das Problem und die Lösung höchst interessant und bedauerte, dass der lateinische Text nun fast unauffindbar unter einer voluminösen Buchsammlung „vergraben“ sei, die höchstens Personen in Paris zugänglich sei. In einem Nachwort zu seiner Übersetzung merkt Coupy noch an, dass man Problem und Lösung auch gut auf Paris anwenden könne, mit seinen vielen Brücken „qui garnissent la Seine, depuis le pont d’Iéna jusqu’au pont d’Austerlitz, et joignent les îles de la Cité et Saint-Louis.“ (In einem Nachruf heisst es über Coupy bezeichnenderweise: „Un brave homme, aussi peu professeur que possible dès qu’il était sorti de sa classe. Il aimait, en somme, beaucoup plus la littérature que les mathématiques.“)

Die französische Übersetzung von 1851 erregte sicherlich nicht die Aufmerksamkeit von Hierholzer und seiner Umgebung. Aber Édouard Lucas, der als Mathematiklehrer in der gleichen Zeitschrift veröffentlichte, griff das Problem 1884 für sein erfolgreiches Buch „Récréations Mathématiques“ auf, übersetzte es neu, diskutierte es ausführlich und komplementierte sogar den bei Euler fehlenden Beweis (analog zur Beweisidee von Hierholzer). Bücher über populäre Mathematik kamen damals in Mode, 1894 behandelte dann W. W. Rouse Ball in seinem Buch „Mathematical Recreations and Problems“ ebenfalls das Königsberger Brückenproblem. In der Folge wurde das Problem Bestandteil der „internationalen mathematischen Folklore“, u.a. fand es 1901 Eingang in das populäre Buch „Mathematische Unterhaltungen und Spiele“ von Wilhelm Ahrens.



Die Wiederentdeckung des Brückenproblems (2)

In Unkenntnis von Eulers Aufsatz – und überhaupt des Königsberger Brückenproblems – befasste sich Hierholzer 1871, kurz vor dem Ende seines kurzen Lebens, mit doch genau jenem Problem, nutze allerdings eine etwas andere Terminologie. Denn noch war ja die Graphentheorie in der Mathematik nicht wirklich eingeführt; dies geschah erst viele Jahre später, 1936, durch Dénes König mit seinem Buch „Theorie der endlichen und unendlichen Graphen“, in welchem neben grundlegenden mathematischen Aspekten auch das Labyrinthproblem, auf das wir später eingehen, und eben das Königsberger Brückenproblem behandelt werden. (*From Königsberg to König‘s book, so runs the graphic tale*” dichtete dazu William Tutte, 1917 – 2002, Kryptologe und Graphentheoretiker.)

Hierholzers Aufsatz trug den Titel „*Über die Möglichkeit, einen Linienzug ohne Wiederholung und ohne Unterbrechung zu umfahren*“ und erschien 1873 in den „Mathematische Annalen“, versehen mit einer Fussnote von Prof. Christian Wiener: „Die folgende Untersuchung trug der leider so früh dem Dienste der Wissenschaft durch den Tod entrissene Privatdocent Dr. Hierholzer einem Kreise befreundeter Mathematiker vor. Um sie vor Vergessenheit zu bewahren, musste sie bei dem Mangel jeder schriftlichen Aufzeichnung aus dem Gedächtniss wieder hergestellt werden, was ich unter Beihilfe meines verehrten Collegen Lüroth durch das Folgende möglichst getreu auszuführen suchte.“

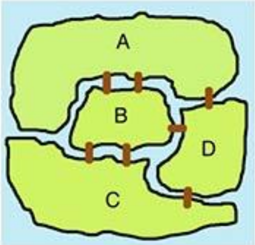
Der genannte Jakob Lüroth (1844 – 1910) war zusammen mit Hierholzer Doktorand in Heidelberg, wurde aber schon 1869, mit 25 Jahren, Professor in Karlsruhe (später dann an der TH München und in Freiburg). Über ihn hiess es später einmal: Von Jugend auf durch die Fähigkeit ausgezeichnet, fremde Gedankengänge rasch und klar zu erfassen und das Wesentliche daran zu erkennen, mit einem glänzenden Gedächtnis ausgestattet, hatte Lüroth sich mühelos fast alle Gebiete der Mathematik… zu eigen gemacht.“ Er erinnerte sich gut an Hierholzers Vortrag!

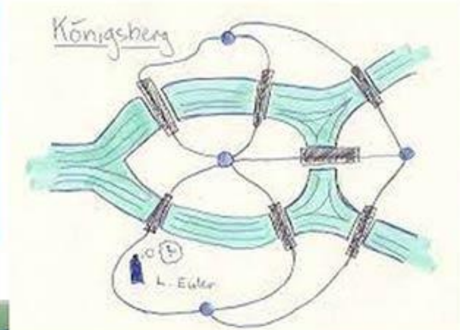
Aus: Badische Biographien 1875

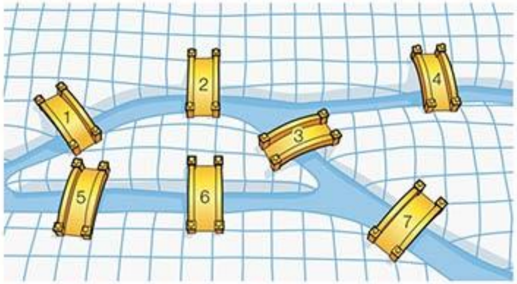
Karl Hierholzer,

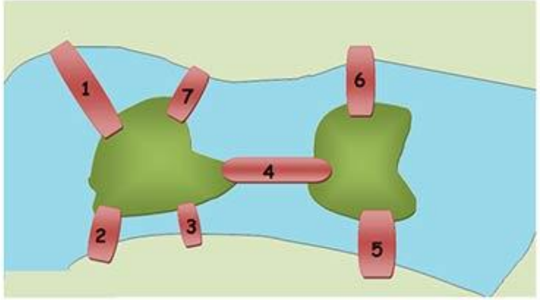
am 2. Oktober 1840 zu Freiburg geboren, studirte auf dem Polytechnikum zu Karlsruhe und später auf den Universitäten Heidelberg, Berlin und Göttingen mit einzelnen, durch Kränklichkeit bedingten, Pausen. Er habilitirte sich 1870 am Polytechnikum zu Karlsruhe für Mathematik. Er schrieb: „Ueber Kegelschnitte im Raume“, Habilitationsschrift (zugleich Math. Ann. II. 563) und „Ueber eine Fläche der vierten Ordnung“. (Math. Ann. IV. 173.) Ein früher Tod entriß ihn der Wissenschaft und seiner jungen Familie am 13. September 1871.

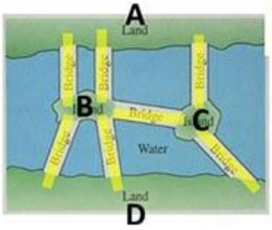
J. Lüroth.



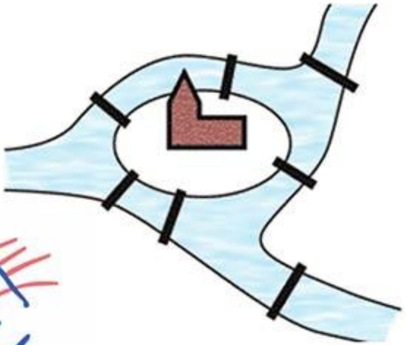


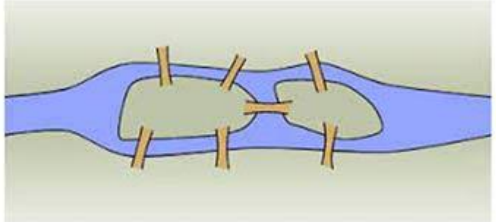


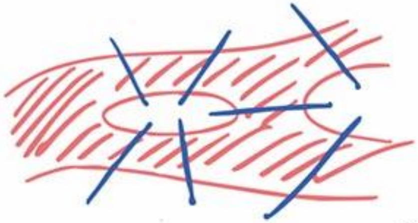


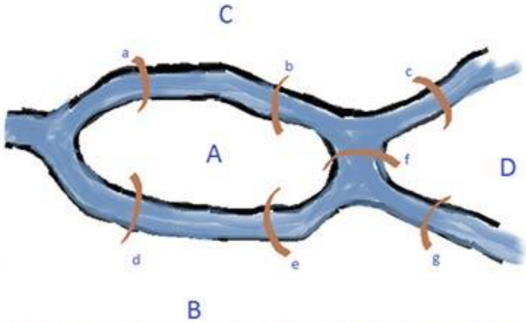


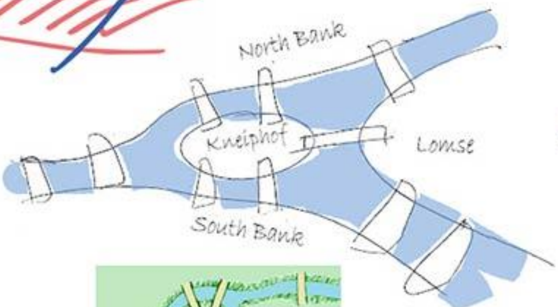
Kaum ein Problem in der Mathematik wurde derart „populär-prominent“ wie das 7-Brücken-Problem!

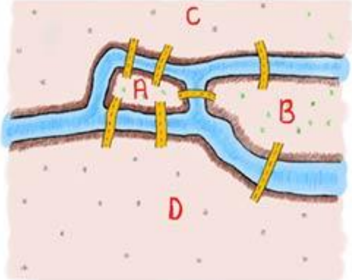


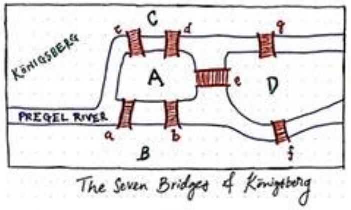


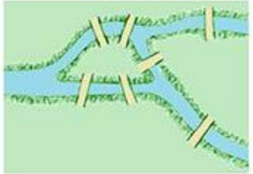


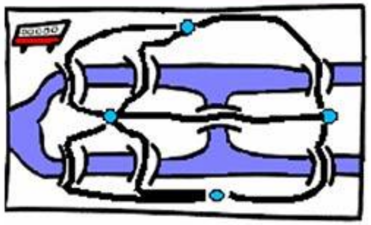


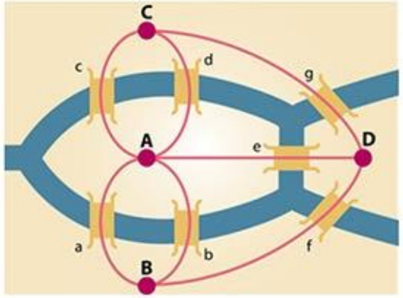


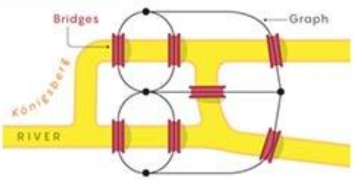












O Euler, come and walk with us!

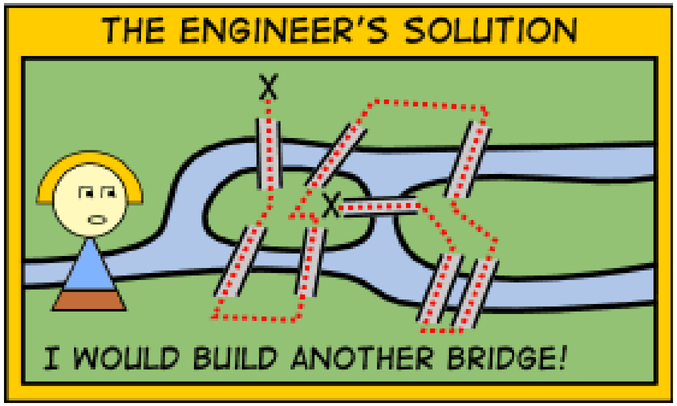
Some citizens of Königsberg
Were walking on the strand
Beside the river Pregel
With its seven bridges spanned.

"O Euler, come and walk with us",
Those burghers did beseech.
"We'll roam the seven bridges o'er,
And pass but once by each."

"It can't be done", thus Euler cried,
"Here comes the Q. E. D.
Your islands are but vertices,
And four have odd degree."

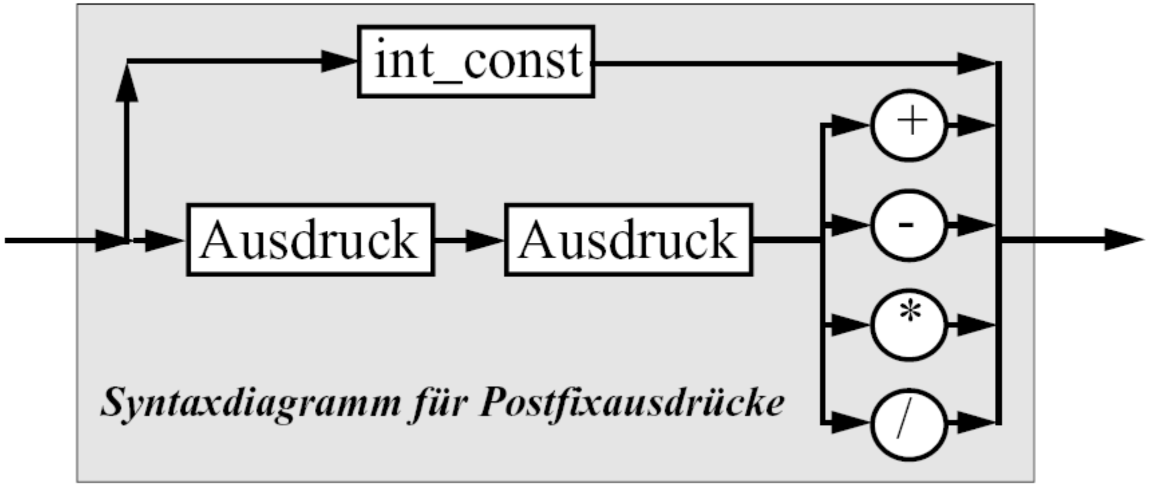
Das Gedicht wurde 1969 von William Tutte (unter seinem Pseudonym „Blanche Descartes") veröffentlicht. Tutte (1917 – 2002) war Mathematiker, insbesondere Kryptologe und Graphentheoretiker. Während des Zweiten Weltkriegs arbeitete er in Bletchley Park an der Entzifferung abgefangener verschlüsselter deutscher Funknachrichten. Es gelang ihm, im Alter von 24 Jahren, daraus die Struktur der deutschen Lorenz-Verschlüsselungsmaschinen herzuleiten, mittels derer das deutsche Oberkommando des Heeres mit lokalen Kommandostellen kommunizierte. Basierend auf Tuttes Erkenntnis baute England eine Reihe von Maschinen zur schnellen Dechiffrierung, darunter zunächst „Heath Robinson" und 1943 den elektronischen Spezialrechner „Colossus". Nach dem Krieg ging Tutte als Professor nach Kanada (Toronto, dann Waterloo).

Die erste Königsberger Brücke wurde 1286 gebaut, und bis zum Bau der siebten Brücke 1542 war immer ein Eulerweg mit allen jeweils vorhandenen Brücken möglich. 1862 wurde beschlossen, weiter flussabwärts eine Eisenbahnbrücke zu bauen; 1875 wies der Königsberger Mathematiker Louis Saalschütz darauf hin, dass bei Einbezug dieser Brücke wieder Eulerwege möglich sind. Man konnte sogar zwischen 416 verschiedenen Wegen wählen! Nach Fertigstellung der Kaiserbrücke im Jahr 1905 ging es, so man wollte, auch ohne die Eisenbahnbrücke.

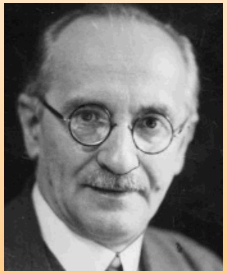


Postfix-Ausdrücke

- Bei Postfix-Ausdrücken kommt der Operator <u>nach</u> den zugehörigen Operanden, nicht dazwischen (infix)
  - Wird auch als „umgekehrte polnische Notation" (UPN) bezeichnet
  - Entspr. Präfix-Ausdrücke: Operator vor seinen beiden Operanden
- Bsp: $2\ \ 3 + 4\ \ 5 * +$ entspricht infix $(2 + 3) + (4 * 5)$



Die *Präfix-Notation* („polnische Notation") wurde in den 1920er-Jahren vom polnischen Mathematiker Jan Lukasiewicz (1878–1956) entwickelt.



Postfix-Ausdrücke (2)

- Postfix-Ausdrücke sind für die maschinelle Verarbeitung besser geeignet als Infix-Ausdrücke (dazu später mehr)
  - Sie enthalten z.B. keine Klammern und sind dennoch eindeutig!

- Ziel daher: Automatische Umwandlung infix → postfix

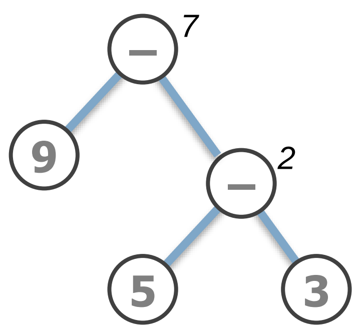
- Idee am Beispiel 2 + 3 → 2 3 +
  - D.h. von links nach rechts lesen und den Operator für den späteren Gebrauch zwischenspeichern
  - Entsprechend: 2 + Ausdruck → 2 Ausdruck +
    - Auch wenn „Ausdruck" sehr lang ist, der selbst wieder nach dem gleichen Prinzip übersetzt wird!

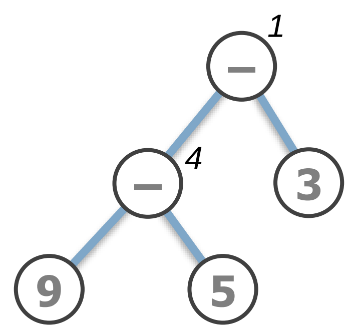
- Konkreter (rekursiver?) Algorithmus hierfür?
  - → Als kleine Übung

Postfix-Ausdrücke (3)

Der Infix-Ausdruck 9-5-3 wird im Sinne der Linksassoziativität als (9-5)-3 interpretiert; wenn stattdessen 9-(5-3) gemeint ist, so sind Klammern entsprechend zu setzen. Postfix-Ausdrücke hingegen benötigen keine Klammern; einen a priori mehrdeutigen (d.h. der Infix-Notation 9-5-3 vergleichbaren) Ausdruck gibt es bei Postfix nicht!

Infix:	9-(5-3)	(9-5)-3
Postfix:	9 5 3 - -	9 5 - 3 -





Wert:	7	1

Mehrdeutigkeit bei mathematischen Ausdrücken?

$8 \div 2(2+2) = ?$ $48 / 4(12) = ?$

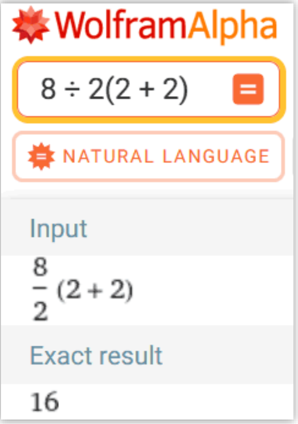
Wir haben gesehen, dass Ausdrücke wie a-b-c potentiell mehrdeutig sind: Man muss vereinbaren, dass die Teilausdrücke z.B. von links nach rechts ausgewertet werden sollen bzw. die Operatoren von links nach rechts angewendet werden sollen, der Ausdruck also als (a-b)-c verstanden werden soll. Um Missverständnissen vorzubeugen, vermeide man aber am besten „riskante“ Notationen.

Gibt es noch andersgeartete Ausdrücke der Arithmetik und Algebra, bei denen Fallstricke lauern?

Wir haben in der Schule gelernt, dass Klammern in Termen zuerst ausgewertet werden und Multiplikations- und Divisionszeichen stärker binden als ‚+‘ bzw. ‚-‘, im Übrigen aber (wie oben gesagt) von links nach rechts vorgegangen wird. Welche Zeichen für die Operatoren verwendet werden, sollte sekundär sein, die heute üblichen Symbole haben sich bis zum 17. Jh. herausgebildet. Bei der Division werden international verschiedene Zeichen im Schulunterricht verwendet, etwa ‚:‘, ‚÷‘ oder ‚/‘; bei der Multiplikation der etwas unscheinbare „Malpunkt“ ‚·‘, das Malkreuz ‚×‘ oder (seit es Programmiersprachen gibt) gelegentlich auch das Sternchen (Asteriskus) ‚*‘. Wenn aus dem Kontext heraus keine Verwechslungsgefahr besteht, kann das Malzeichen auch weggelassen werden; man schreibt z.B. einfach $U = 2\pi r$ für die Formel des Kreisumfangs – bei Programmiersprachen geht das allerdings nicht, dort müssen Multiplikationszeichen explizit verwendet werden.

So weit so gut. Bis zum 28. Juli 2019, möchte man fast ergänzen. Denn an diesem Tag postete „pjmdoll“ auf Twitter die Rechenaufgabe $8 \div 2(2+2) = ?$ und bat seine Follower, sie zu lösen. Diese kamen zu jeweils grossen Teilen auf zwei unterschiedliche Lösungen: 1 bzw. 16. Das hatte zur Konsequenz, dass das Problem viral ging (3200 retweets und 13000 likes innerhalb weniger Tage) und beide Lager sich gegenseitig nicht nur auf Twitter, sondern auch auf professionellen Plattformen Argumente zuwarfen und sich teilweise auch mit derben Worten beschimpften. Einig war man sich, dass zuerst die Klammer ausgewertet wird, und sich das Problem zu $8 \div 2(4)$ reduziert. Aber wie nun weiter? Erst das Produkt mit der Klammer auswerten, so dass $8 \div 8 = 1$ herauskommt, oder im Sinne von $8 \div 2 \times 4$ das implizite Produkt durch das Malzeichen explizit machen und dann von links nach rechts zu $(8 \div 2) \times 4 = 16$ auswerten?

Offensichtlich wurde die Devise „zuerst die Klammer auswerten“ oft so interpretiert, dass man nicht nur den *Inhalt* der Klammer berechnet, sondern auch die 2 vor der Klammer als zugehörig ansieht. („Der Fall ist für mich klar. 2(2+2) ist die Kurzform für (2*(2+2)). So hab ich es jedenfalls gelernt.“ Oder: „You must distribute the 2 before division because it touches the parenthesis.“)



Am 2. August 2019 griff schliesslich die New York Times den Glaubenskrieg im Internet auf. Im Artikel wird begründet, wieso die richtige Lösung eigentlich 16 sei, aber der Ausdruck dennoch mehrdeutig sei: „No professional mathematician would ever write something so obviously ambiguous“.

In Programmiersprachen muss man dies als 8/2*(2+2) schreiben (oder eben als 8/(2*(2+2)), wenn es wirklich anders gemeint war); in Postfixnotation kann man beides auch ganz ohne Klammern ausdrücken: 8 2 / 2 2 + * (ergibt 16) bzw. 8 2 2 2 + * / (ergibt 1), muss aber eindeutig Position beziehen.

Was ist $48 \div 4\,(12)$?

Auch Taschenrechner sind sich nicht einig. Hier beispielhaft die Modelle fx-82MS und fx-350ES von Casio. Während im ersten Modell zunächst $4 \times 12 = 48$ gerechnet wird, wird im zweiten Modell zuerst $48/4 = 12$ gerechnet. Zum ersten Modell sagt das user manual schlicht: „When two or more expressions have the same priority, they are executed from right to left.“ Das entspricht allerdings nicht der üblichen Koventionen. Die Kommentare dazu im Netz sind oft lakonisch: „Even engineers working in the same calculator company do not seem to have a common interpretation.“ Oder: „Mit meinem HP mit UPN kann einem das nicht passieren. Da muss man wissen, was man rechnet bzw. rechnen will...“

Daraus folgt natürlich nicht, dass die Mathematik mehrdeutig ist – allenfals die Notation ist es.

Umwandlung infix → postfix via Operatorbaum

- Eine erste Idee:
  - Infix-Ausdruck mit einem Parser analysieren
  - Dabei Operatorbaum aufbauen
  - Operatorbaum dann in postorder durchlaufen

- Es geht aber auch ohne expliziten Operatorbaum!

Umwandlung infix → postfix mittels Stack

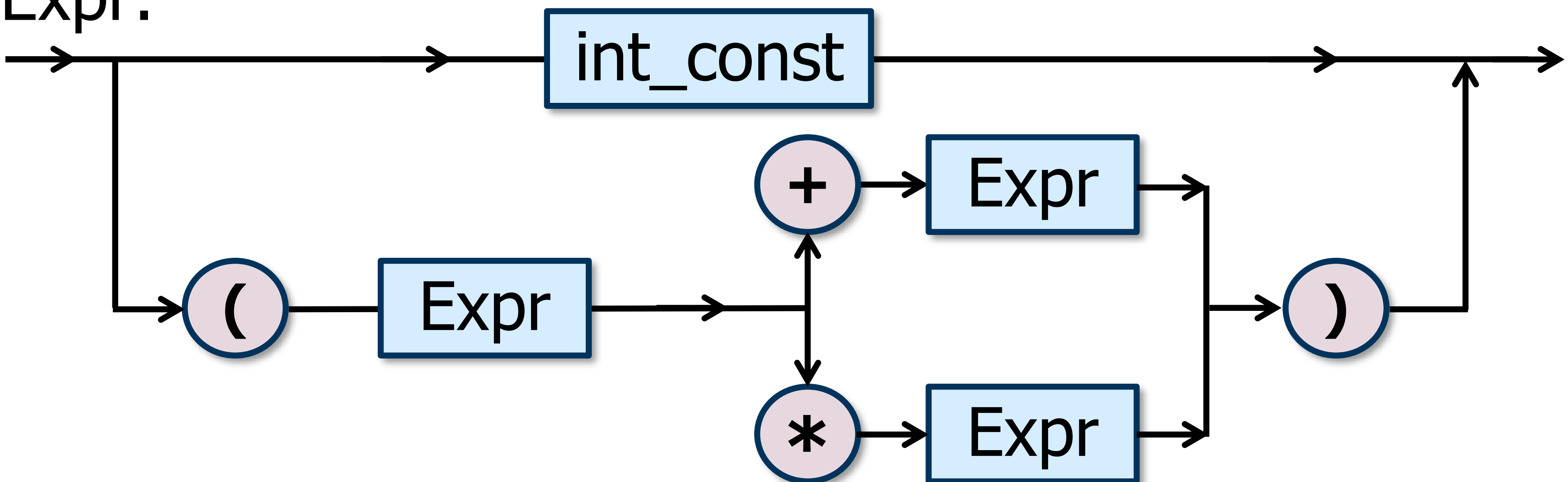
- Wir kommen ohne expliziten Baum aus, wenn wir beim zeichenweisen Lesen des Infix-Ausdrucks von links nach rechts die Operatoren für den späteren Gebrauch zwischenspeichern

<Ausdruck_1> **<OP>** <Ausdruck_2>
⇒
<Ausdruck_1> <Ausdruck_2> **<OP>**

- Daher:
  - Operator in einen Stack; dort ruhen lassen
  - Inzwischen den Ausdruck_2 (in analoger Weise) bearbeiten
  - Nach Ende von Ausdruck_2: Operator aus dem Stack herausholen
    - Aber wie erkennt man das Ende?
    - Wir machen es uns hier einfach und fordern, dass jeder Teilausdruck geklammert ist; so erkennt man es an einer schliessenden Klammer „)"
    - Genauer: „vollständige Klammerung" → Jeder Infixoperator bringt ein Klammerpaar mit, das seinen linken und rechten Operanden umfasst

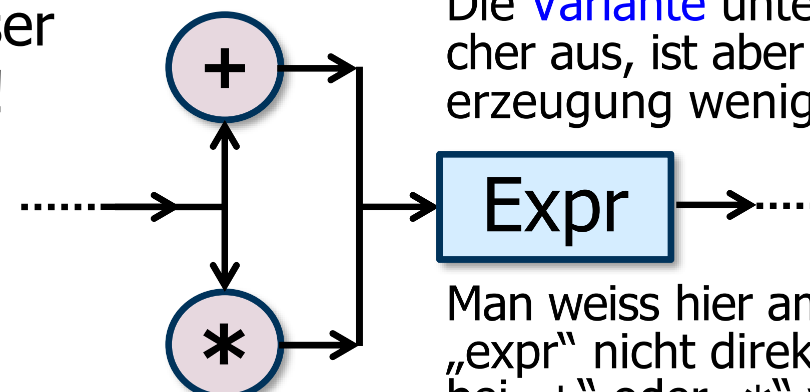
Vollständig geklammerte Infix-Ausdrücke

Expr:



Beachte: ((8) + (4)) oder z.B. (3) sind entsprechend dieser „Grammatik" <u>nicht</u> korrekt!

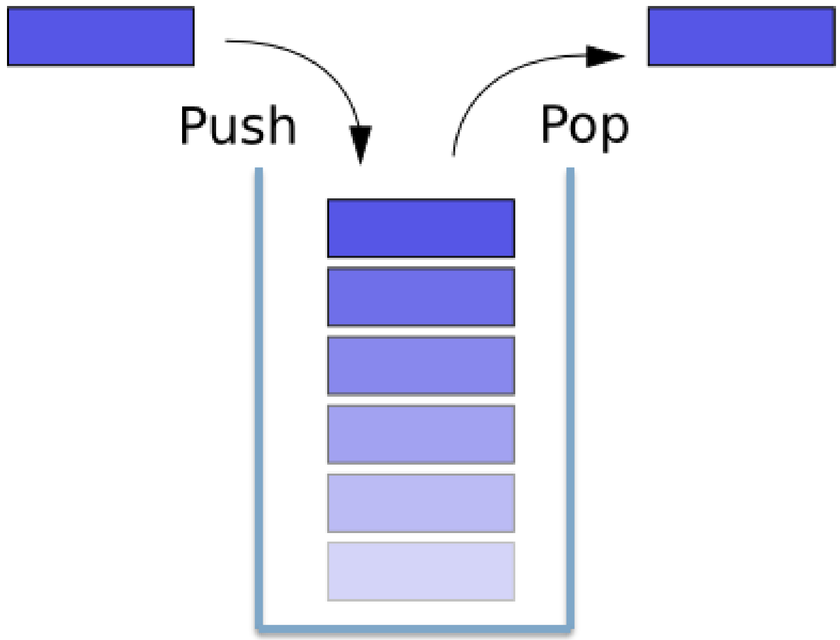
Die Variante unten sieht einfacher aus, ist aber für die Codeerzeugung weniger geeignet:



Man weiss hier am Ende von „expr" nicht direkt, ob man bei „+" oder „*" vorbeikam

Ein Stack

Bereits aus Teil I der Vorlesung bekannt

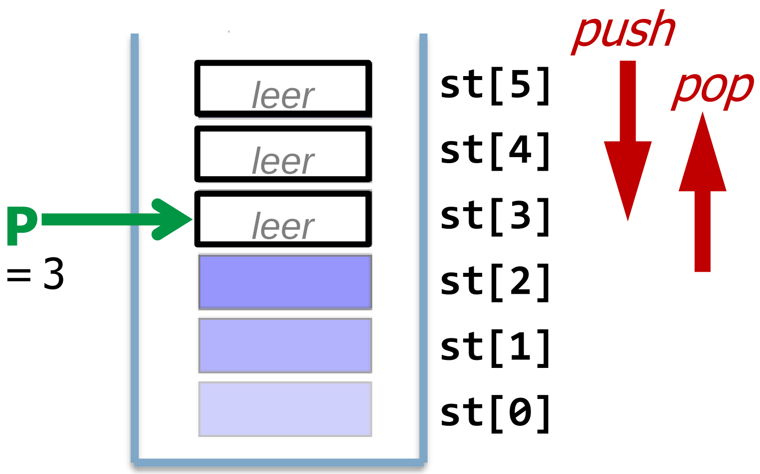


- Stapel
- Keller

deutsche Bezeichnung

- LIFO (Last In – First Out) ⇹ FIFO (First In – First Out)
- Push-down store

Ein Stack – hier realisiert mit einem Array



- Realisiert als Klasse, die ein Array st nutzt
- Array-Grenzen sind durch 0 und length-1 abgesteckt
- p „zeigt" immer schon auf das nächste freie Element
- Hier: Stack speichert ein-zelne Zeichen („char-Stack")

```
class Stack {
  int p;
  char [] st;

  Stack(int size) {
    p = 0;
    st = new char[size];
  }

  void push(char c) {
    if (p >= st.length)
      System.out.println
      ("Stack Overflow");
    else
      st[p++] = c;
  }

  char pop() {
    return st[--p];
  }
}
```

Stackpointer

Konstruktor

Sonst Fehler bei Zugriff auf st[st.length]

Experten nutzen in solchen Fällen exceptions

Ein „stack underflow" sollte eigentlich auch überprüft werden!

Umwandlung infix → postfix mittels Stack

- Wir beschränken uns hier auf die Operatoren + und $*$ sowie auf ein-ziffrige Operanden; der Infix-Ausdruck sei vollständig geklammert

(Ausdruck1 <OP> Ausdruck2)
⇒
Ausdruck1 Ausdruck2 <OP>

(5 + (7 * 3))

- Lösungsidee:
  - Gesamtausdruck von links nach rechts zeichenweise verarbeiten
  - Operanden (d.h. Zahlen) werden sofort ausgegeben
  - Operatoren (+, $*$) kommen in den Stack
  - Bei jeder schliessenden Klammer: obersten Operator aus dem Stack holen (pop) und ausgeben
  - Offenbar spielen öffnende Klammern keine Rolle, daher „(" ebenso wie Leerzeichen etc. einfach überlesen!

Man spiele folgende Testfälle durch:

((a+b)$*$c)

(a+(b$*$c))

(a$*$(b+c))

Aber heisst das etwa, dass öffnende Klammern von vornherein überflüssig sind? Wir können diese doch kaum in allen Mathematikbüchern einfach schadlos ausradieren, oder?!

Umwandlung infix → postfix: Java-Programm

```
class Stack  // Wie oben ausgeführt

class InfToPost {
  Stack stk = new Stack(1000);
  char c; // Lookahead-Zeichen

  boolean eof(char c) {
    return (c == (char) -1);
  }

  void convert() {
    while (!eof(c = KbdInput.getc())) {
      if ((c=='+') || (c=='*'))
        stk.push(c);
      if ((c >= '0') && (c <= '9'))
        System.out.print(" " + c);
      if (c == ')')
        System.out.print(" " + stk.pop());
    } // end while
  System.out.println();
  }
} // end class InfToPost
```

Verschachtelungstiefe von max. 1000 sollte reichen

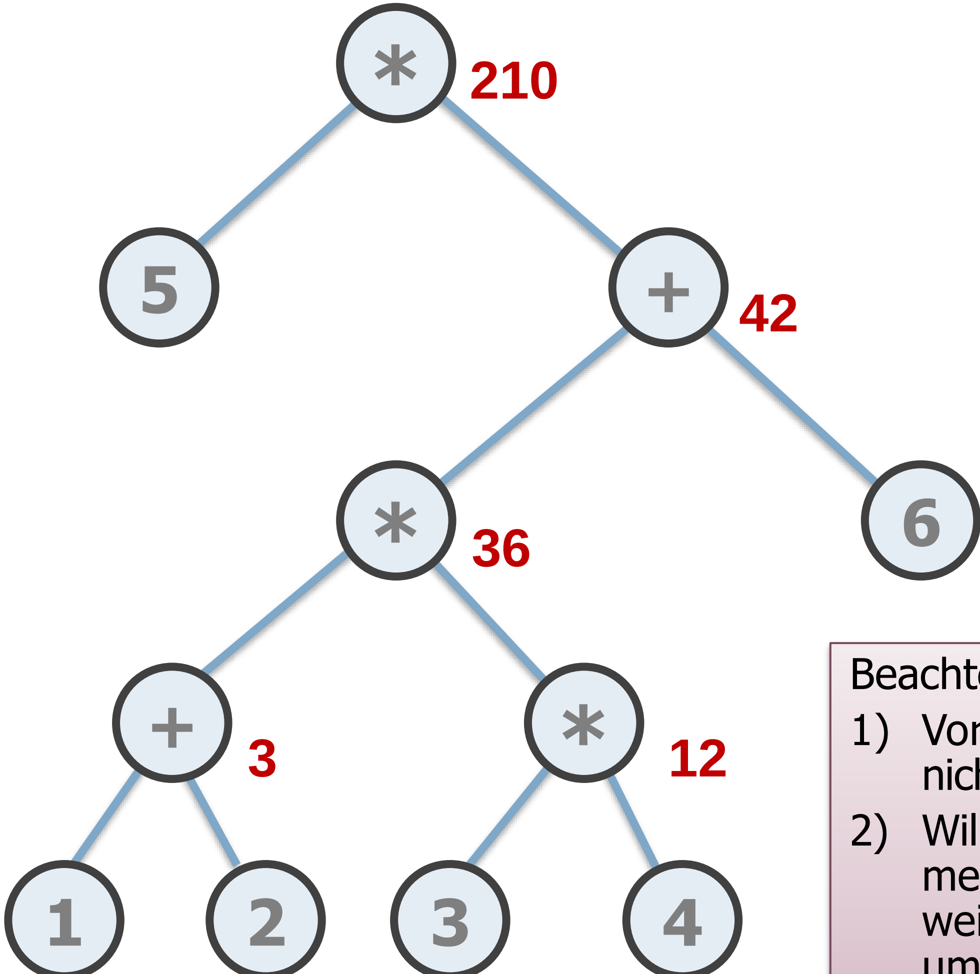
Bei Dateiende ("**e**nd **o**f **f**ile") wird ein Spezialzeichen geliefert mit dem Wert (char)-1

Als Nebeneffekt bei der Zuweisung an c wird der Wert auch an eof weitergegeben

Ziffern direkt ausgeben

Testbeispiel:
(5*(((1+2)*(3*4))+6))
wird umgewandelt in
5 1 2 + 3 4 * * 6 + *

Der Baum zu infix (5*(((1+2)*(3*4))+6)) bzw. postfix 5 1 2 + 3 4 * * 6 + *



Das ist das Testbeispiel der letzten Slide; es dient auch als Beispiel für die Postfix-Auswertung auf den nachfolgenden Slides

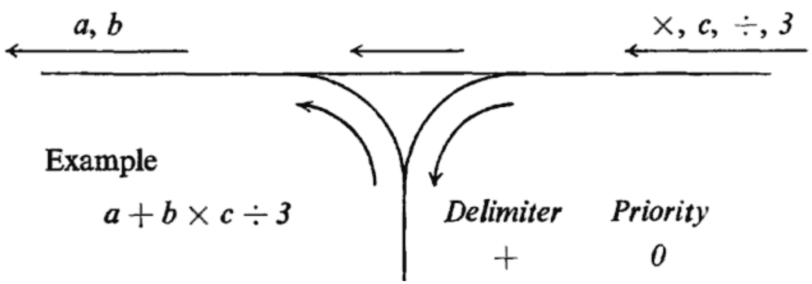
Beachte:

1) Vorheriges Programm funktioniert z.B. nicht bei ((3)+(4)); ist das ein Problem?
2) Will man auch nicht vollständig geklammerte Infix-Ausdrücke oder solche mit weiteren Operatoren (minus, dividiert) umwandeln, wird es etwas komplizierter; wir gehen hier aber nicht darauf ein

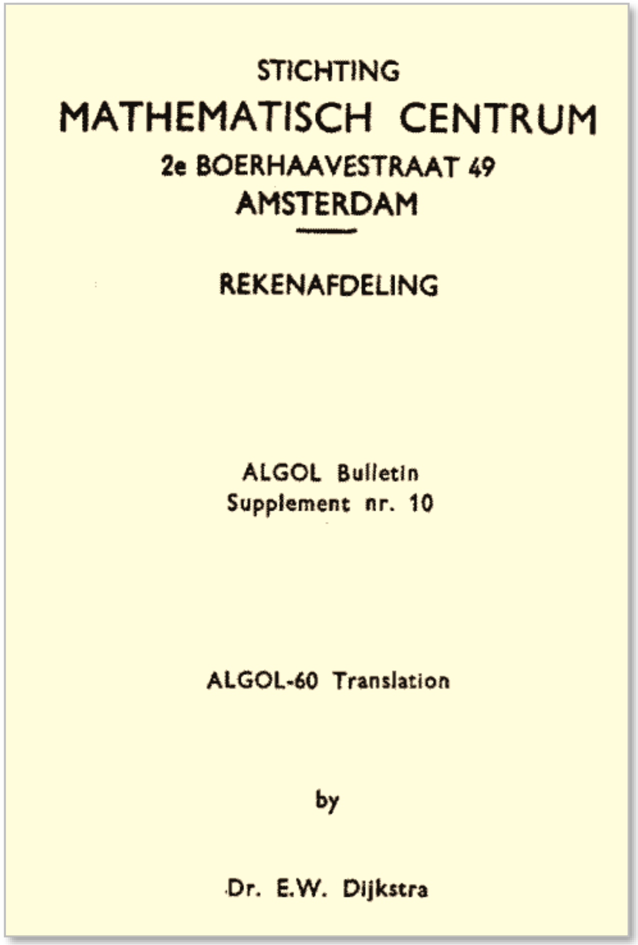
Dijkstras Rangierbahnhof-Algorithmus

E.W. Dijkstra hatte die Postfixumwandlung 1961 in einer Veröffentlichung „Making a Translator for ALGOL 60" anhand eines Rangierbahnhofs mit Wendedreieck beschrieben: „The translation process shows much resemblance to a shunting at a three way railroad junction. At the right the symbols of the ALGOL text come in in order from left to right, at the left the successive orders of the object program are produced." [Information Bulletin No. 7, APIC, England, pp. 3-11, May 1961]

Grafische presentatie van het algoritme, gebruikmakend van een driewegsspoor-wegkruispunt.



Der Input wird zeichenweise gelesen, wobei Operanden direkt in die Ausgabe geschrieben werden. Falls das anstehende Zeichen ein Operationszeichen ist, wird es auf einen Stack gelegt. Falls bereits ein Operator auf dem Stack liegt, wird anhand der Operatorrangfolge und -assoziativität entschieden, ob der neue Operator direkt auf den Stack gelegt wird oder ob der Stack zuerst in den Output geleert wird. Öffnende Klammern werden ebenfalls auf den Stack gelegt, allerdings werden sie beim Entfernen nicht in den Ausgabestrom geschrieben. Bei schliessenden Klammern wird der Stack bis zum Antreffen einer öffnenden Klammer geleert.


STICHTING
MATHEMATISCH CENTRUM
2e BOERHAAVESTRAAT 49
AMSTERDAM

REKENAFDELING

ALGOL Bulletin
Supplement nr. 10

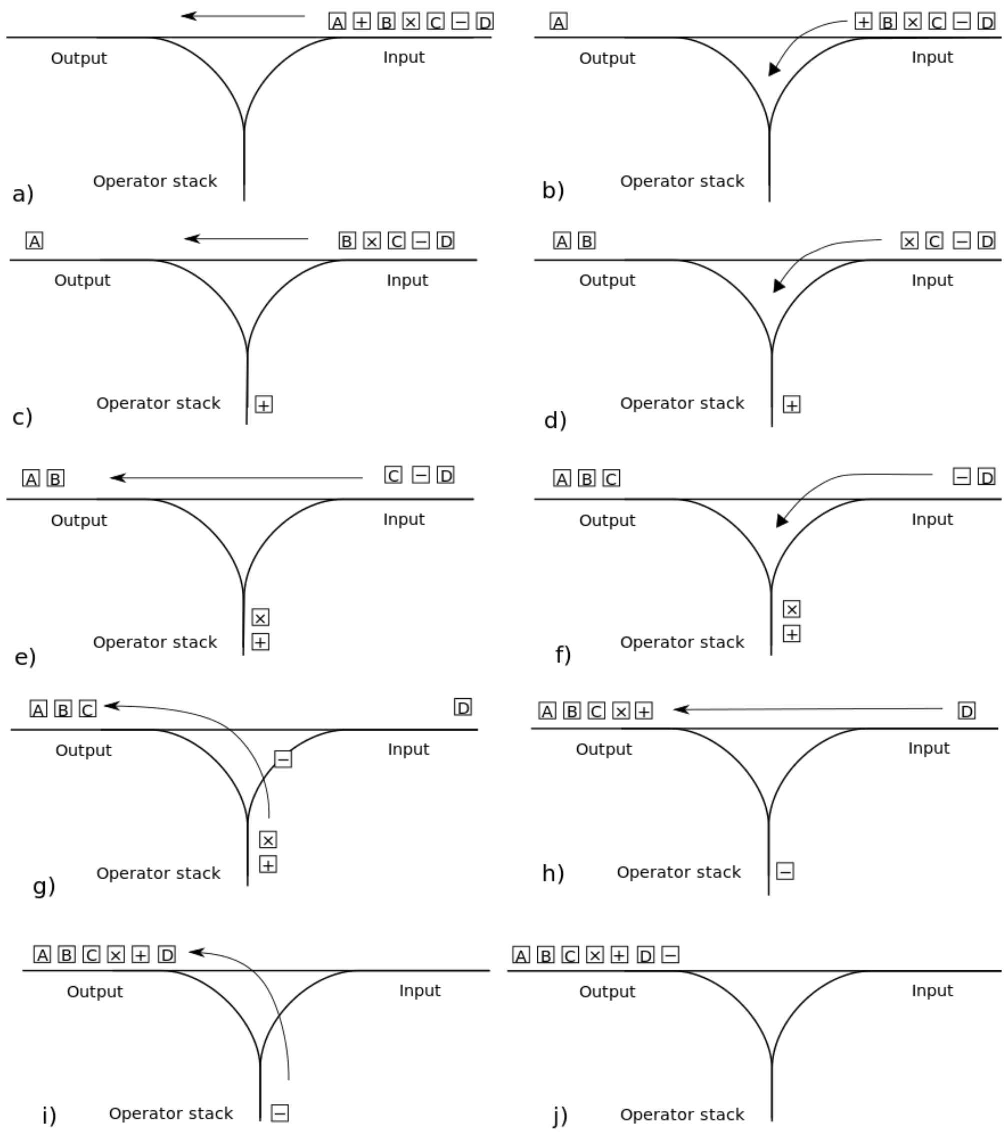
ALGOL-60 Translation

by

Dr. E.W. Dijkstra

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Shunting-yard-Algorithmus

Dijkstras Rangierbahnhof-Algorithmus – Beispiel



0. Add a ")" to the end of the expression and push a "(" on the stack.

1. Scan the expression from left to right; consider the current symbol:

1.1 If the current symbol is an operand, shift the symbol to the output queue.

1.2. If the current symbol is an operator (e.g. +,/,-, *):

While there is an operator on the stack whose priority is greater or equal to the current symbol → pop the operator from the stack and enqueue it into the output queue. Then push the current symbol on the stack.

1.3) If the current symbol is a "(" → push it on the stack.

1.4) If the current symbol is a ")" → pop all operators from the stack and enqueue them into the output queue until a "(" is encountered. Then pop the "(" from the stack.

2. When the input queue is empty: pop all operators from the stack and put them into the queue.

Dijkstras Rangierbahnhof-Algorithmus – Beispiel

Infix: ((A/(b−c+d))∗(e−a)∗c)

Infix character scanned	Stack	Postfix Expression
	(	
(	((	
(	(((	
A	(((	A
/	(((/	A
(	(((/(	A
b	(((/(	Ab
-	(((/(-	Ab
c	(((/(-	Abc
+	(((/(+	Abc-
d	(((/(+	Abc-d
)	(((/	Abc-d+
)	((	Abc-d+/
*	((*	Abc-d+/
(	((*(	Abc-d+/
e	((*(	Abc-d+/e
-	((*(-	Abc-d+/e
a	((*(-	Abc-d+/ea
)	((*	Abc-d+/ea-
*	((*	Abc-d+/ea-*
c	((*	Abc-d+/ea-*c
)	(	Abc-d+/ea-*c*
)		Abc-d+/ea-*c*

Der Algorithmus findet sich auf der Liste der holländischen Erfindungen (Ausschnitt) bei Wikipedia; eingereiht bei Air conditioning, Cassette tape, DVD, Gin, Python, Speed skating, Submarine, Telescope und Yacht.

- DVD

E

- *EFMPlus*
- Eight-to-fourteen modulation
- Einthoven's triangle
- *Electrical capacitor*
- Electrocardiography
- Electrologica X1
- Electrologica X8

F

- Fahrenheit
- Fahrenheit hydrometer
- Fairtrade certification
- Fierljeppen
- Finance capitalism
- Fluyt
- Flyboat
- Fokker periodicity block

G

- Gatso
- Gibbing
- Gin
- Groasis Waterboxx
- Gunpowder engine
- Gyrator

H

- Herring buss
- HIsarna ironmaking process

- Python (programming language)

R

- Red light camera
- Refracting telescope
- Rietveld joint

S

- Schooner
- Securitization
- Self-stabilization
- Short (finance)
- Shunting-yard algorithm
- Sloot Digital Coding System
- Snellen chart
- Speed skating
- Springtime (guitar)
- Stella (solar vehicles)
- Stochastic cooling
- Stock exchange
- Stock market
- Stratego
- String galvanometer
- Structured programming
- Submarine
- Submarine snorkel
- Super Video CD
- Superbus (transport)

T

- Telescope
- THE multiprogramming system

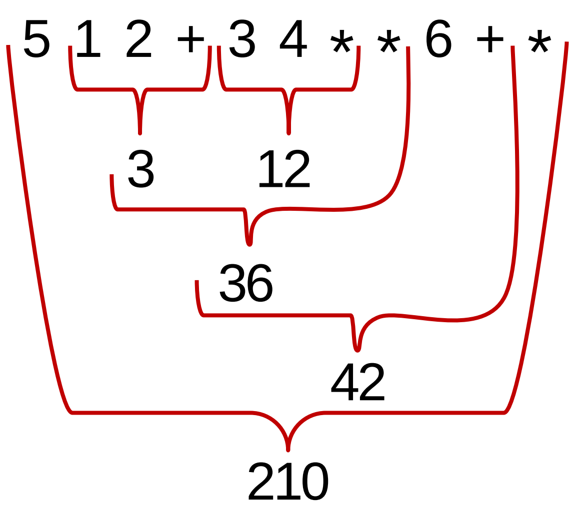
https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Dutch_inventions

Auswertung von Postfix-Ausdrücken

- Idee: Zeichenweise von links nach rechts lesen, bis man auf einen Operator trifft; dann diesen auf die beiden vorangehenden Operanden (d.h. Zahlen) anwenden

Beispiel: `5 1 2 + 3 4 * * 6 + *`

(Hier nur <u>ein</u>ziffrige Operanden!)

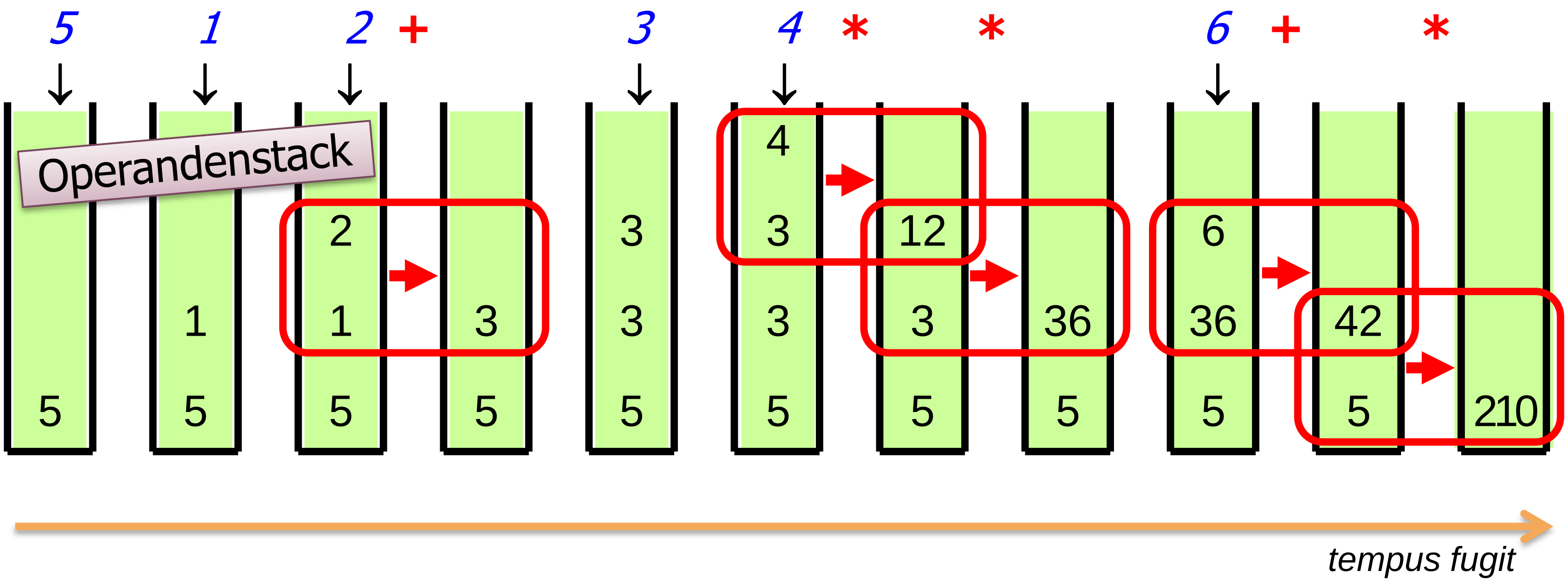


- Operanden nacheinander in einen Stack pushen
- Bei einem Operator: Die obersten beiden Operanden aus dem Stack holen und verknüpfen
- Das Resultat wieder in den Stack pushen
- Am Ende steht das Resultat alleine im Stack

Auswertung von Postfix-Ausdrücken

- Idee: Zeichenweise von links nach rechts lesen, bis man auf einen Operator trifft; dann diesen auf die beiden vorangehenden Operanden (d.h. Zahlen) anwenden

Beispiel: 5 1 2 + 3 4 * * 6 + *



Ein Postfix-Auswerter in Java

Nach der eben geschilderten Idee mittels Operandenstack

```
public static void main(String args[]) {
  Stack stk = new Stack(1000); // hier: int-Stack (für Operanden)
  int x; char c = ' '; // Lookahead-Zeichen
  while (!eof(c)) {
    if (!(c == '+' || c == '*' || (c >= '0' && c <= '9') )) {
      c = KbdInput.getc();
      continue;
    }
    if (c == '+') {
      stk.push(stack.pop() + stack.pop());
      c = KbdInput.getc();
      continue;
    }
    if (c == '*') {
      stk.push(stack.pop() * stack.pop());
      c = KbdInput.getc();
      continue;
    }
    x = 0;
    while (c >= '0' && c <= '9') {
      x = 10 * x + Character.digit(c,10);
      c = KbdInput.getc();
    }
    stk.push(x);
  }
  System.out.println(stk.pop());
}
```

Alles Fremde einfach überlesen; z.B. auch Leerzeichen, newline, ...

Die Operation '+' oder '∗' werden auf die beiden obersten Stackelemente angewendet, das Ergebnis davon gleich wieder auf den Stack gepusht

Mehrziffrige Operanden zusammenbauen und den berechneten int-Wert auf den int-Stack legen (→ nächste Slide)

Ausgabe des Endergebnisses

Umwandlung von Ziffernfolgen in Zahlen

Schema ist aus Informatik I bekannt („Zahlen parsen"); es handelt sich um das Horner-Schema für Polynome

```
while (c>='0' && c<='9')
  { x = 10*x +
    Character.digit(c,10);
    c = KbdInput.getc(); }
stk.push(x);
```

- Verschiedene Operanden sind durch Leerzeichen getrennt; mehrstellige Operanden enthalten keine Leerzeichen
- Beim Test `c >= '0' && c <= '9'` wird die Tatsache verwendet, dass die Ziffer-zeichen 0 bis 9 im Zeichensatz hintereinander stehen (→ Informatik I)
- Mit `Character.digit(c,10)` wird das Zeichen in der Variablen c als Ziffer im Dezimalsystem interpretiert und nach int konvertiert

---

- Der Wert einer Zahl Z in Stellenschreibweise $c_n c_{n-1} \ldots c_0$ (mit Basis b > 1 und Ziffern $0 \leq c_i < b$) ergibt sich aus

$$Z = \sum c_i b^i = (\ldots(c_n)b+c_{n-1})b+\ldots+c_1)b+c_0$$

(Horner-Schema: b ausklammern)

  - Wir verwenden Dezimalzahlen; daher b = 10
  - Ganz ähnlich könnte man z.B. auch binäre (b = 2) oder hexadezimale (b = 16) Operanden zulassen und nach int konvertieren – wir kennen die Binär- und Hexadezimaldarstellung ja schon aus „Informatik I"

Historischer Exkurs

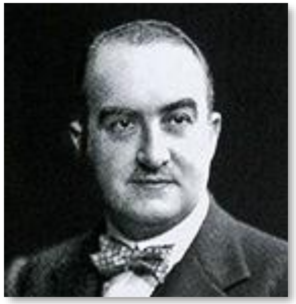
Historische Notiz

Wir nutzen die besprochene Analyse mehrziffriger Zahlendarstellungen
für ein Interludium mit historischen Anmerkungen zu folgenden Aspekten:

- Horner-Schema
- Automatische Auswertung von Rechenformularen – Motivation für Zuses Computer
- Rechenschablonen als Rechenhilfsmittel für Hilfsrechner
- Menschliche Rechner
- Dezimalschreibweise und die Ziffer 0
- Schul- und Rechenmeister wie Adam Ries
- Rechenbänke, Rechenpfennige und der Abakus

→

Stichwort „Horner-Schema“



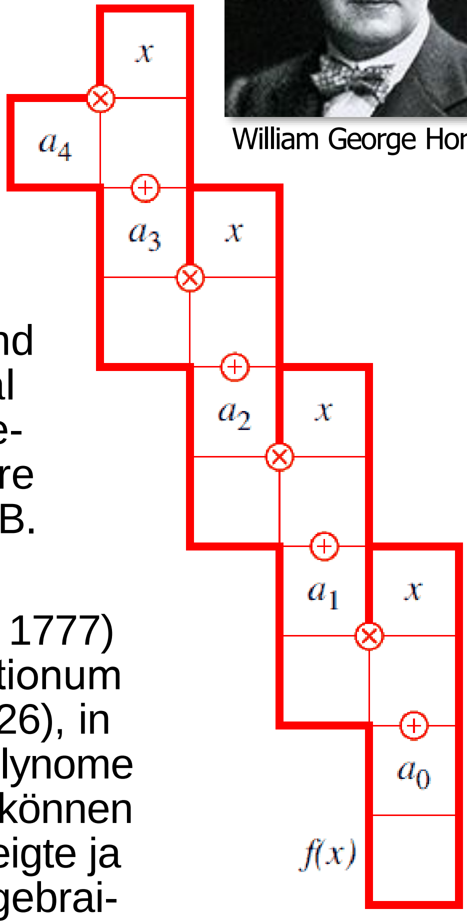
William George Horner

Das Horner-Schema nach William George Horner (1786–1837) ist ein Umformungsverfahren für Polynome, um die Berechnung von Funktionswerten zu erleichtern. Durch fortgesetztes Ausklammern der freien Polynomvariablen wird das Polynom als Schachtelung von Produkten und Summen dargestellt. Im umgeformten Polynom kommen keine Potenzen, sondern nur noch eine minimale Anzahl von Multiplikationen und Additionen vor.

Das Horner-Schema ist 1819 der Royal Society vorgelegt worden und noch im selben Jahr in den Philosophical Transactions of the Royal Society publiziert. Allerdings war Horner nicht der Erste, der diese Methode entdeckte, Paolo Ruffini (1765 – 1822) veröffentlichte 15 Jahre vor Horner bereits ein ganz ähnliches Verfahren; dieses wird daher z.B. in Italien auch als regola di Ruffini bezeichnet.

Noch früher, 1761, veröffentlichte Johann Andreas von Segner (1704 – 1777) eine Arbeit „Methodus simplex et universalis, omnes omnium aequationum radices detegendi“ (Novi Comment. Acad. Sc. Imp. Petrop., VII, 211-226), in der er einen genialen graphischen Algorithmus vorstellt, mit dem für Polynome beliebigen Grades punktweise die Funktionswerte konstruiert werden können bzw. deren Nullstellen einfach bestimmt werden können. (Erst 1824 zeigte ja Abel, dass es für Gleichungen fünften oder höheren Grades keine algebraische Lösungsformel gibt.) Die einzelnen Schritte des Verfahrens entsprechen dabei genau dem Horner-Schema!

Und schliesslich soll die Methode chinesischen und persischen Mathematikern schon einige Jahrhunderte früher bekannt gewesen sein.

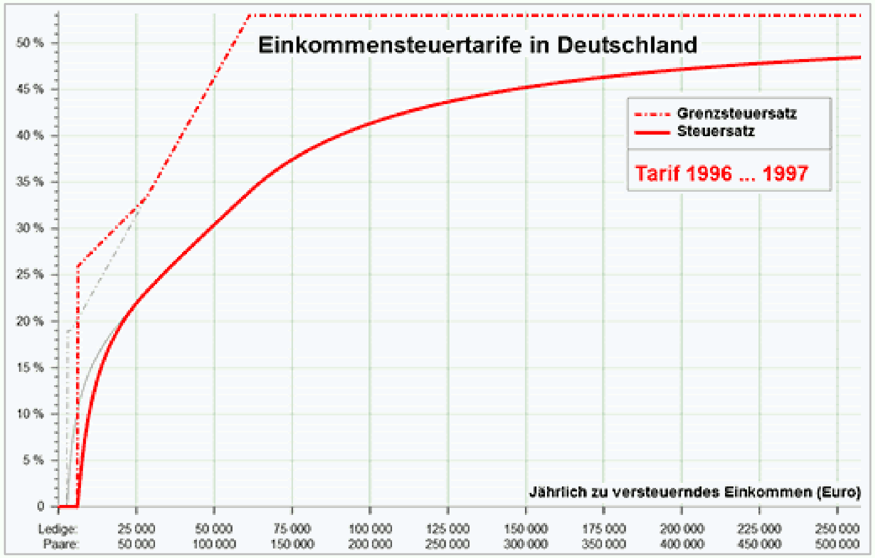


Horner-Schema für $f(x) = a_4x^4+a_3x^3+a_2x^2+a_1x+a_0 = (((a_4x+a_3)x+a_2)x+a_1)x+a_0$

Exkurs: Horner-Schema bei der Steuerberechnung

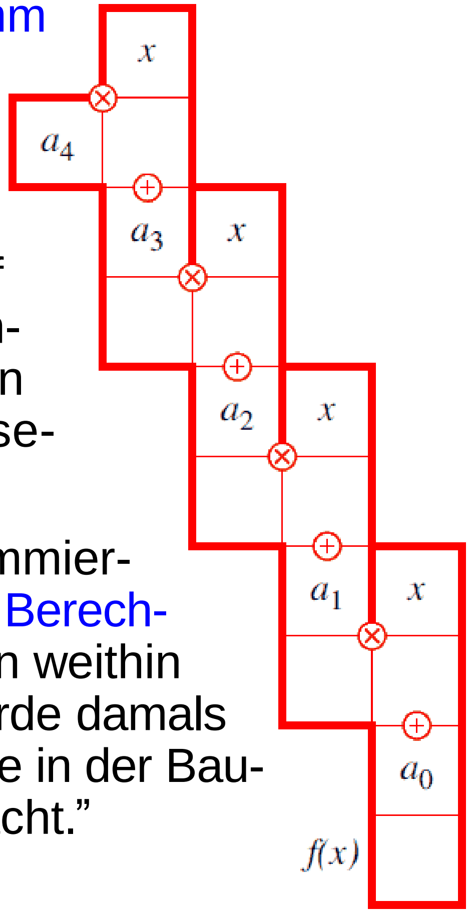
Bevor standardisierte Computerprogramme mit ausreichend genauer Arithmetik auf Basis von Gleitpunktzahlen zum Einsatz kamen, wurde z.B. in Deutschland die Einkommensteuer nach dem Horner-Schema berechnet, um bei manuellen Rechnungen Rundungsfehler zu minimieren und (durch ein und dasselbe Verfahren) die Rechtssicherheit im Rahmen der Gleichbehandlung zu gewährleisten. Wieso aber müssen bei der Steuerberechnung überhaupt Polynome evaluiert werden?

In vielen Ländern ist der Steuertarif so aufgebaut, dass ein gewisser Grundbetrag steuerfrei bleibt. Danach erfolgt bis zu einer Obergrenze die Besteuerung progressiv – in diesem Bereich wächst die zu zahlende Steuer nicht linear mit dem zu versteuernden Einkommen sondern schneller. Eingangssteuersatz, Spitzensteuersatz und Gestaltung der Progression sind durch Gesetze festgelegt, werden aber als Gegenstand politischer Auseinandersetzungen gelegentlich geändert. Die „Progression“ ist meist intervallweise („Tarifzonen“) so definiert, dass der Steuersatz dort linear ansteigt und an den Intervallgrenzen Sprünge vermieden werden. Im deutschen Einkommensteuergesetz von 1997 heisst es z.B.: „Die… Einkommensteuer… beträgt… für zu versteuernde Einkommen… von 13500 DM bis 17495: $(262{,}76 \cdot y + 2290) \cdot y$; von 17496 DM bis 114695: $(133{,}74 \cdot z + 2500) \cdot z + 957$;… "y" ist ein Zehntausendstel des 13446 DM übersteigenden Teils des… zu versteuernden Einkommens; "z" ein Zehntausendstel des 17442 DM übersteigenden Teils… Die zur Berechnung… erforderlichen Rechenschritte sind in der Reihenfolge auszuführen, die sich nach dem Horner-Schema ergibt. Dabei sind die sich aus den Multiplikationen ergebenden Zwischenergebnisse für jeden weiteren Rechenschritt mit drei Dezimalstellen anzusetzen.“



Zur Ermittlung der Steuerschuld wird das massgebliche Einkommen mit dem Steuersatz multipliziert; in den Steuersatz selbst geht (in der Progression) das Einkommen jedoch multiplikativ ein – insofern hat man dort ein Polynom zweiten Grades.

Rechenschemata als Proto-Programme



Als Rechenschema stellt das Horner-Schema eine Art Programm (zur einfachen und effizienten Polynomauswertung) in Form von „Anweisung an den menschlichen Geist“ dar – man fügt in das (evtl. sogar formularhaft gegebene) Schema die Parameter (also die Koeffizienten a_i und den konkreten Wert von x) an die gekennzeichneten Leerstellen ein und wendet stur (im Kopf oder auf einem Hilfsblatt, evtl. unter Zuhilfenahme einer Rechenmaschine) die vorgegebenen elementaren Rechenoperationen an, wobei man die jeweiligen Zwischenresultate an die vorgesehenen Formularplätze schreibt.

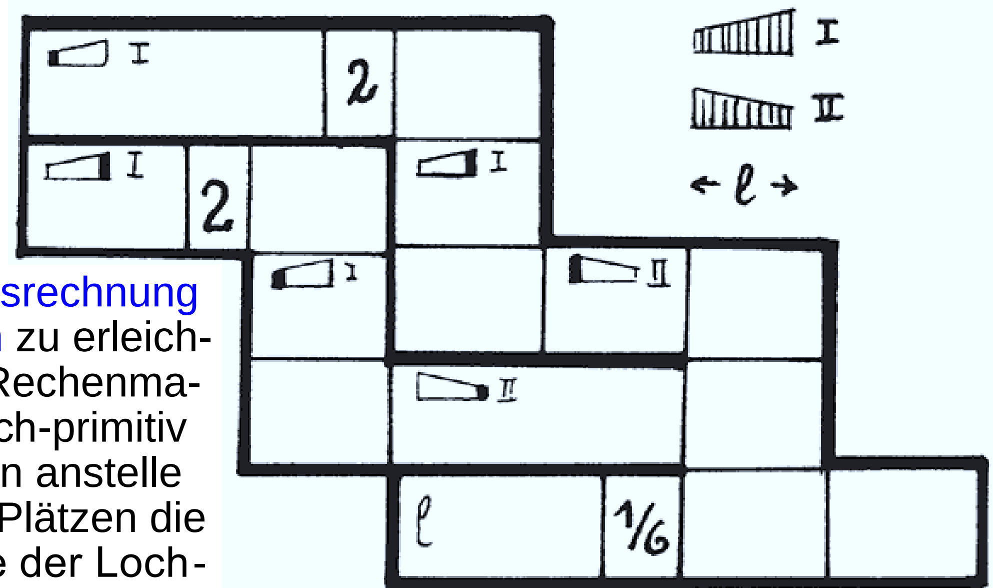
F.L. Bauer bemerkte dazu: „Lange vor dem Erscheinen programmierbarer Rechenmaschinen gab es die Notwendigkeit, umfängliche Berechnungsaufgaben mittels geeigneter Formulare aufzubereiten. Ein weithin bekanntes Beispiel ist das Horner-Schema. [...] Konrad Zuse wurde damals durch ein Formular für Berechnungen von Flächenmomenten, die in der Baustatik gebraucht wurden, auf seinen Weg zum Computer gebracht.“

F.L. Bauer: Historische Notizen zur Informatik, Springer, 2008.

Rechenschemata motivierten den Computer

Wir gehen zunächst der letzten Bemerkung von F.L. Bauer über Zuse nach. Zuse schreibt dazu in seinem Buch „Der Computer – mein Lebenswerk" von 1969: „Bei den Formularen sollten möglichst nur die Zahlen (Eingangswerte) eingesetzt werden, und der Ablauf der Rechnung, der sich in der Regel aus Addition, Subtraktion und Multiplikation zusammensetzt, sollte sich aus dem Aufbau der Formulare gewissermassen von selbst ergeben, möglichst so, […] dass Festwerte (Formelkonstante) gleich an den richtigen Stellen vorgedruckt standen.

[…] Der nächste Schritt musste sein, die Ausrechnung solcher Formulare durch Rechenmaschinen zu erleichtern. Nun verstand ich aber gar nichts von Rechenmaschinen. […] Zunächst ging ich etwas kindlich-primitiv vor: Ich dachte mir, dass auf den Formularen anstelle der geschriebenen Zahlen an den gleichen Plätzen die Werte eingelocht wurden […]. An die Stelle der Lochkartenformulare, die nur einmal benutzt werden können, wollte ich Register setzen, bei denen die Zahlen auf verriegelbaren Stiften gespeichert werden. Diese Register können immer wieder gelöscht und neu eingestellt werden. […]"



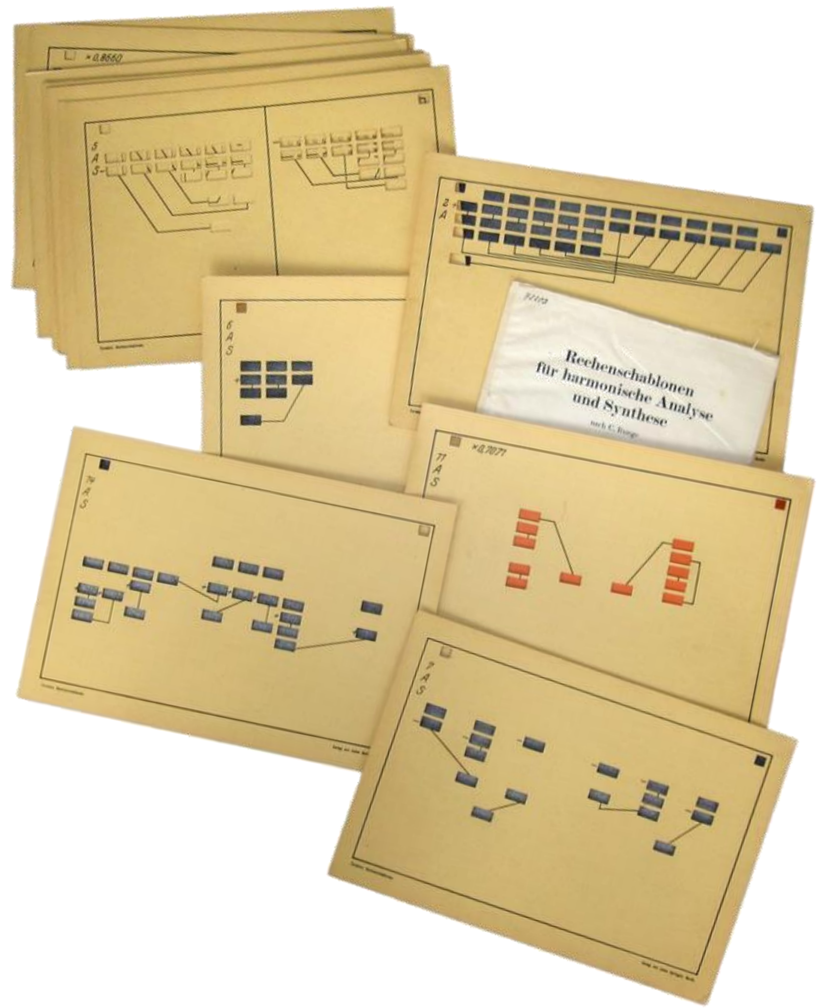
$$\int_0^l M^{I} \cdot M^{II}\, ds = 1/6\,[(2a+b)\,c + (a+2b)\,d\,]$$

Formular für statisch unbestimmte Rechnungen zur Berechnung der häufig wiederkehrenden Formel für die Überlagerung zweier rechteckig verlaufender Momentenflächen. Nebeneinanderliegende Werte werden multipliziert, untereinanderliegende addiert. Aus derartigen Formularen könnte eine ganze statische Rechnung [Zuse meint damit grössere Berechnungsaufgaben im Rahmen der Baustatik] *aufgebaut werden.*

! So kam der ehemalige Bauingenieursstudent Zuse nach und nach auf den programmierbaren Rechenautomaten, alias Computer.

Rechenschablonen zur Programmierung menschlicher Rechner

Langwierige, aber eher schematische Rechnungen wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, also noch vor dem Aufkommen von Computern (bzw. „programmgesteuerten Rechenautomaten“), für eine zunehmende Zahl industrieller und militärischer Anwendungen erforderlich. An Alwin Walthers Institut für Praktische Mathematik der Technischen Hochschule Darmstadt entwarf Paul Terebesi 1930 einen Satz von 26 nacheinander anzuwendenden Schablonen zur schematischen Berechnung von Fourier-Koeffizienten für die harmonische Analyse periodischer Funktionen (nach dem Verfahren von Carl Runge und Hermann König mit 24 äquidistanten Ordinatenwerten), mit denen auch weniger mathematisch versierte Hilfskräfte umgehen konnten, die am Institut umfangreiche Rechnungen unter Nutzung von Tischrechenmaschinen zu erledigen hatten. Terebesis Kartonschablonen wurden 1930 publiziert und in der Folge auch von Anderen verwendet.



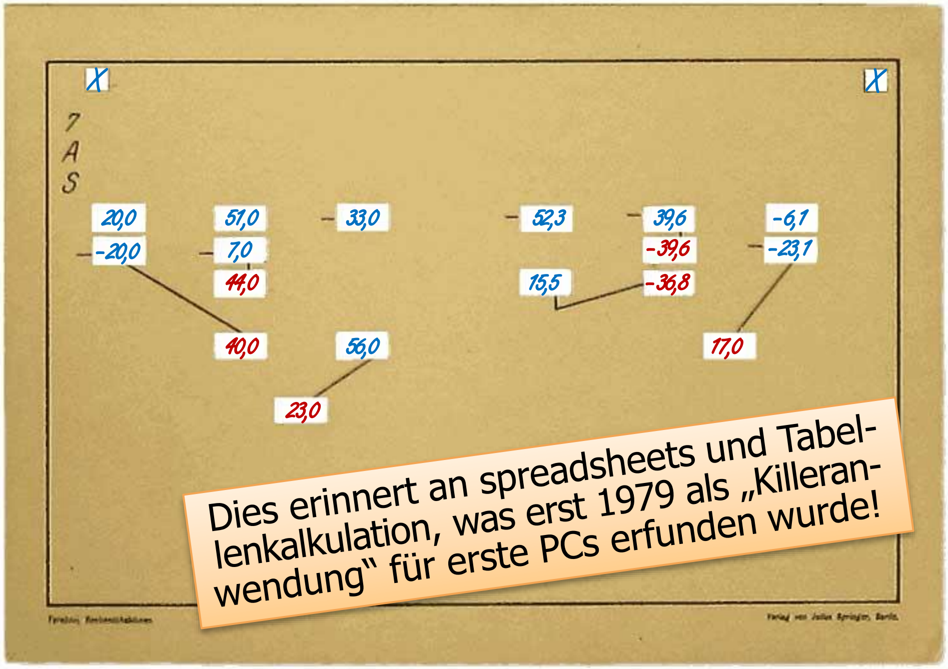
Rechenschablonen

It took several hours to fill out a 24 point stencil and today this computation is performed in micro-seconds or even more rapidly. – Philip J. Davis

Terebesi spricht vom „Mechanisieren“ des Verfahrens und meint: „Wer die vier Grundrechenarten der Volksschule beherrscht, kann mit den Schablonen auch harmonische Analyse schnell und mühelos ausführen [...] Dadurch ist es möglich, die lästige Rechenarbeit von ungeschulten Hilfskräften erledigen zu lassen.“

Der Astronom Karl Stumpff beschreibt in seinem Lehrbuch „Grundlagen und Methoden der Periodenforschung“ von 1937 die Methode so:

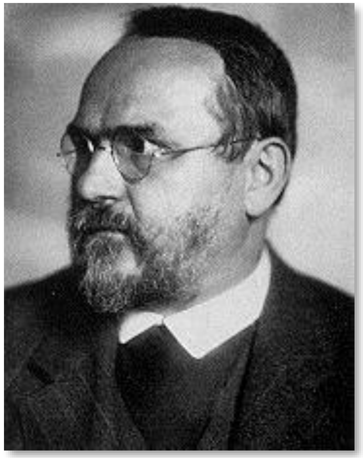
„Das ökonomische Prinzip, das durch diese Schablonen befolgt wird, besteht darin, dass jede in der Rechnung vorkommende Zahl nur ein einziges Mal hingeschrieben zu werden braucht. So ist zunächst für die 24 Beobachtungswerte selbst eine bestimmte Anordnung vorgesehen. Der Rechner legt eine Schablone, die 24 rechteckige Fenster in bestimmter Anordnung und Nummerierung enthält, auf das Rechenpapier und schreibt die gegebenen Werte in die Fenster hinein. Eine zweite Schablone dient dem nächsten Rechnungsgang: Es werden Summen und Differenzen gebildet – die Stellen, an denen sie niedergeschrieben werden müssen, sind wiederum durch Fenster bezeichnet, die Anleitung ist auf der Schablone durch Pfeile, Vorzeichen und ähnliche Hinweise vermerkt. So wird eine ganze Reihe von Schablonen in bestimmter Reihenfolge benutzt, bis schließlich die Fourier-Koeffizienten gebildet sind.“



Dies erinnert an spreadsheets und Tabellenkalkulation, was erst 1979 als „Killeranwendung“ für erste PCs erfunden wurde!

Rechenschemata für Ungeschulte

Von vielen Zeitgenossen wird die Einfachheit des Verfahrens sowie die Anwendungsmöglichkeit durch mathematisch Ungeschulte und Praktiker hervorgehoben. Der Mathematiker Lothar Schrutka von der Technischen Hochschule Wien kommentierte seinerzeit die Nützlichkeit für die „Mechanisierung“ des Rechnens beispielsweise so: [Monatshefte für Mathematik und Physik, Dez. 1931, 38(1), S. A44 – A45]

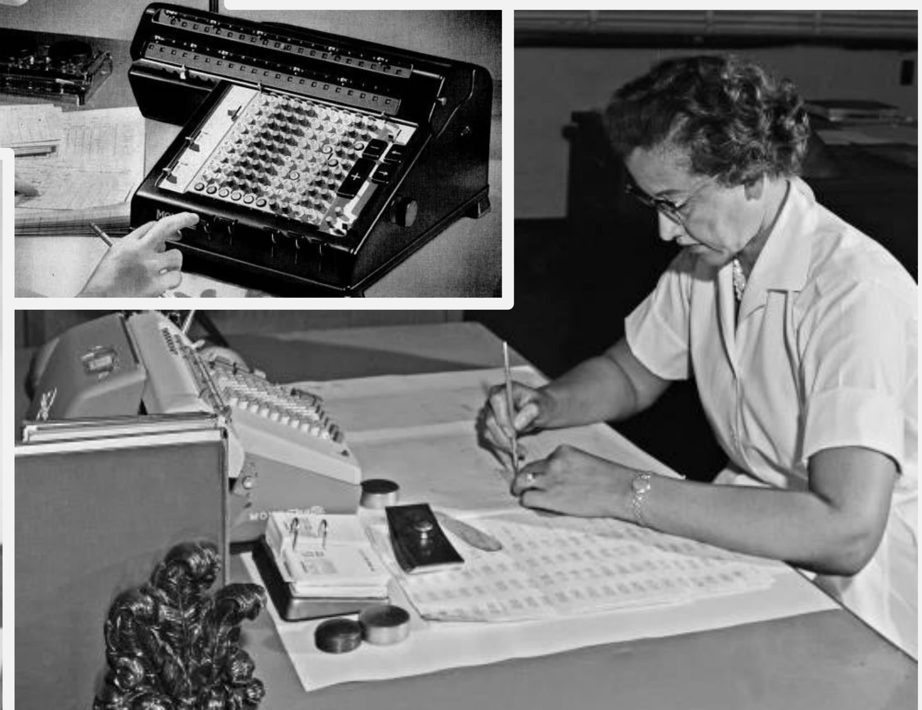


„Für das bekannte Verfahren von Runge zur harmonischen Analyse einer periodischen Funktion ist hier eine Anordnung aufgestellt, die durch Anwendung von Schablonen (Kartonblättern mit Ausschnitten) sozusagen ‚zwangsläufig‘ gemacht ist, sodass die Durchführung der Rechnung auch Hilfskräften übertragen werden kann. [...] hat man hier den Vorteil, dass kein Formular erforderlich ist, vielmehr zum Anschreiben der Zahlen für eine besondere Aufgabe jedes Blatt Papier verwendet werden kann. [...] Auch ist dafür gesorgt, dass die Multiplikationen mit demselben Faktor stets im selben Rechnungsgang zu erledigen sind, sodass die Benutzung des Rechenschiebers oder einer Rechenmaschine in günstiger Weise erfolgen kann.“

Rudolf Zurmühl von der TU Berlin (Promotion 1939 bei Alwin Walther) meint: „Die Anlage gut überlegter und übersichtlicher Rechenschemata, die die gesamte Zahlenrechnung enthalten sollen und nach denen die Rechnung weitgehend schematisch abläuft, hilft Fehler vermeiden und erlaubt es vor allem, die Rechnung angelernten Hilfskräften zu übertragen.“ [Rudolf Zurmühl: Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker, Springer-Verlag, 1953]

Was von mathematisch ungeschulten Hilfskräften mechanisch ausgeführt werden kann, das sollte dann aber auch ein programmierter Blechkasten können!

Menschliche „Computer“

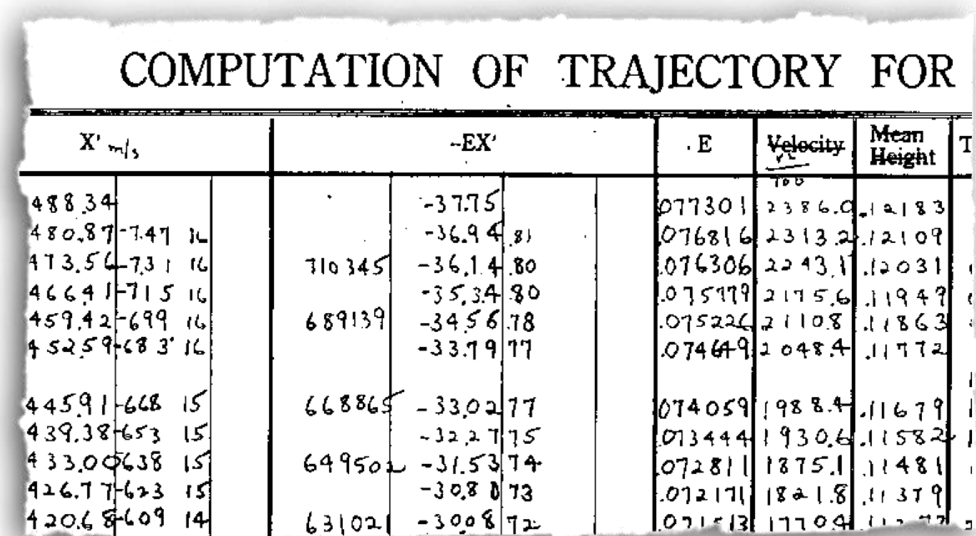


Life as a Computer

Von seinem Alltag als menschlicher Rechner Ende der 1940er-Jahre am Ballistic Research Laboratory (BRL) der amerikanischen Armee in Aberdeen, Maryland, berichtet Austin Robert Brown:

“My supervisor, Gertrude Kuhlman, would give me a huge sheet of paper divided into rows and columns. Down the rows in the left-hand columns were given sets of angles, azimuths, and elevations, corresponding to observations of the rocket at successive times in its flight. Across the top of the paper the columns were numbered and labeled, such as sin A, cos A, col. 1 x col. 3, etc. Using a book of trigonometric functions and an electromechanical calculator (I usually used the Monro-Matic), I would fill in the blanks from the upper-leftmost cell to the lower-rightmost cell on the sheet of paper, turn it in to Mrs. Kuhlman, get another sheet, do the same to it, etc.”

Im Jahr 1993 merkt er an: “Nowadays we would say I filled in a spread-sheet and would have a personal (electronic) computer do the work; such tools (neither hardware nor software) did not exist in 1949.”



COMPUTATION OF TRAJECTORY FOR

X' m/s			-EX'			E	Velocity	Mean Height
488.34				-37.75		077301	2386.0	.12183
480.87	-7.47	16		-36.94	.81	.076816	2313.2	.12109
473.56	-7.31	16	710345	-36.14	.80	.076306	2243.1	.12031
466.41	-715	16		-35.34	80	.075779	2175.6	.11949
459.42	-699	16	689139	-34.56	.78	.075226	2110.8	.11863
452.59	-683	16		-33.79	77	.074649	2048.4	.11772
445.91	-668	15	668865	-33.02	77	074059	1988.4	.11679
439.38	-653	15		-32.27	75	.073444	1930.6	.11582
433.00	638	15	649502	-31.53	74	.072811	1875.1	.11481
426.77	-623	15		-30.80	73	.072171	1821.8	.11379
420.68	-609	14	631021	-30.08	72	.071513	1770.9	[illegible]

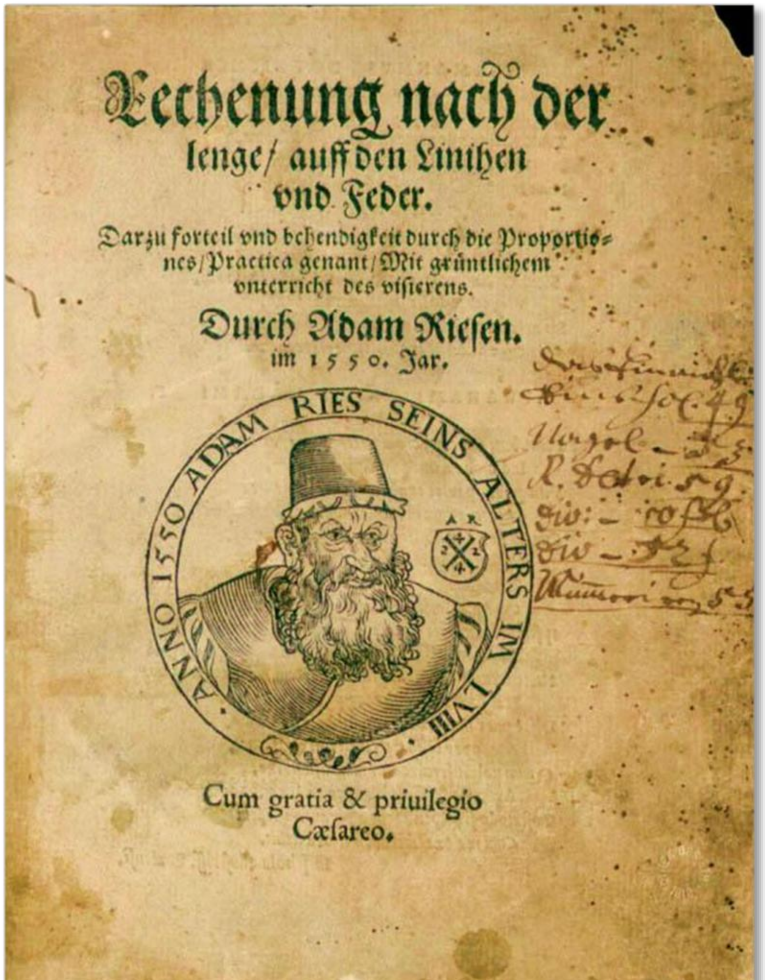
[W. Barkley Fritz: ENIAC – a problem solver. IEEE Annals of the History of Computing 16.1 (1994): 25-45]

Stellenschreibweise laut Adam Riese (AD 1550)

Unser Umwandlungsschema Ziffernfolgen → Zahlen fusst auf der Stellenschreibweise.
Heute uns „selbstverständlich“, war ihre Einführung ein kultureller Meilenstein.

Zehen sind figurn / darmit ein jede zal geschrieben wirt / sind also gestalt. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 0. Die ersten neun bedeuten / die zehent als o gibt in fursetzung mehr bedeutung / gilt aber allein nichts / wie hie 10. 20. 30. 40. 50. 60. 70. 80. 90. als Zehen Zwentzig Dreissig / etc. Werden zwei o furgesatzt / so hastu hundert vorhanden / also / 100. 200. 300. 400. 500. 600. 700. 800. 900. Werden drei o furgesatzt so hastu tausent / nemlich 1000. 2000. 3000. Ein jede figur vnder den obgeschrieben zehen / gilt an der ersten stat gen der rechten handt sich selbst / an der anderen gen der lincken handt so vil zehen / an der dritten so offt hundert / Vnd an der vierden stat so vil tausent. Der halben zele von der rechten handt gen der lincken / eins zehen hundert tausent.

Stellenschreibweise laut Adam Riese (AD 1550)



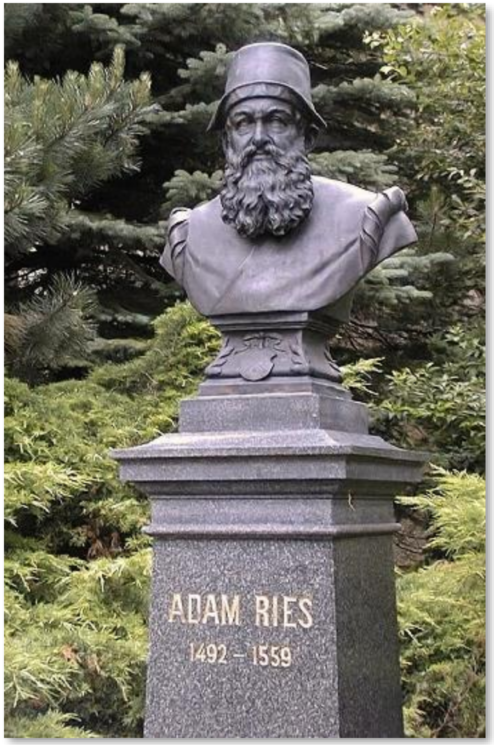
http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-81

Adam Ries erklärt die Stellenschreibweise in seinem dritten Rechenbuch („Rechenung nach der lenge / auff den Linihen und Feder") 1550 unter der Überschrift „Numerirn / Zelen" wie folgt:

Zehen sind figurn / darmit ein jede zal geschrieben wirt / sind also gestalt. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 0. Die ersten neun bedeuten / die zehent als 0 gibt in fursetzung mehr bedeutung / gilt aber allein nichts / wie hie 10. 20. 30. 40. 50. 60. 70. 80. 90. als Zehen, Zwentzig, Dreissig / etc. Werden zwey 0 furgesatzt / so hastu hundert vorhanden / also 100. 200. 300. 400. 500. 600. 700. 800. 900. Werden drey 0 furgesatzt / so hastu tausent / nemlich 1000. 2000. 3000. Ein jede figur vnder den obgeschrieben zehen / gilt an der ersten stat gen der rechten handt sich selbst / an der anderen gen der lincken handt so vil zehen / an der dritten so offt hundert / Und an der vierden stat so vil tausent. Der halben zele von der rechten handt gen der lincken / eins zehen hundert tausent.

Man kann übrigens vermuten, dass die sprachliche Verwandtschaft des Zahlwortes „zehn" mit „Zehen" kein Zufall ist, vgl. die Abstammung des englischen Wortes „digit" für „Ziffer" vom lateinischen *digitus* (Finger).

Adam Ries und seine Rechenbücher

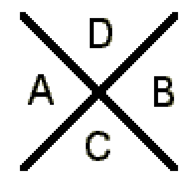


Adam Ries wurde 1492 (im Jahr, als Christoph Kolumbus Amerika entdeckte) geboren. 1518 erschien in Erfurt sein erstes Rechenbuch. Rechnen auf den Linien eines Rechenbretts, praktische Aufgaben aus dem Wirtschaftsleben, das Beherzigen des didaktischen Prinzips vom Einfachen zum Schwierigen und das ausführliche Beschreiben von Lösungsverfahren, nicht jedoch deren Begründungen, waren Kennzeichen dieses Rechenbuches. Adam Ries betrieb in Erfurt (wie auch später in Annaberg) eine Rechenschule. 1522 erschien das zweite Rechenbuch, das den Ruhm von Adam Ries begründete. Das Rechnen auf den Linien wurde darin nur noch kurz gefasst, im Mittelpunkt stand nun das Ziffernrechnen mit indisch-arabischen Ziffern. Über 120 Auflagen sind nachweisbar. 1522/23 übersiedelte Adam Ries von Erfurt nach Annaberg, wo er als Beamter der sächsischen Bergverwaltung tätig wurde. Im Jahr 1550 erschien sein drittes Rechenbuch („Rechenung nach der lenge / auff den Linihen und Feder“), das als die beste deutsche Arithmetik in der Mitte des 16. Jahrhunderts gilt. Ergänzend zu seinen früheren Büchern hat Ries hier auch das „Visieren“ behandelt, die zu seiner Zeit sehr wichtige Berechnung des Inhalts von Fässern. Adam Ries starb 1559 in Annaberg. Als Mathematiker war er auf der Höhe seiner Zeit, erbrachte jedoch praktisch keine eigenen originären Beiträge. Seine überragenden Verdienste liegen in der weiten Verbreitung des Rechnens in allen Bildungsschichten des Volkes. Er hat mit seinen Werken vor allem in Deutschland dazu beigetragen, dass die römische Zahlendarstellung als unhandlich erkannt und weitgehend durch die nach dem Stellenwertsystem strukturierten indisch-arabischen Zahlzeichen ersetzt wurde. Die Riesschen Rechenbücher kamen erst im 18. Jahrhundert allmählich ausser Gebrauch. Ries publizierte auf Deutsch und leistete damit auch einen wichtigen Beitrag zu dessen Normierung.

Rechenmeister Adam Ries

Auf beiden Briefmarken der deutschen Bundespost (1959 zum 400. Todestag und 1992 zum 500. Geburtstag) sieht man ein „Markenzeichen“ von Adam Ries, ein Kreuz mit vier Zahlen. Auf den Briefmarken sind die Zahlen paarweise gleich, was aber nicht sein muss, denn das Zahlenkreuz stellt die Neunerprobe beim Addieren dar. Für die Probe einer Rechnung $c = a + b$ stellt man das Zahlenkreuz mit den „Neunerresten“ (Quersumme mod 9 bzw. äquivalent dazu: iterierte Quersumme) so auf:

A = Neunerrest von a;
B = Neunerrest von b;
C = Neunerrest von c;
$D = A + B$.



Die Probe geht auf, wenn $C = D$ oder $C + 9 = D$. Dann ist die Rechnung wahrscheinlich korrekt. (Für die Probe bei einer Subtraktion oder einer Multiplikation wird das Schema leicht variiert).

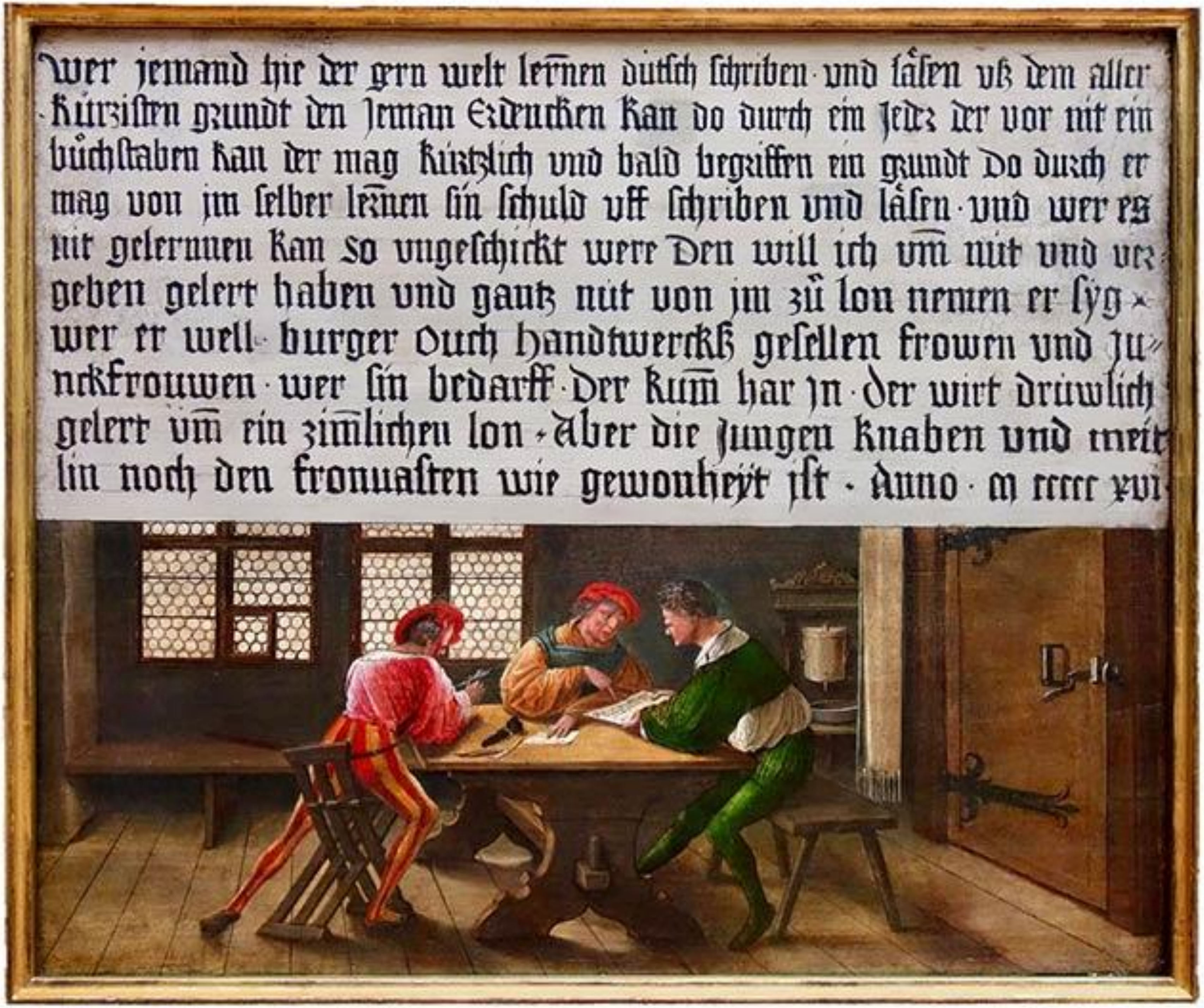
Die Neunerprobe wird schon von al-Chwarizmi für die Multiplikation besprochen (dabei wird allerdings der Neunerrest direkt mit mod 9, nicht mittels Quersumme, ermittelt.)

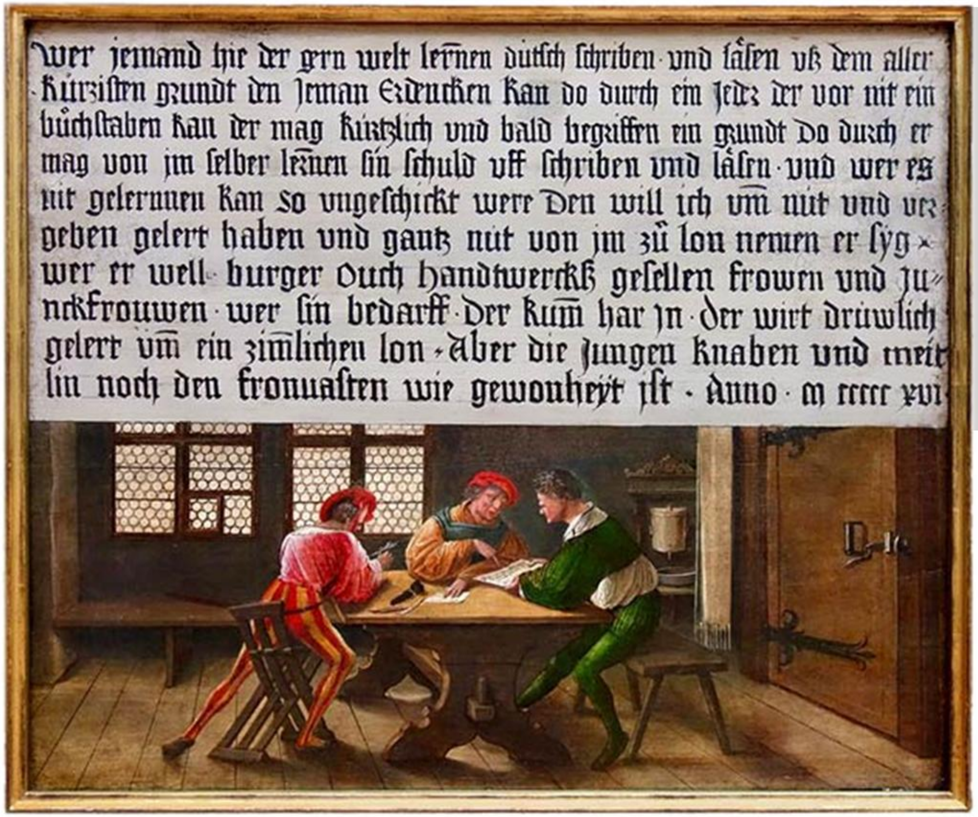
Rechen- und Schulmeister

Rechenmeister war einen mittelalterlichen Beruf, der sich im 14. Jahrhundert in Italien aufgrund der von dort ausgehenden wirtschaftlichen Veränderungen entwickelte und im deutschen Sprachraum im 16. Jahrhundert seine grösste Verbreitung fand. Er schloss eine Ausbildungslücke zwischen dem mit dem rasch wachsenden Handel entstehenden Bedarf an elementarer Rechenfertigkeit und dem von den öffentlichen Schulen kaum angebotenen Mathematikunterricht. Um die Bedeutung der Rechenmeister zu verstehen, muss man sich die Situation des Schulunterrichts dieser Zeit vergegenwärtigen:

Das Schulwesen wurde bis gegen Ende des Mittelalters hauptsächlich vom Klerus dominiert und zwar in Form von Kloster-, Dom-, Stifts- und Pfarrschulen. In den Schulen des Mittelalters ging es nicht allein um die klassische Wissensvermittlung, sondern auch um die Orientierung der Schüler hinsichtlich Lebenseinstellung und -führung oder die Vermittlung von Idealen. Die Lateinschulen bereiteten ihre Schüler auf einen geistlichen Beruf oder ein späteres Studium an einer Universität vor; der Lateinunterricht beanspruchte die meiste Zeit, praktisch anwendbare Mathematik oder kaufmännisches Rechnen wurden nicht gelehrt.

Ab dem 14. Jahrhundert setzte sich, ausgehend vom südwestdeutschen Sprachraum (insbesondere auch der Schweiz), die deutsche Schriftsprache als Verwaltungssprache in der urbanen Administration gegenüber dem Lateinischen immer mehr durch, zudem wuchs ein selbstbewusster neuer Stand, das Stadtbürgertum, heran. Stadtbürger übten zumeist kaufmännische oder handwerkliche Tätigkeiten aus, insbesondere für reisende Fernhändler waren Kenntnisse in Schreiben und Rechnen sehr wichtig. Auch ersetzt die deutsche Sprache nach und nach die lateinischen Einträge in den kaufmännischen Aufzeichnungen. Dadurch entstand ein Bedarf zur Einrichtung von Schreibschulen, den oft so genannten teutschen Schulen, wo man das Lesen und das Schreiben der deutschen Sprache lernte. Vor allem in den Städten übernahm der Rat die Verantwortung für Erziehung und Bildung, speziell zur Ausbildung des Kaufmannsstandes entstanden aber auch viele private Schulen; die folgende Abbildung zeigt ein Reklameschild eines Schulmeisters aus Basel von 1516:


wer jemand hie der gern welt lernen dütsch schriben · vnd läsen vß dem aller
kürzisten grundt den Jeman Erdencken kan do durch ein Jeder der vor nit ein
bůchstaben kan der mag kürtzlich vnd bald begriffen ein grundt Do durch er
mag von im selber lernen sin schuld vff schriben vnd läsen · vnd wer es
nit gelernen kan so vngeschickt were Den will ich vm̄ nüt vnd ver-
geben gelert haben vnd gantz nüt von im zů lon nemen er sÿg
wer er well · burger Ouch handtwercks gesellen frowen vnd ju-
nckfrouwen · wer sin bedarff · Der kum̄ har jn · der wirt drüwlich
gelert vm̄ ein zimlichen lon · Aber die jungen knaben vnd meit
lin noch den fronuasten wie gewonheyt ist · Anno · m ccccc xvi



Wer jemand hie der gern welt lernnen dutsch schriben und laesen uß dem aller kürzisten grundt den jeman erdencken kan do durch ein jeder der vor nit ein buochstaben kan der mag kürtzlich und bald begriffen ein grundt do durch er mag von im selber lernnen sin schuld uff schriben und laesen. Und wer es nit gelernnen kann so ungeschickt were den will ich umm nut und vergeben gelert haben und gantz nut von im zuo lon nemen er syg wer er well, burger ouch handtwerckß gesellen frowen und junckfrouwen, wer sin bedarff, der kumm har jn, der wirt druwlich gelert umm ein zimmlichen lon. Aber die jungen knaben und meitlin noch den fronuasten wie gewonehyt ist. Anno M CCCCC XVI.

Wir versuchen eine Übertragung in heute verständlicheres Deutsch: „Wäre jemand hier, der aus dem kurzfristigstem Grund, der ihm einfällt, gerne deutsch schreiben und lesen lernen will, kann hiermit jeder, der bisher nicht einen Buchstaben kennt, schnell eine Grundlage begreifen, wodurch er selbst lernen kann, seine Schuld aufzuschreiben und zu lesen*). Und wer es nicht lernen kann, weil er zu ungeschickt wäre, den würde ich für nichts und vergebens gelehrt haben und von ihm gar keinen Lohn nehmen. Er sei, wer er will. Bürger oder Handwerksgesellen, Frauen und Jungfrauen – wer dessen bedarf, der komme herein, er wird für einen geziemenden Lohn getreu belehrt. Die jungen Knaben und Mädchen aber wie üblich erst nach den Fronfasten**). Im Jahre 1516.“

*) Gemeint ist, seine kaufmännische Buchführung durchzuführen.

**) Die Fronfasten (vierteljährliche dreitägige Fastenzeiten) läuteten die Jahresquartale ein; Schulgeld, Zinsen etc. wurde oft pro Fronfasten (also vierteljährlich) berechnet; die Fronfasten waren an vielen Orten Termine für Amtshandlungen und sich vierteljährlich wiederholende Verrichtungen.

Ein Schulmeister schilt vf beiden seiten gemolt

Dieses Reklameschild ist interessant: Bemalt wurde die zweiseitige 55 x 65 cm grosse Fichtenholztafel (wobei oben nur eine Seite wiedergegeben ist, die andere Seite zeigt eine Szene mit Schulkindern) von dem bedeutenden Renaissance-Maler Hans Holbein d.J. (1497–1543) im Alter von 18 Jahren, zusammen mit seinem Bruder Ambrosius. Gemeinsam zogen sie kurz zuvor, im Jahr 1515, von Augsburg nach Basel, in der Hoffnung, in der damals blühenden Buchdruckerstadt als Illustratoren ein gutes Einkommen zu finden. Dort nahmen sie Schreib- und Lateinunterricht bei dem Theologen, Schulmeister und späteren Reformator Oswald Myconius (eigentlich „Geisshüsler“, 1488 – 1555), und für ihn malten sie die Werbetafel.

Beim Schrifttyp handelt es sich um „Textura“, der seinerzeit vor allem bei den Bibeldrucken verwendet wurde und so Qualität symbolisiert. Bemerkenswert ist, dass im Text nicht nur Bürger, sondern auch Handwerksgesellen (ohne Bürgerrecht!) sowie neben verheirateten auch unverheiratete Frauen angesprochen werden. Fast modern erscheint auch, dass keine Vorkenntnisse erwartet werden, der Lehrerfolg mit einer „Geld zurück“-Garantie verbunden war und mit der kaufmännischen Buchführung der Praxisbezug hergestellt wird.

Im Kunstmuseum Basel trägt die oben dargestellte Seite der Reklametafel den Titel: „Schulmeister erklärt zwei des Lesens unkundigen Gesellen ein Schriftstück.“ Der Kunsthistoriker Prof. Bernd Wolfgang Lindemann beschrieb das Bild so: „Dem Maler gelingt es, die Personen sehr genau zu charakterisieren. Die Burschen in stutzerhafter Kleidung, mit einmal gestreifter, einmal geschlitzter Hose, mit weit geschnittenen Hemden und knappen Wämsern, scheinen in der Tat bis heute wenig Zeit und Mühe für die allergrundlegendsten Bildungsgüter geopfert zu haben. Schon das Stillsitzen fällt ihnen schwer, besonders jenem links, der, einem eingespannten Bogen gleich, mit noch ausgestrecktem linken Bein sich so niedergelassen hat, als wolle er so bald wie möglich wieder davonspringen.“

Basilea am Rhein

Wie Basel seinerzeit, abzüglich künstlerischer Freiheiten, etwa aussah, zeigt die Schedelsche Weltchronik von 1493:

BAſel iſt ein weyte vnd faſt namhaftige ſtatt ſchweytzerlands an eim kőniglichen ende erpawt. dann ſo diſe ſtatt lateiniſch genennt wirdt ſo iſt es nach art des kriechiſchen gezůngs ſouil als kőniglich geſprochen Oder aber diſe ſtatt hat iren namen von dem mangel der grundfeſte auß vrſachen der vilfeltigen erdpidē. vnd auß bedeůtnus des lateiniſchen namens diſer ſtatt. wiewol man in der gemainde ſagt. das ettwen ein Baſiliſck alda verborgen gelegen ſey von dannen her diſer ſtatt ir namen entſtannden vnd bliben ſey. Der Rhein fleůßt ſchier mitten durch diſe ſtatt. Doch iſt darüber ein prugk vō einem teyl zu dem andern. Derſelb fluſs des rheins entſpriengt in dem gepirg vnnd wirdt durch mancherlay anſtőße zwiſchen gehen ſcharpffen felſen alſo eingezwengt das er einen erſchrecklichen ſaws vō ime gibt. Sunderlich fleůßt er bey Schafhawſen mit großer vngeſtůmigkeit vberwaltzende. vnd vnder dem ſtettlein Lauffenberg wirdt er mit felſen alſo eingedrenngt das er vor zwanckſale vnd geſtőße als ein weiſſer ſchaym erſcheint. Von dannen rynnet er grawſamlich ſchaymende in weytem ſchlund bis gein Baſel. dieſelben ſtatt vnd prugk heymlich beſchedigende.

Basel ist ein weyte vnd fast namhaftige statt schweyzerlands an eim koenigclichen ende erpawt. […] Der Rhein fleueßt schier mitten durch dise statt. Doch ist darueber ein prugt von einem teyl zu dem andern. Derselb fluss des rheins entspriengt in dem gepirg vnnd wirdt durch mancherlay anstoeße zwischen gehen scharpffen felsen also eingezwengt das er einen erschrecklichen saws von ime gibt. Sunderlich fleueßt er bey Schafhawsen mit großer ongestuemigkeit vberwaltzende. vnd vnder dem stettlein Lauffenberg wirdt er mit felsen also eingedrenngt das er vor zwancksale vnd gestoeße als ein weisser schaym erscheint. Von dannen rynnet er grawsamlich schaymende in weytem schlund bis gein Basel diselben statt vnd prugt heymlich beschedigende. […]

Rechenmeister

Die teutschen Schulen waren näher an der Praxis orientiert als die klerikalen Schulen und waren daher vor allem für Händler und Handwerker und deren Knaben relevant. Methodisch wurde allerdings zumeist ein vielfach wiederholtes Memorieren der Unterrichtsinhalte praktiziert und Wissen unter Zuhilfenahme der Rute, dem Markenzeichen der Schulmeister, eingepaukt. Für mathematische Bildung über das Zahlenlesen und -schreiben sowie das kleine Einmaleins (oft nur bis 5 x 5 durch Aufsagen im Chor) hinaus war an den teutschen Schulen oft kein Platz, sodass sich spezielle Rechenschulen (bzw. Schreib- und Rechenschulen) etablierten, denn der Bedarf an der Kenntnis des Rechnens stieg mit der Entwicklung des Handels um 1500 drastisch an. Die Geldwirtschaft hatte den Tauschhandel abgelöst, die Kaufleute mussten jetzt Buch führen und rechnen. Die Umrechnung verschiedener Währungen (Gulden, Groschen, Pfennig, Heller, Teil, Schock, Dukaten, Kreuzer, Scherf, Taler, Batzen,..), Gewichtseinheiten (Zentner, Pfund, Lot, Quent, Teil, Scheffel, Mark,…) sowie Längen- und Raummasse (Elle, Tuch, Parchant, Fuß, Meile, Klafter; Schuh, Fuder, Eimer, Kanne, Kanndel, Maß,…) war jedoch umständlich, zumal diese oft auch regional unterschiedliche Bedeutung hatten. Auch Dreisatz- und Zinsprobleme stellten sich in der Praxis.

Die Rechenmeister schlossen nach und nach die Wissenslücke. Sie unterrichteten an ihren privaten Rechenschulen Arithmetik, Elementarmathematik und kaufmännisches Rechnen in der Landessprache und schufen Rechenbücher für Unterricht / Selbststudium. Die Ausbildung zum Rechenmeister erforderte 4 bis 6 Jahre Lehrzeit. Das Abschlussexamen umfasste u.a. Bruchrechnen, Dreisatz, arithmetische und geometrische Folgen sowie Algebra.

[Quelle der letzten fünf slides, auch für kurze Paraphrasen, u.a. de.wikipedia.org sowie „Schreibmeister und Schreibenlernen im späten Mittelalter / frühe Neuzeit“ von M-C. Kreidenitsch und „Deutsches Bürgerthum im Mittelalter“ von G.L. Kriegk]

Rechenschulen

Wie karg die Ausstattung der Rechenschulen war, zeigt ein Protokoll aus Nürnberg. Die Witwe eines Rechenmeisters Ulrich Wagner stellte den Antrag, die Schule ihres Mannes weiterführen zu dürfen; das Protokoll zählt die Ausstattung wie folgt auf: 8 Schulbänke, 1 Pult, 3 kleine Tafeln, 3 Bänke, 3 Stühle, 9 Truhen, 2 Glocken sowie Schreibpapier. An Bargeld waren 6 Gulden vorhanden.

Unterricht im Ziffernrechnen auf dem Titelbild des Rechenbuchs von Johannes Böschenstein (1514) „Ain neu geordnet Rechenbiechlin mit den Zyffern den angenden Schülern zü Nutz inhaltet die siben species Algorithmi mit sampt der Regel de Try".

Der Vater bringt den Knaben in die Rechenschule; Titelbild des Rechenbuchs von Johannes Schreckenberger (1585) „Ein New Rechenbüchlin: Auff den Linien vnnd der Federn, auff Pfaltzgräffische oder Heydelbergische wehrung gerechnet; Jn welchen allerley gemeine Kauffmans Rechnungen, sampt etlichen schönen Regeln begriffen".

A cifre tokeneþ nothinge – Null bedeutet nichts

In verschiedenen Ländern Europas wurde versucht, durch landessprachige Texte die zehnziffrige Stellenschreibweise zu popularisieren – was allerdings vor dem 16. Jahrhundert, also bevor der Buchdruck an Dynamik gewann, ein schwieriges Unterfangen darstellte. Das nachfolgend auszugweise wiedergegebene anonyme Manuskript aus dem 14. Jh., auf einem einzigen Pergamentblatt niedergeschrieben, stellt ein frühes Zeugnis dieser Bemühungen dar. Betont wird die Rolle der Null („cifre") und die „arabische" Schreibweise von rechts nach links. Das frühe Englisch ist gut verständlich [*tokeneth* = *bedeutet*; vgl. auch im heutigen Englisch *to betoken = anzeigen, bezeichnen* sowie die Etymologie der Stammform „token": altsächsisch „tekan"; deutsch „zeigen", „Zeichen"; idg. *deyk̂-]:

To alle suche even nombrys the most have cifrys as to ten, twenty, thirtty, an hundred, an thousand and suche other. But ye schal understonde that a cifre tokeneth nothinge but he maketh other the more significatyf that comith after hym. Also ye schal understonde that in nombrys composyt and in alle other nombrys that ben of diverse figurys ye schal begynne in the ritht syde and so rekene backwarde and so he schal be wryte as thus – 1000. The cifre in the ritht syde was first wryte and yit he tokeneth nothinge no the secunde no the thridde but thei maken that figure of 1 the more signyficatyf that comith after hem by as moche as he born oute of his first place where he schuld yf he stode ther tokene but one. And there he stondith nowe in the ferthe place he tokeneth a thousand as by this rewle. In the first place he tokeneth but hymself. In the secunde place he tokeneth ten tymes hymself. In the thridde place he tokeneth an hundred tymes himself. In the ferthe he tokeneth a thousand tymes himself. In the fyftthe place he tokeneth ten thousand tymes himself. In the sexte place he tokeneth an hundred thousand tymes hymself. In the seveth place he tokeneth ten hundred thousand tymes hymself, &c.

[James Orchard Halliwell-Phillipps (Ed.): Rara mathematica, 1839]

Rechnen „auf der Feder"

Im persisch-arabischen Raum schon früher üblich (vgl. al-Chwarizmi), setzten sich arabische Ziffern mit ihrer Stellenschreibweise in Europa nur langsam durch; es waren noch lange römische Zahlen sowie bei Kaufleuten Rechenbänke (mit auf Linien verschiebbaren „Rechenpfennigen" oder aufgefädelten Steinchen in Form eines Abacus) gebräuchlich. Leonardo Fibonacci aus Pisa machte sich auf Orientreisen mit der arabischen Mathematik vertraut und verfasste dazu 1202 sein Rechenbuch „Liber abbaci". Im seinerzeit maurischen Spanien seit dem 10. Jahrhundert gebräuchlich, lernten Rechenmeister nördlich der Alpen das arabische System erst im 15. Jahrhundert schätzen. Anfängliche Kritik am Rechnen „auf der Feder" betraf den Papierverbrauch (Luxusgut!), leichtere Fälschbarkeit von Zahlen durch Anfügen von Ziffern sowie die heidnische Herkunft, was dem Teufel Zugang zu den Geschäften gewähre; insbesondere die Ziffer „0" stiess auf grosse Akzeptanzprobleme. Noch 1299 verbot die Republik Venedig ihren Kaufleuten, nach diesem Verfahren zu rechnen, weil ihre Finanzbeamten der neuen Rechnungsart nicht mächtig waren.

TYPUS ARITHMETICAE, Bild von 1503: Rechts eine Rechenbank („Rechnen auf der Linie") eines „Abakisten", links ein mit arabischen Ziffern beschriebener Tisch eines „Algoristen" („Rechnen auf der Feder"). Der zufriedene Algorist ist bereits fertig, während der Abakist noch missmutig rechnet. Schiedsrichterin ist die personifizierte und nicht ganz unparteiische Arithmetik, die auf ihrem Gewand Ziffern geometrischer Reihen trägt und dem Algoristen zugeneigt ist.

Rechnen „auf den Linien“

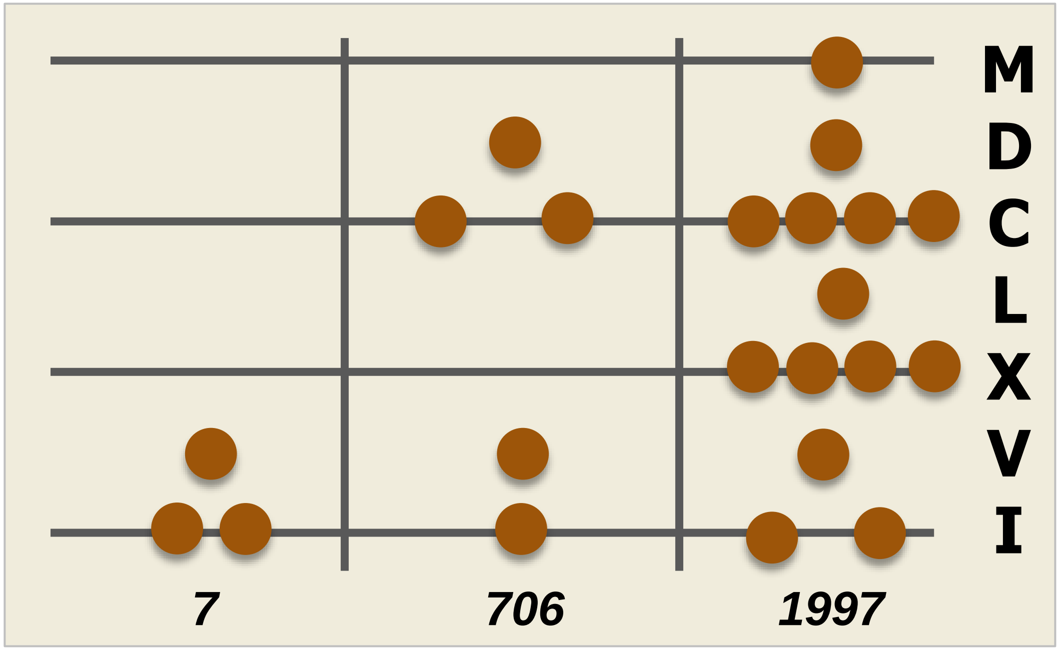
Aus: K. Menninger, Zahlwort und Ziffer, Bd. II.

Wettstreit zwischen Abakisten und Algoristen („Recken with the Pen, or with the Counters“) aus dem Rechenbuch „The Ground of Arts: Teaching the Perfect Worke and Practise of Arithmeticke“ des walisischen Mediziners und Mathematikers Robert Recorde (1510 – 1558). Das Buch von 1543 erlebte zahlreiche Auflagen und blieb bis ins 17. Jh. das englische Standardwerk für Arithmetik. Robert Recorde erfand 1557 auch das Gleichheitszeichen „to avoide the tediouse repetition of these woordes: is equalle to: I will sette as I doe often in woorke use, a paire of paralleles, or Gemowe lines [Zwillingslinien] of one lengthe, thus: =, bicause noe 2 thynges, can be moare equalle.“

Oskar Jursa beschrieb in einem Sachbuch der 1970er-Jahre („Kybernetik, die uns angeht“) die Vorgeschichte des Abakus in charmanter Weise so:

Die alten Griechen und vor ihnen schon die Ägypter bedienten sich einer denkbar unübersichtlichen Zahlenschreibweise. Entsprechend „handgreiflich“ waren denn auch ihre Rechenhilfen, zu denen sie ihre Zuflucht nahmen: Reiche Kaufleute besassen einen oder auch mehrere Sklaven, die mit ihren Fingern den jeweiligen Zahlenstand „festhielten“ und so einen Rechenvorgang nach dem anderen abwickelten. Weniger wohlhabende Händler mussten mit Steinchen vorlieb nehmen. Mit diesen bewegten sie ein Rechenbrett [...] Dieser sogenannte „Abakus“ wurde dann von den Römern zu einem etwa taschenbuchgrossen, handlichen Gerät weiterentwickelt.

Rechnen „auf den Linien“: Prinzip



Beispiele für Zahlendarstellungen mit „tokens“ (Rechenpfennigen), analog zum röm. Zahlensystem:

Die Zahl 7 (also VII) besteht aus einem Fünfer V und zwei Einern I.

706 (DCCVI) besteht aus 1 x 500, 2 x 100, 1 x 5 und 1 x 1.

Beachte: 1997 wird rein additiv als MDCCCCLXXXXVII, nicht verkürzt als MCMXCVII dargestellt; letztere Schreibweise bürgerte sich erst zu Beginn des 16. Jahrhunderts ein.

Das Addieren zweier Zahlen funktioniert so:

- Man legt in zwei Spalten des Brettes die beiden Zahlen, die addiert werden sollen.
- Dann werden die Rechenpfennige beider Zahlen zu einer einzigen, gemeinsamen Spalte zusammengeschoben.
- Danach werden die Pfennige nach evidenten Regeln neu angeordnet, z.B. von unten „eleviert“: Aus fünf Einern wird ein Fünfer, aus zwei Fünfern ein Zehner etc.
- Am Ende kann man als Ergebnis die Summe der ursprünglichen Zahlen ablesen.

Neben dem Addieren gab es Rechenregeln für das Verdoppeln (Duplieren), Halbieren (Medieren) sowie Multiplizieren, Subtrahieren und Dividieren.

Rechenpfennige

Rechenpfennig bin ich genannt, zaig oft gros Ehr und Schand. -- Umschrift auf einem Rechenpfennig, 16. Jh.

Parallele Verwendung von schriftlichem Rechnen („auf der Feder“) sowie dem Abakus mit Rechensteinchen bzw. Rechenpfennigen („auf der Linie“) – Kopfblatt des zweiten Rechenbuchs von Adam Ries in der Auflage von 1529.

Liberalitas mit Abakus und Füllhorn. 222 - 235 n.Chr., röm. (Landesmuseum Württemberg)

Rechenmeister mit Rechentisch; Nürnberg, 16. Jh.

1753, Bronze, Ø = 26 mm. Vorderseite: „Alles wird mit Zahl und Mass gegewogen“. Rückseite: Rechenbrett mit Vorratsbecher und Rechenpfennigen

www.rechenwerkzeug.de/abakus.htm

Rechenpfennige waren Münzen aus Kupfer oder Bronze, die zwar keinen Geldwert hatten, wohl aber reichhaltig mit Vignetten und Sprüchen versehen waren. Gerechnet wurde meist auf einem speziellen Tisch, der mit eingelegten Linien versehen war („Rechentisch“, engl. „reckoning table“, bzw. „Rechenbrett“ oder „Rechenbank“). Auf französisch wurden die Rechenpfennige „jetons“ genannt (von „jeter“, werfen, nämlich auf das Rechenbrett).

Rechenpfennige (2)

Der Landsknecht und Dichter Hans Willhelm Kirchhof (1525 – 1605) verfasste 1562 seine Schwank-, Anekdoten- und Geschichtensammlung „Wendunmuth“, „darinnen fünff hundert und fünfftzig höflicher, züchtiger und lustiger historien, schimpffreden und gleichnüssen begriffen und gezogen seyn auß alten und ietzigen scribenten“. Über die Art, wie seinerzeit Rechenbretter und Rechenpfennige durch die flinken Rechenmeister gebraucht wurden, erfährt man etwas in einer der allegorischen Geschichten:

Das leben dieser zergengklichen welt und alle menschen darinn sein wie ein rechen- oder zalpfennig; auff welche linien dersel=bige gelegt, soviel und mehr gilt und zeigt er ein summ an. Ietzt ist er auff der obersten linien und bedeut ein, zwey oder zehen, biß=weilen hundert und drüber, tausend und noch mehr; bald nimpt in der, so in dahin gelegt, rückt in auff ein linien, darunter er

Münze mit Rechenmeister an einem Tisch mit Rechentuch; Nürnberg 1690

Wilfried de Beauclair: Rechnen mit Maschinen

Der Kaufmann „legt“ Rechnung auf seiner Bank mit Rechenpfennigen; der Betrag von 3161 wird gerade zum Kummer des Kunden um 10 erhöht. (In Brügge: „Legghen en rekenen met penuingen“.)

Rechenpfennige (3)

allweg zehen mal soviel weniger gilt, als er auff der linien drüber golten hat. Ietzt ist er auff dem hundert, denn im spacio drun= der, ietzt auff dem zehen, denn auff dem ort, da er nit mehr denn eins, im hui nur ein halbs, ietzt ein gülden, ein album oder batzen, ietzt ein pfennig, heller etc. be= deut. Was darffs viel wort? Ehe sich ei= ner umbsicht, hebet der rechenmeister solchen pfenning gar hinweg, so ist er nichts mehr, denn ein ander pfennig, und ein stück messing.

Gleich also handelt gott mit uns men= schen, und ist er der gewissest, kunst= reichst und gerechtigst rechenmeister; wir armen menschen seyn der zalpfen= ning. Denn wie das metall oder messig auß der erden kompt, also haben wir auch unsern Ursprung von der erden, unser aller mutter, und seyn derhalben einer so güt als der ander.

http://diglib.hab.de?grafik=graph-res-a-169

Rechenpfennige (4)

https://ikmk.smb.museum/object?id=18214356

Nürnberg, Mitte 16. Jh., Kupfer, Ø 28 mm – Staatliche Museen zu Berlin, Münzkabinett. Viele Rechenpfennige zeigen einen Rechenmeister am Tisch und, wie dieser, auf der Rückseite das Alphabet – die Rechenmeister waren neben dem Rechnen oft auch für das Schreiben zuständig.

Die Verwendung von Rechenbrettern mit Linien, auf denen beim Rechenvorgang Steine oder spezielle Rechenpfennige verschoben wurden, wurde durch die Kreuzzüge im 13./14. Jh. nach Europa gebracht.

Lange Zeit waren gleichzeitig sowohl das schriftliche Rechnen als auch das Rechnen am Rechentisch üblich; 1679 hiess es in Frankreich z.B. noch „on apprendra aux élèves à jeter à la plume et aux jetons“ – tatsächlich wurde Rechnen dort oft mit „jeter“, also „werfen“, bezeichnet; das „livre des Getz“ lehrt Anfang des 16. Jh. „la practique de bien scavoir conter aux getz comme a la plume“ und Montaigne gestand „Je ne sçais compter ny à ject ny à plume“.

Die meisten Leute konnten seinerzeit nicht schreiben; das Rechnen am Rechentisch hatte da den Vorteil, dass der Rechenablauf damit auch für diese Personen (zumindest im Prinzip) anschaulich gemacht wurde und er einer kontrollierenden Person visuell dargelegt werden konnte. Da gegenüber dem Ziffernrechnen Zwischenergebnisse nicht von Natur aus dokumentiert werden, wurden, um Rechenfehler und Betrug weitgehend auszuschliessen, wichtige Rechnungen oft von zwei Personen gleichzeitig ausgeführt. Ein weiteres Merkmal des Linienrechnens war, dass eine explizite Null als suspektes und schwer zu begreifendes Zeichen nicht benötigt wurde; ein leeres „Spazium“ am Tisch war hingegen intuitiv verständlich.

Bank: *Holzbänke* mit Abakus-Linien und Banken im Sinne von *Geldinstitut* waren damals noch das gleiche!

Bank und Abakus eines Geldleihers

Wenn du Geld verleihst an einen aus meinem Volk, an einen Armen neben dir, so sollst du an ihm nicht wie ein Wucherer handeln; du sollst keinerlei Zinsen von ihm nehmen [2. Mose 22, 24].

Da im Mittelalter Zinsnehmen sowie Pfandgeschäfte für Christen als Frevel galten, waren es oft Juden, die als Geldleiher arbeiteten; manche von ihnen zählten später zu den wohlhabenden Bürgern, die im Bankwesen tätig waren. Aufgrund des in der damaligen Zeit schwer abschätzbaren finanziellen Risikos waren die Zinsen meist hoch, weshalb die Geldgeber aus nichtjüdischer Perspektive oft als ‚Wucherjuden' verunglimpft wurden. (Die katholische Kirche schaffte das Zinsverbot erst 1822 endgültig ab.)

Ich bitt euch jud leicht mir zuo Hand/ Bargelt auff Bür= gen oder pfand/ Was euch gebürt gebt mit Verstand.

Bauer und jüdischer Geldleiher; Holzschnitt aus „Officia M. T. C. : Ein Buch so Marcus Tullius Cicero der Römer zu seynem Sune Marco Von den tugentsamen Ämptern…" (1533, Hg. Joh. v. Schwarzenberg, Übers. Joh. Neuber), oft auch als „der deutsche Cicero" bezeichnet.

Pfandleiher am Rechentisch

www.dhm.de/assets/_processed_/9/f/csm_gr103338_10cf5c796a.jpg

Auch auf diesem Ausschnitt eines Flugblatts in Form eines kolorierten Holzschnittdrucks des 15. Jh. sieht man im rechten Bild einen jüdischen Pfandleiher mit seinem Sohn am Rechenbrett. Das mittlere Bild zeigt die Pfandannahme gegen Geld sowie aufbewahrte Pfandgegenstände. Im linken Bild scheint ein Gelehrter auf die jüdischen Geschäftsleute zu zeigen und eine Amtsperson mit schlagkräftigem Gehilfen im Schlepptau zum Einschreiten aufzufordern. Die Überschrift darunter stellt eine drastische Verunglimpfung dar: „Der Jud stellt sein synne nacht und tag, Wie er den cristen verderben mag“. Im (hier nicht gezeigten) weiteren Text des Flugblatts wird in Form eines Dialogs zwischen Vater und Sohn eine umfangreiche Zinsberechnung über 20 Jahre vorgenommen, die zeigt, wie die Schuld des Kunden für das von ihm versetzte Pfand anwächst. Aus einem Gulden sind nach sechs Jahren zehn Gulden geworden, nach neun Jahren 30 Gulden, nach 14 Jahren 230 Gulden etc. Der letzte Satz des „Flyers“ appelliert: „Demnach was du tust das tu weisslich. Bedenck das ennde das rate ich.“ Insgesamt zieht das Pamphlet über die wucherische Kreditvergabepraxis durch die Juden her.

Ein Rechentisch auf einem Altarbild

https://sammlung.staedelmuseum.de/de/werk/fluegel-und-predella-des-frankfurter-dominikaneraltars

Umgestürzter Rechentisch und ausgeschüttete Geldbörse – Ausschnitt aus einem Bild von Hans Holbein d. Ä., das auf dem Sockel des Altars die Austreibung der Wechsler aus dem Tempel zeigt. (Städel Museum Frankfurt)

Kurz vor 1500 liessen die Frankfurter Dominikaner für ihren neuen Hochaltar Hans Holbein d. Ä. (ca. 1460/70 – 1524) mit seinen Gesellen aus Augsburg kommen. Holbein war damals schon durch frühere Altarbilder bekannt. Er schuf 1501 in Frankfurt zwei doppelseitig bemalte Altarflügel und eine Predella für den Altarsockel.

> *Und er fand im Tempel die Händler, die Rinder, Schafe und Tauben verkauften, und die Wechsler, die da sassen. Und er machte eine Geissel aus Stricken und trieb sie alle zum Tempel hinaus samt den Schafen und Rindern und schüttete den Wechslern das Geld aus und stiess die Tische um. [Joh 2,14-15]*

Dieser Angriff Jesu auf ihre Autorität brachte die religiösen Führer Jerusalems dazu, ihn zu töten.

Geldgeschäfte im Mittelalter

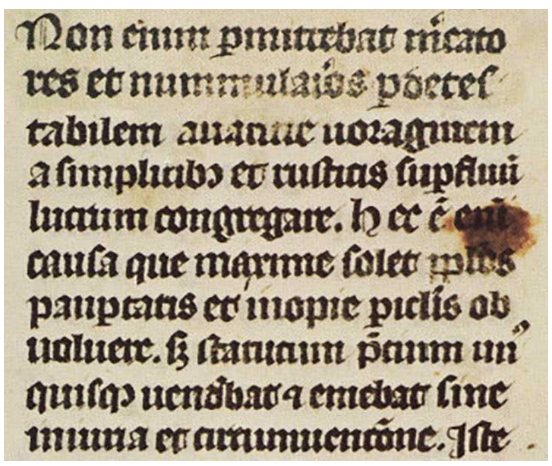
https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg156

König Béla I. mit Bügelkrone, Szepter und Reichsapfel auf seinem gepolsterten Thron, dessen Kollaps seinem Leben schliesslich ein Ende setzte. Kolorierte Federzeichnung aus einer deutschen Version der Chronica Hungarorum, ca. 1490 – 1500.

Wie die Bibelgeschichte von der Tempelreinigung durch Jesus lehrt, war früher die allgemeine Meinung über Geldwechsler auch nicht besser als jene über Geldleiher. Dies zeigen auch die auf Latein verfassten Zeilen der mittelalterlichen Ungarischen Bilderchronik („Képes Krónika“) vom 14. Jh., wo u.a. lobend berichtet wird über König Béla I. (ca. 1020 – 1063; “he died as a result of injuries that he sustained when the wooden structure of his throne collapsed” [Encyclopaedia Britannica]):

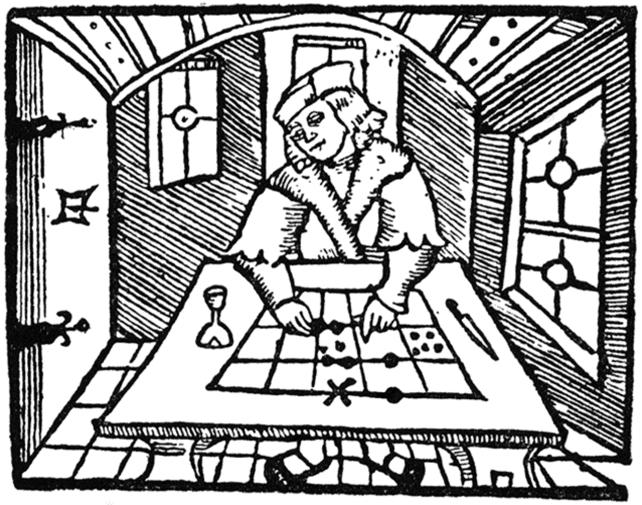
„Er duldete nicht die verabscheuungswürdige Gier der Kaufleute und Geldwechsler, überschüssigen Profit von den Einfachen und den Bauern zu kassieren. Denn das ist vor allem der Grund, warum die Menschen in Not und Armut geraten; aber so kaufte und verkaufte jeder nach einem festen Preis, ohne Ungerechtigkeit oder Betrug.“ Im lateinischen Original:

„Non enim permittebat Mercatores, et Nummularios per detestabilem avaricie voraginem, a simplicibus, et rusticis superfluum lucrum congregare. Hec est enim causa, que maxime solet populos paupertatis et inopie periculis obvolvere. Sed statum precium unusquisque vendebat et emebat sine iniuria et circumventione.“



Non enim pmittebat mercato
res et nummularios p detes
tabilem auaricie uoraginem
a simplicib9 et rusticis supflui
lucrum congregare. hec e eni
causa que maxime solet ppls
paupertatis et inopie picli9 ob
uoluere. S statutum preciu un
quisqz uendebat et emebat sine
iniuria et circumuencone. Iste

Geldgeschäfte im Mittelalter (2)



www.associazionelalbero.com/images/FOTO_NATUROPATIA.jpg

Der Bedarf an Geldwechslern war jedoch grundsätzlich auch seinerzeit vorhanden. Zum Beispiel erwarteten Staaten, die ihre eigene Währung ausgaben, dass auf ihrem Territorium die von ihnen geprägten Münzen verwendet wurden – aus der Fremde kommende Reisende und Kaufleute waren daher genötigt, ihr heimisches Geld umzutauschen. Mit dem Aufkommen des Fernhandels wuchs auch die Nachfrage nach weiteren Finanzdienstleistungen (wie Schuldscheine, Kredite, Hypotheken etc.) weiter an: Zu „Bankiers“ mutierte Geldwechsler bildeten so im Laufe der Zeit einen wichtigen Wirtschaftszweig der Gesellschaft.

https://vicmat.com/wp-content/uploads/2020/09/Teor-bellos-1.jpg

Allerdings wurden Geldwechsler ihren zweifelhaften Ruf, dass sie um der höheren Profite willen oft mit einer unangemessen hohen Kursspanne bei An- und Verkauf arbeiten, nie richtig los. Und generell blieb die Abneigung gegen Geldgeschäfte als Formen des Handels und Wirtschaftens, bei denen scheinbar Geld ohne Arbeit verdient wird – jedenfalls ohne die sonst übliche physische Arbeit „im Schweisse des Angesichts“ – weit verbreitet. So hiess es beispielsweise in einer Streitschrift von 1543:

„Sie lassen uns arbeiten im Schweiß unseres Angesichts, Geld und Gut gewinnen sie; sie sitzen derweil hinter dem Ofen, faulenzen, feiern großmächtig und braten Birnen, fressen, saufen, leben sanft und gut von unserem erarbeiteten Gut, haben uns und unsere Güter gefangen durch ihren verfluchten Wucher, spotten dazu und speien uns an, dass wir arbeiten und sie faule Junker sein lassen von dem Unseren und in dem Unseren, sind also unsere Herren, wir ihre Knechte.“ Diese Streitschrift lautete „Von den Juden und ihren Lügen“; ihr Autor war Martin Luther.

Geldgeschäfte im Mittelalter (3)

Dieses Titelbild eines Flugblatts von 1491 zeigt einen Bauern und einen Städter bei einem Pfandleiher, der mit der Hand am Rechentisch offenbar die finanziellen Aspekte erläutert.

Der Überschrift lautet „Die rechnung Ruprecht Kolpergers von dem gesuch der iuden auf 30 dn“.

Mit „gesuch“ ist hier Gewinnstreben bzw. Zinsen gemeint; „dn“ („denarius“) bezeichnet „Pfennig“ als Währungseinheit. Kolperger war seinerzeit ein anerkannter Rechenmeister in Nürnberg.

Das Flugblatt stammt von Hans Folz (ca. 1437 – 1513), Barbier, Wundarzt, Dichter und Meistersinger in Nürnberg. Einige seiner Schriften sind durch sprachlich derben Antisemitismus gekennzeichnet, so auch diese Schmähschrift, mit der er vor der über die Jahre wachsenden Schuld eines Christen gegenüber dem jüdischen Pfandleiher durch Zins und Zinseszins warnt. Typischerweise wurde von Pfandleihern Geld zwar nur für wenige Wochen verliehen, doch lag, einigen Quellen zufolge, der hochgerechnete Jahreszins im 15. Jh. wohl tatsächlich zwischen 20 und mehr als 80 Prozent.

Hans Folz bringt am Anfang seines Pamphlets eine von Ruprecht Kolperger gerechnete Tabelle mit der jährlich ausgewiesenen exponentiell anwachsenden Schuld – für einen Anfangskredit von 30 Pfennig bei einem monatlichen Zinssatz von 6% (≙ ca. 100% p.a.). Der Zahl 30 kam seinerzeit im Umgang mit Juden eine symbolische Bedeutung zu: Laut Matthäus-Evangelium wurde Jesus Christus für 30 Silberlinge („Judaslohn“) verraten. Die 20-jährige Zeitspanne der Zinstabelle hat aber offenbar eher exemplarischen Charakter, denn eine so lange Leihfrist kam in der Praxis der Pfandleiher nicht vor.

Geldgeschäfte im Mittelalter (4)

Laut Tabelle beläuft sich die Schuld nach einem Jahr auf 61 Pfennig, im zweiten Jahr sind es 124 Pfennig und so fort. Nach 20 Jahren sind astronomische 60 849 403 Pfennig aufgelaufen, das entspricht fast einer viertel Million Gulden. (Ein Gulden war in den 1490er-Jahre in Nürnberg 252 Pfennig wert; der Jahreslohn eines Hausknechts betrug dort seinerzeit ca. 4½ Gulden.)

Nur die Wenigsten konnten damals Dezimalziffern lesen. Daher fasst Folz das Anwachsen der Schuld auch in Worte, teilweise unter Nutzung der bekannteren römischen Zahlzeichen. Sein Text besteht aus 248 reimenden Verszeilen folgender Art:

So aber nun nit ider man
sich noch den ziffern richtten kann
hab ich das auch von iar zu iar
zu reym gesatzt gantz offenbar

Das erst iar ein und sechtzg dn macht
das and hundert XXIIII…

„Suma sumarum“ seien es nach 20 Jahren schliesslich „zwein mol hundert tauset mit trei unn firzg tausenten trei hundert siben unn neuntzg“ (d.h., 243397) Gulden, das entspräche über 13 Zentner Gold! Folz fordert Massnahmen gegen den Wucher, wie sie andernorts vom Markgrafen Friedrich von Brandenburg und Bischof Philipp von Bamberg ergriffen wurden. Nach der Ankündigung, dass er mit Gottes Hilfe weiter gegen das Übel und die „Falschheit der Buben“ angehen werde, endet das Flugblatt mit

Also spricht hans foltz barbirer.

https://books.google.ch/books?id=zlb2Z-kakTgC&pg=PP5

Aus einer Variante des Pamphlets von Hans Folz, „Ei gar suptil rechnung Ruprecht kolpergers von dem gsuch der iudn“.

Rechentische,...

Rechentisch aus dem 16. Jahrhundert

Bildquelle: CACM Feb. 2017 (H. Bruderer) / Historisches Museum Basel
http://deliveryimages.acm.org/10.1145/2960000/2959085/figs/f1.jpg

...Rechenbretter und Rechenbänke

Engl. „counting board“ → „counter“, franz. „comptoir“ = Tisch, wo gezählt und gerechnet wird: „Zahltisch“ und verallg. „Handelskontor“. [Im 19. Jahrhundert im Englischen verallgemeinert hinsichtlich Ladentisch / -theke und später als „(kitchen) countertop“ für die (Küchen-)arbeitsplatte.] Aus dem Lat. „computare“ = berechnen. Daraus spätlat. „computus“ = Berechnung“, ital. „conto“. Vgl. auch „Konto“ und „Kontorist“.

Counting board (Rechentisch) oder *counter* (Ladentheke)?

Counter oder *Kontor?*

Rechenbank od. *Bankhaus?*

Familie eines Händlers mit Wickelkind und Abakus. (Titelbild des Buches „Ein Regiment der jungen Kinder“ von Bartholomäus Metlinger, Augsburg, 1497).

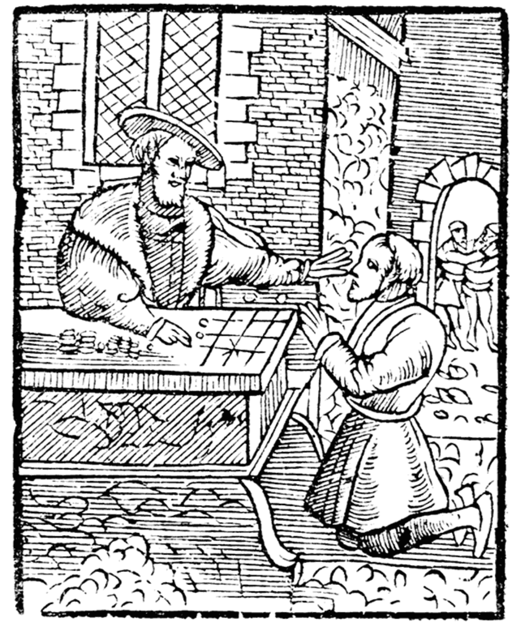
Händler mit Gehilfe am Rechentisch; 17. Jh.

Der Vater meldet sein Kind beim Rechenmeister an.

Abakus und Aderlass – auf den ersten Blick eine etwas absonderliche Bildkomposition. Erst die moralisierende Bildlegende (s.u.) gibt Aufschluss. Tatsächlich verordneten Ärzte seit der Antike und bis Ende des 18. Jahrhunderts gegen vielerlei Krankheiten den Aderlass. Die Methode beruhte auf der antiken Säftelehre: Die Blutentnahme sollte das Gleichgewicht der Körpersäfte (Blut, gelbe Galle, schwarze Galle, Schleim) wieder herstellen. Der Aderlass beruhte aber auch auf Erfahrungen – gelegentlich half er tatsächlich, indem er z.B. den Kreislauf entlastete oder den Eisengehalt des Körpers senkte.

„Der weiß soll zimlich hon inn huet Gesundthait / auch sein gelt und guet.“ Aus der deutschen Ausgabe (herausgegeben von Joh. v. Schwarzenberg) von Ciceros „De officiis“ („Officia M. T. C. : ein Buch so Marcus Tullius Cicero der Römer / zue seynem Sune Marco… Welchs auff begere Herren Johansen von Schwartzenbergs etc. verteutschet, und volgens in Hochteutsch gebracht…, Augspurg, 1531“).

Dimitte nobis debita nostra, sicut et nos dimittimus debitoribus nostris: Ein beliebtes Sujet bei Holzstichen zu moralisierenden sowie kirchlichen Schriften des 16. und 17. Jh. ist das Gleichnis vom unbarmherzigen Knecht (Matthäus 18,23–35): Ein Knecht schuldet einem König die unbezahlbar grosse Summe von 10000 Talenten. Um nicht als Sklave verkauft zu werden, bittet der Knecht auf Knien um Stundung. Aus Mitleid erlässt ihm der König die ganze Schuld. Bald darauf begegnet der Knecht einem Anderen, der ihm den kleinen Betrag von 100 Denaren schuldet. Der unbarmherzige Knecht packt ihn und verlangt von ihm, alles zu bezahlen – er lässt sich auch nicht durch das Flehen um Geduld erweichen. Als der König von dem Vorfall erfährt, wird er zornig und überlässt den unbarmherzigen Knecht den Folterern. Bei den bildlichen Darstellungen wird der König oft mit den typischen Insignien eines Geldleihers gezeigt, wozu ein Rechentisch gehört.



Quelle aller Bilder: Bibliothek für Bildungsgeschichtliche Forschung, https://pictura.bbf.dipf.de

Abakus-Ursprung: Rechnen auf Linien im Sand?

The manipulation of pebbles in the dust, or the use of a finger or stylus in fine dust or sand spread upon a table, is known to have been used as an aid to calculation from very early times. The Semitic word abaq (dust) seems to be the root of our modern word abacus. From the Semitic, the word has been adopted by the Greeks who used αβαξ to denote a flat surface or table upon which to draw their calculating lines. The term then appears to have spread to the Romans who called their table an abacus. Because most early arithmetic was done on the abacus, the term became synonymous with "arithmetic" and we find such oddities as Leonardo of Pisa (Fibonacci) publishing a book in 1202 called "Liber Abaci" (The Book of the Abacus), which did not deal with the abacus at all but was designed to show how the new Hindu-Arabic numerals could be used for calculation. [Michael R. Williams]

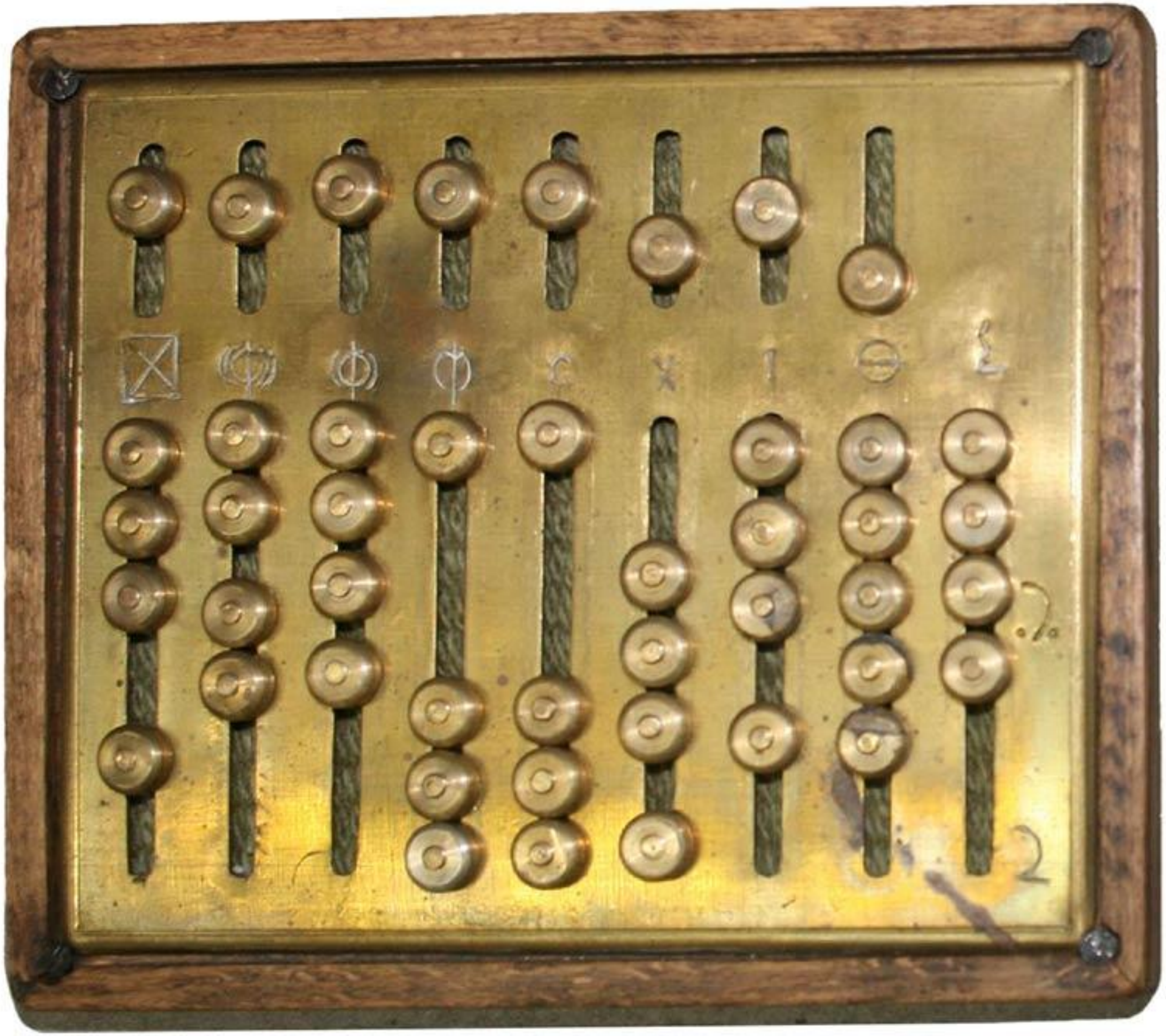
Nachzeichnung eines Motivs auf der Darius-Vase aus dem 4. Jh. v. Chr.: „A tax collector counting on a special board in which we can read the letters M (= 10.000), Ψ (= 1.000), H (= 100) and Δ (= 10) and the former symbols used to represent the Greek coins (drachma, obol, half an obol and a quarter of obol). The collector has an opened book in which we can read the letters T A Λ and N. These letters correspond to another Greek coin named talent." -- https://themathematicaltourist.wordpress.com/2013/02/02/darius-vase/

Abakus in der gallorömischen Kultur

Abakus in Aktion – Händler und Kunde an einem Verkaufsstand, vielleicht aber auch Darstellung einer Steuererklärung und -berechnung. Relief einer römischen Stele (evtl. Grabstein) aus Kalkstein, 2. Jh., musée de la Cour d'Or, Metz.

Die Deutung ist allerdings etwas unsicher: Handelt es sich wirklich um einen Abakus? Oder präsentiert ein Schmuckhändler seine Ware? Oder sind wir beim Bäcker, wo die Gipfli auf dem Tisch ausgebreitet sind? All' dies wurde auch schon in das Bild hineingedeutet…

Römischer Handabakus



www.kimweb.ch/sammlungen#2d3716ac-e7c7-e345-a66f-d341dfb9b337

Bronze, Museum Muttenz. (Nachbildung von ca. 1875, Original im cabinet des médailles, Bibliothèque nationale de France)

Die Abrechnung: Drei Krüge Wein und mehr

Kurz vor dem Jahr 200 beschreibt der griechische Autor Athenaios in seinem Werk Δειπνοσοφισταὶ (*Gastmahl der Gelehrten*) die Verwendung eines Abakus für eine umfangreiche Rechnung, wo nicht nur addiert wird, sondern auch die unterschiedlichen Wertigkeiten der Münzen verrechnet werden müssen: Ein Obolus ist 8 Chalkus wert, 6 Oboloi ergeben eine Drachme. Von einem Gast erbittet der Wirt eine Kostenbeteiligung an einem Gemeinschaftsmahl:

Rheinisches Landesmuseum Trier

Gast: Solange du mir nicht für alles *en détail* Rechenschaft ablegst, kriegst du von mir nicht einen einzigen Chalkus!
Wirt: Logo. Hier sind Abakus und Rechensteine.
Gast: Dann leg' los!
Wirt: Der rohe Salzfisch macht fünf Chalkus.
Gast: Was noch?
Wirt: Die Muscheln – sieben Chalkus.
Gast: Ist gegessen. Weiter.
Wirt: Seeigel – einen Obolus.
Gast: Ist recht – du haust mich nicht über's Ohr…
Wirt: Dann kam wohl der Rettich.
Gast: Den du so angepriesen hast!
Wirt: Dafür habe ich zwei Oboloi gezahlt.
Gast: War er darum des vielen Lobes wert?
Wirt: Dann die Fischwürfel: Drei Oboloi.
Gast: Geschenkt! Aber hatten wir keine Endivien?
Wirt: Mein Bester, du kennst nicht die Marktsituation; die Käfer haben alles Grünzeug ruiniert!
Gast: Berechnest du deswegen den Salzfisch zum doppelten Preis?
Wirt: Nein, das liegt am Händler; geh' und frag' ihn doch selbst! Der Aal macht dann zehn Oboloi.
Gast: Nicht zu viel. Und weiter.
Wirt: Den Bratfisch kaufte ich für eine Drachme.
Gast: Preise wie Fieber! Erst tief, nur um jetzt am Ende um so stärker anzusteigen!
Wirt: Und dann noch der Wein! Als ihr schon trunken wart, besorgt' ich noch drei Krüge à zehn Oboloi.

[Das verschlug dem Gast anscheinend die Sprache. Frei übersetzt aus dem griech. Original: http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k251078/f312]

Abakus-Verkäufer in St. Petersburg, ca. 1860

Fotografie von William Carrick (1827 – 1878), National Galleries Scotland

William Carrick (Вильям Андреевич Каррик) was a Scottish-Russian artist and photographer. Carrick made a name for himself capturing pic-tures of Russian life and pioneering Russian ethnographic photography. [en.wikipedia.org]

www.museumsyndicate.com/images/4/33854.jpg

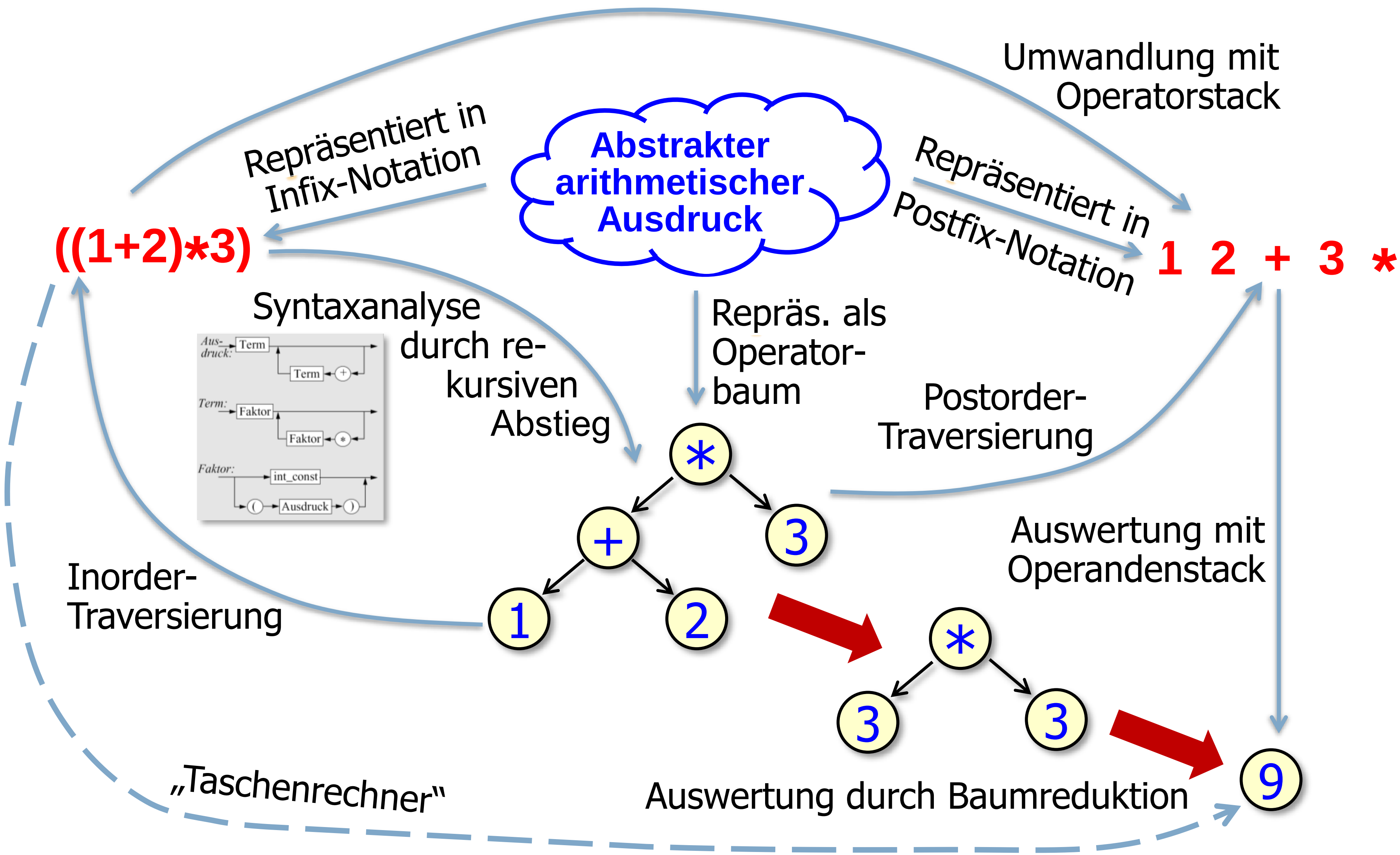
Abakus in einer holländischen Schule, ca. 1930

Anstatt Kalksteinchen („calculi“ → „Kalkül“) auf Linien im Sand zu verschieben, hat man jetzt Kügelchen in einem Gestell

Abakus in einer deutschen Schule, 1951

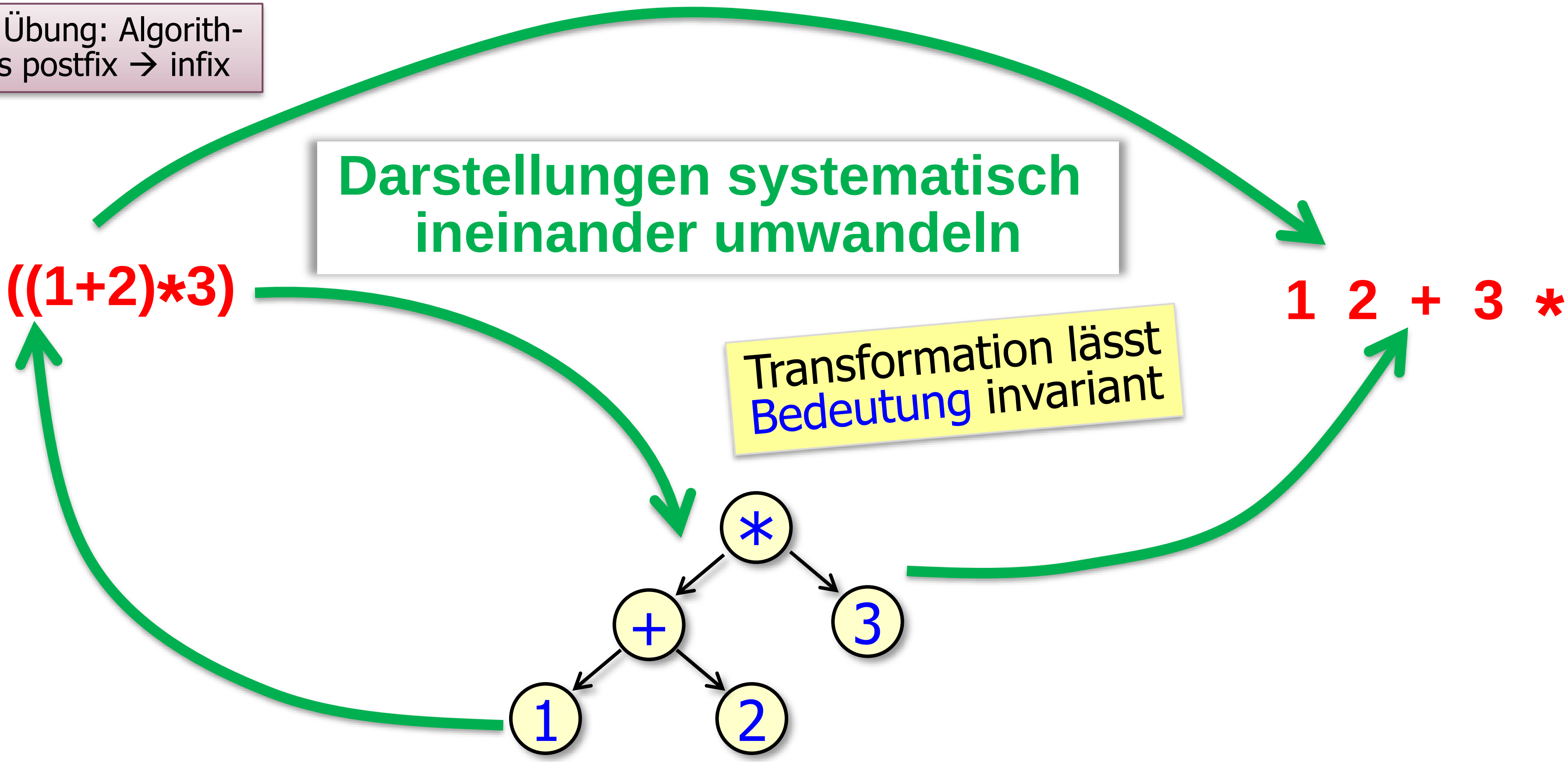
Abakus in einer chinesischen Schule

Überblicksgemälde zu arithmetischen Ausdrücken

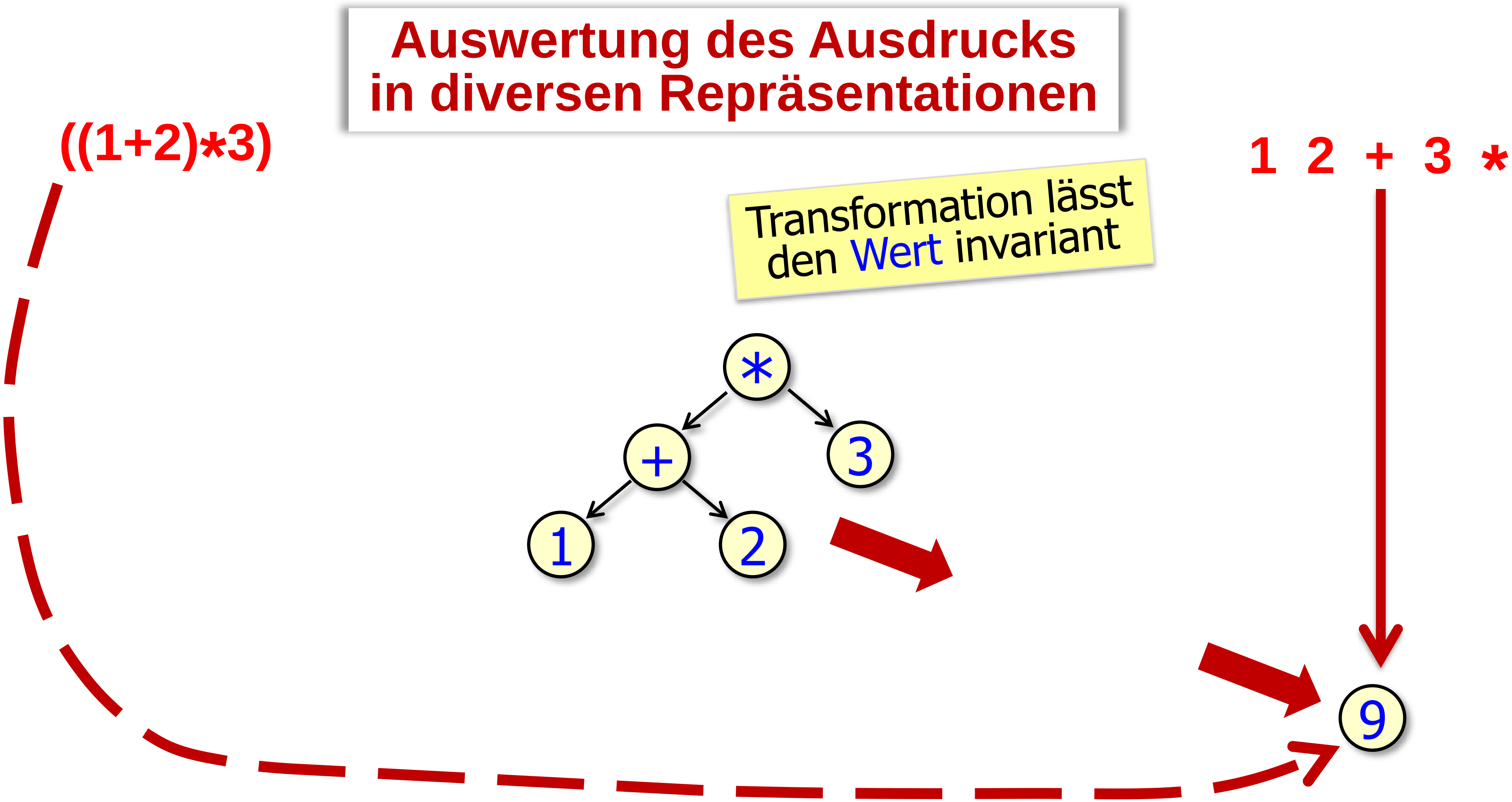


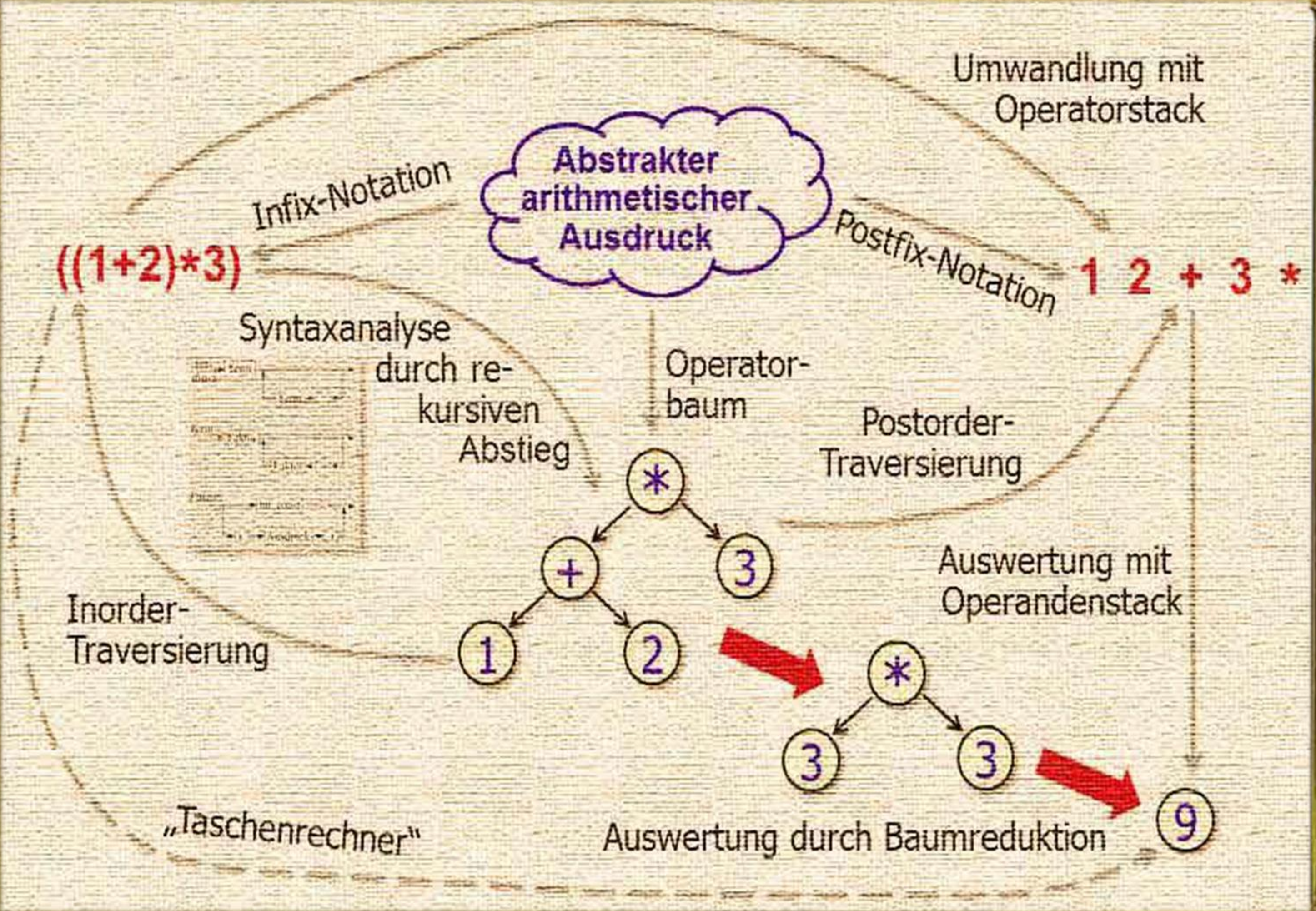
Überblicksgemälde zu arithmetischen Ausdrücken

Als Übung: Algorithmus postfix → infix



Überblicksgemälde zu arithmetischen Ausdrücken





Umwandlung mit
Operatorstack
Abstrakter
arithmetischer
Ausdruck
Infix-Notation
Postfix-Notation
((1+2)*3)
1 2 + 3 *
Syntaxanalyse
durch re-
kursiven
Abstieg
Operator-
baum
Postorder-
Traversierung
*
+
3
1
2
Auswertung mit
Operandenstack
Inorder-
Traversierung
*
3
3
9
„Taschenrechner"
Auswertung durch Baumreduktion

Codegenerierung für Infix-Ausdrücke

- Aufgabe eines Compilers ist nicht nur die Syntaxprüfung, sondern auch „Code“ für eine Zielmaschine zu erzeugen

  Anweisungen in „codierter“ Form, die von einer Maschine ausgeführt werden können

- Die Codegenerierung für mathematische Formeln war Anfang der 1950er-Jahre, als es noch keine höheren Programmiersprachen und Compiler gab, ein echtes Problem
  - Dieses Problem wurde von Corrado Böhm in seiner (1954 veröffentlichten) Dissertation „Calculatrices digitales. Du déchiffrage de formules logico-mathématiques par la machine même dans la conception du programme“ an der ETH Zürich angegangen

CALCULATRICES DIGITALES

DU DÉCHIFFRAGE DE FORMULES LOGICO-MATHÉMATIQUES PAR LA MACHINE MÊME DANS LA CONCEPTION DU PROGRAMME

THÈSE

PRÉSENTÉE

À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE, ZURICH,

POUR L'OBTENTION DU

GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES MATHÉMATIQUES

PAR

CORRADO BÖHM, ing. électr. dipl. EPUL
de **Milan** (Italie)

Rapporteur : Prof. Dr. E. Stiefel
Co-rapporteur : Prof. Dr. P. Bernays

"Böhm's dissertation was especially remarkable because he not only described a complete compiler, he also defined that compiler in its own language!" (Donald E. Knuth)

Du déchiffrage de formules logico-mathématiques

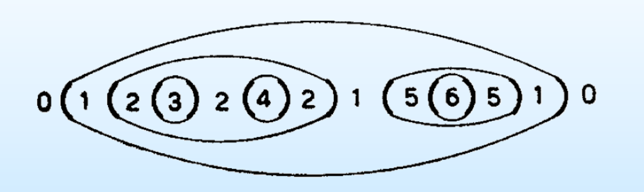
Einige Sätze aus der Dissertation

- Le support matériel sur lequel le programme a été enregistré sous forme de succession de formules est placé a l' entrée de la machine et la calculatrice exécute une série de calculs qui fournissent le même programme, mais enregistré sous forme d' instructions codifiées.
- Il s' agit d' un problème arithmétique susceptible d' être résolu par la calculatrice même, par l' application du programme de la «codification automatique».
- Soit une formule du type $(((a\ op_1\ b)\ op_2\ (c\ op_3\ d))\ op_4\ ((f^0\ op_5\ g)\ op_6\ h))$.

$f^o\ op_5\ g \rightarrow x_6$
$x_6\ op_6\ h \rightarrow x_5$
$c\ op_3\ d \rightarrow x_4$
$a\ op_1\ b \rightarrow x_3$
$x_3\ op_2\ x_4 \rightarrow x_2$
$x_2\ op_4\ x_5 \rightarrow x_1$
$x_1 \rightarrow x$

Il s' agit de construire une suite de nombres-instructions correspondant aux formules

…est en outre sus-ceptible d'une repré-sentation graphique



Corrado Böhm – CV
(1923 – 2017)

Aus der Dissertation

CORRADO BÖHM, citoyen italien, né à Milan le 17-1-23. En 1941 il obtint son diplôme d' études secondaires au Lycée scientifique «Vittorio Veneto» de Milan.

Entré en 1942 à l' Ecole Polytechnique de l' Université de Lausanne (Suisse) il en sortit fin 1946 avec le diplôme d' ingénieur électricien.

Il fut engagé en 1947 en tant qu' assistant à l' École Polytechnique Fédérale de Zurich de M. R. DUBS (Professeur d' Hydraulique et de Machines hydrauliques) pendant trois semestres et les trois suivants de M. E. STIEFEL (Professeur de Géométrie et Directeur de l' Institut de Mathématiques appliquées).

Pendant cette période, tout en approfondissant ses propres connaissances en mathématiques, il fréquenta un cours de spécialisation chez I. B. M. sur les machines à cartes perforées. Il se familiarisa ensuite avec les analogues machines BULL.

En 1949 il fut envoyé a Neukirchen (Allemagne) pour étudier sur place la machine à relais construite par M. ZUSE, machine qui fut adoptée ensuite par l' Ecole Polytechnique même.

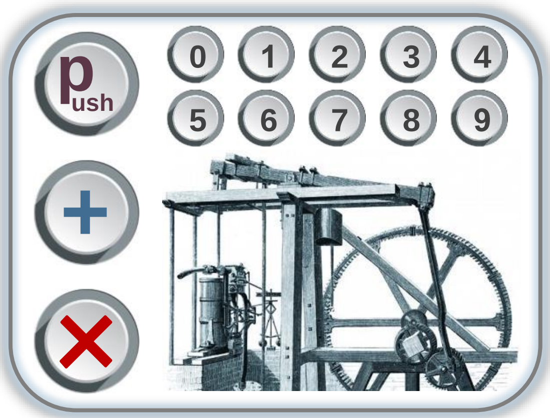
Corrado Böhm (1923 – 2017) emigrierte in die Schweiz, um den faschistischen Rassengesetzen zu entgehen, die sich gegen Juden richteten. 1951 kehrte er wieder nach Italien zurück, ging zunächst zu Olivetti, dann 1953 an das Istituto per le Applicazioni del Calcolo (IAC) des Consiglio Nazionale delle Ricerche in Rom, wo 1955 (u.a. von Dietrich Prinz) einer der ersten Computer Italiens (Mark 1 der Firma Ferranti aus Manchester) installiert wurde. In den 1960er-Jahren lehrte er auch an den Universitäten Rom und Pisa und wandte sich der theoretischen Informatik (Lambda-Kalkül) zu. 1970 wurde er Professor für Informatik in Turin, 1974 Professor an der Universität „La Sapienza" in Rom. 1966 veröffentlichte er mit seinem Schüler Giuseppe Jacopini das sogen. Böhm-Jacopini-Theorem in einem Aufsatz "Flow diagrams, Turing machines and languages with only two formation rules" zur strukturierten Programmierung – es zeigt, dass man immer ohne expliziten Sprungbefehl ("goto") auskommt.

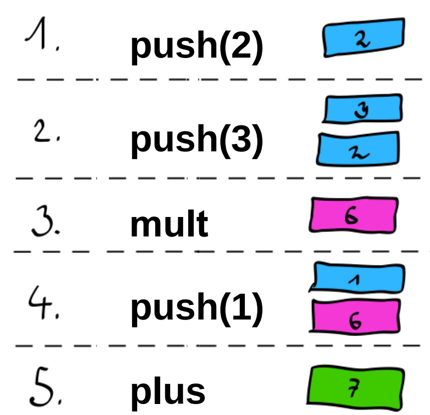
Codegenerierung für Infix-Ausdrücke

- Aufgabe eines Compilers ist nicht nur die Syntaxprüfung, sondern auch „Code" für eine Maschine zu erzeugen

Anweisungen in „codierter" Form, die von einer Maschine ausgeführt werden können

- Als Zielmaschine für die Übersetzung von Infix-Ausdrücken postulieren wir hier eine Stackmaschine mit 3 Operationen:
  - **push(i)** – Int-Wert i in den Stack stopfen
  - **plus** – Obersten zwei Stackelemente durch ihre *Summe* ersetzen
  - **mult** – … *Produkt* …

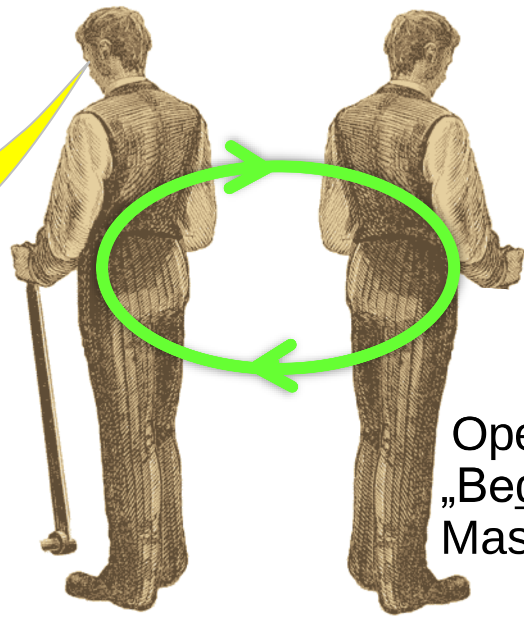




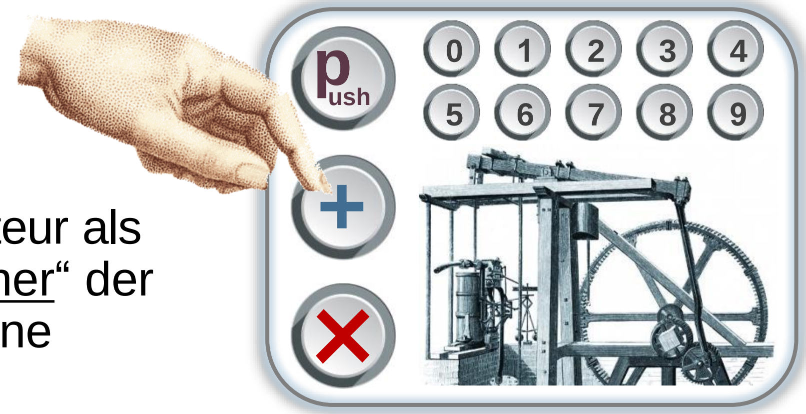
Stackmaschinen programmgesteuert bedienen

Programm

```
push(5)
push(1)
push(2)
plus
push(3)
push(4)
mult
mult
push(6)
plus
mult
```



Operateur als „Bediener“ der Maschine



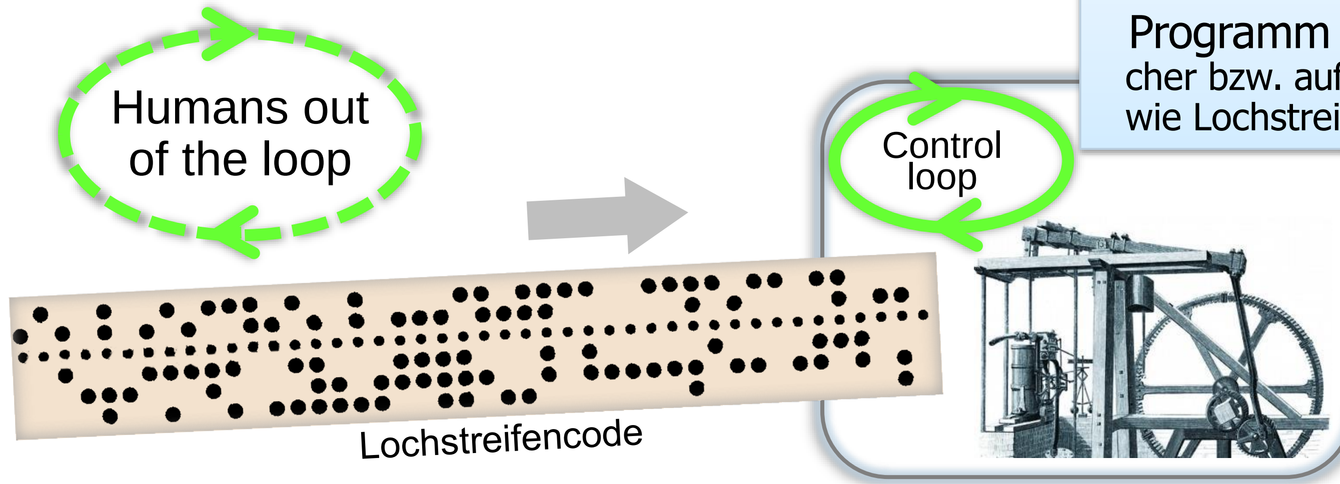
Programmgesteuerte **Automaten**

Maschinen, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig ausführen

Programm

```
push(5)
push(1)
push(2)
plus
push(3)
push(4)
mult
mult
push(6)
plus
mult
```

Nötig hierfür:
- Antriebsenergie
- Maschinenlesbares Programm (im Speicher bzw. auf Medium wie Lochstreifen etc.)



- 1801 **Jacquard**: Lochkarten-Ablaufsteuerung für mechanische Webstühle
- 1835 Charles **Babbage**: Konzept programmierbarer Rechenmaschinen
  - Mit kettenförmig aneinandergehängten Lochkarten; Antrieb evtl. durch Dampfmaschine
- Seit der Antike gibt es Automaten, die eine eingebaute Ablaufsteuerung besitzen (wie z.B. Spieluhren), allerdings *nicht frei programmierbar* sind
  - Vgl. dazu etwa https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Automaten

Exkurs: Automaten & das Weben mit Automaten

Es ist wieder Zeit für einen historisch-kulturellen Ausflug! Diesmal geht es um „Automaten“: Maschinen, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig ausführen. Hier stechen zwei Wörter hervor: „vorbestimmt“ und „selbsttätig“ – diese sind symptomatisch:

(1) Wenn der Ablauf vorbestimmt ist, dann muss dieser irgendwo festgehalten sein. Von manchen Automaten erwarten wir, dass sie ständig das gleiche tun – ein Schuhputzautomat etwa, oder ein Getränkeautomat. Bei diesen ist der Ablauf starr. Hingegen soll ein Musikautomat verschiedene Stücke spielen können, sonst wäre er langweilig. Ein Orchester zu mechanisieren, genügt hier nicht: Auch die „Noten“ für das jeweils zu spielende Stück müssen in einer für die Maschine lesbaren und ausführbaren Form vorliegen – es wird also ein Programm benötigt, das zumindest im Prinzip auswechselbar ist. Bei Spieldosen war dies auf einer Walze angebracht, die von einer Art Uhrwerk in Gang gehalten wurde und den vorbestimmten Ablaufplan (und damit die Ansteuerung einzelner Maschinenelemente) verkörperte.

(2) Zur zweiten Vokabel, „selbsttätig“: Damit eine Mechanik von selbst, also ohne menschlichen Antrieb, tätig werden kann, ist Energie erforderlich. Man benötigt nicht nur eine Energiequelle, sondern auch eine Vorrichtung, welche die Energie in zweckmässige mechanische Bewegung umsetzt, und zwar gesteuert durch das Programm.

Wir schauen uns bzgl. Automaten zunächst eine Parallelentwicklung zur Mechanisierung des Rechnens durch Rechenautomaten bzw. Computer an: Das automatisierte Weben von Stoff. Das Thema mag überraschen. Weben ist aber, wie das Rechnen, eine uralte und sehr nützliche Kulturtechnik, die mit dem Fortschreiten der Zivilisation zunächst nach Hilfsmitteln zur Steigerung der Produktivität der dabei tätigen Menschen verlangte. Ab dem 19. Jh. kam es dann im Zuge der Industrialisierung in schneller Folge zu mehreren Automatisierungsschüben. Ein Antrieb der Webstühle durch dampfgetriebene oder elektrische „Kraftmaschinen“ beschleunigte zwar das Weben, aber es mussten auch die Haupttätigkeiten des Webers in verlässlicher Weise mechanisiert werden, um schneller und produktiver zu werden. Vor allem aber sollten, möglichst noch besser als durch die Meisterweber, komplexe Muster gewebt werden können – flexibel und auf austauschbare Art. Das Programm dazu wurde auf Lochkarten festgehalten – sie dienten später als Vorbild für die Steuerung von Rechenautomaten.

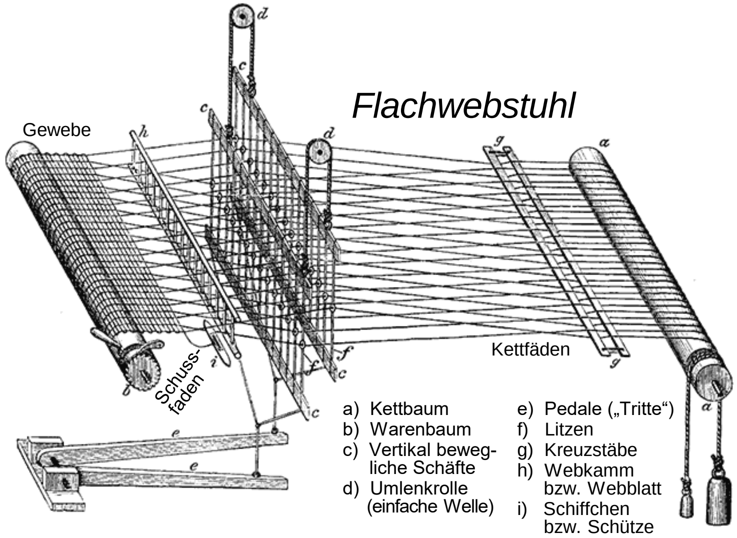
Das Prinzip des Webens

Beim Weben werden Gewebe dadurch hergestellt, dass zwei Fadensysteme rechtwinklig verkreuzt werden. Die vorgespannten parallel verlaufenden Kettfäden bilden den Träger, in welchen quer dazu nacheinander die Schussfäden von einer Webkante zur anderen eingezogen werden.

Bei einem Flachwebstuhl lenkt die Mechanik einen Teil der Kettfäden nach oben bzw. unten aus. Durch den Zwischenraum (das „Fach“) saust das Weberschiffchen mit dem Schussfaden. Die Auslenkung der Kettfäden geschieht durch von oben kommende Schnüre, die Litzen. Sie tragen kleine Ringe, durch die jeweils ein Kettfaden verläuft.

„Das Weben ist neben dem Spinnen die älteste Technik der Menschheit. Praktiziert wurde es in einfacher Weise schon am Ende der Altsteinzeit. Die Ägypter der Pharaonen-Ära kannten den flachen Webrahmen. Im Mittelalter kam die Konstruktion mit Pedalen auf; daraus erstand der gerüstförmige Handwebstuhl. In der industriellen Revolution verbreitete sich die mechanische Ausführung.“ [https://blog.hnf.de, gekürzt]

Möglicherweise haben *Weib* bzw. *wife* und *weben* die gleiche indogermanische Sprachwurzel. Jedenfalls gehen viele Wörter wie *abschweifen, anzetteln, entwerfen* oder das lat. *praetextum* auf eine Verwendung im Umfeld des Webens zurück.

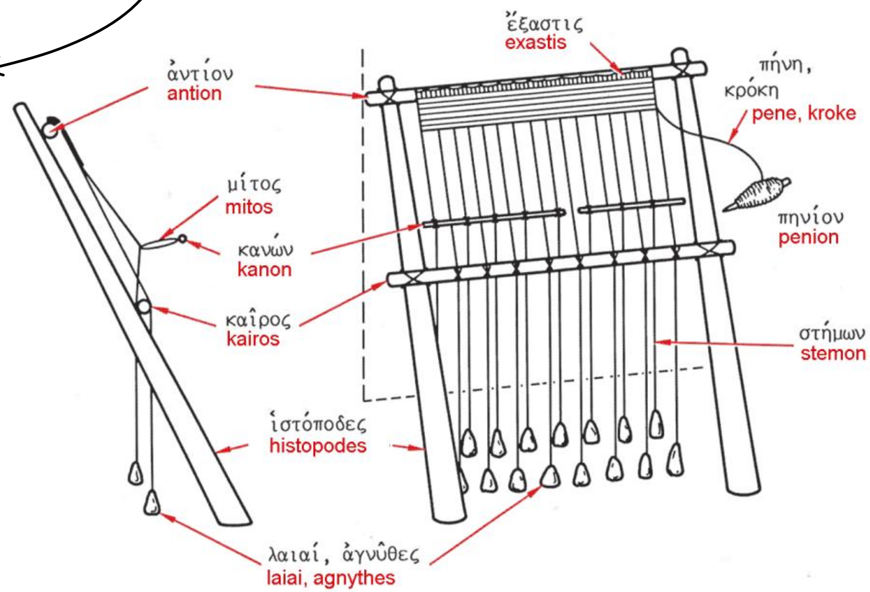


https://images.fineartamerica.com/images-medium-5/the-art-of-weaving-sheila-terry.jpg

Die Kunst des Webens; Relief von Andrea Pisano am Campanile des Doms von Florenz, ca. 1340.

Genauer wäre eigentlich „Webrahmen“ – denn „Stuhl“ impliziert, dass dieser in die Konstruktion integriert ist, was erst für die durch Pedale („Tritte“) bedienten Webstühle ab dem Mittelalter zutrifft.

Etymologisches zum Weben



Die Abb. zeigt einen aufrechten Gewichtswebstuhl, wie er im antiken Griechenland vorkam. Wir zitieren www.harlizius-klueck.de/infos/poster_wisstage.pdf:

„Wenn der Litzenstab (*kanon*) auf den Kettfäden ruht, wird ein so genanntes natürliches Fach gebildet, weil die Hälfte der Fäden vor einem unteren Querbalken, dem *kairos*, hängt. Wird der *kanon* angezogen, bildet sich das künstliche Fach und alle restlichen Kettfäden kommen nach vorne.

Die Bedeutung des Wortes *kanon* als Litzenstab am Webstuhl ist älter als spätere übertragene Bedeutungen und findet sich schon bei Homer. Der *kanon* sorgt für das regelmässige Bindungsmuster des Gewebes und sein Name ist auf die ordnenden und normierenden Werkzeuge der Musiker und Baumeister übergegangen. Auch das lateinische Wort für den Litzenstab: *regula*, kennen wir heute noch als Grundlage aller Wörter, die mit Regeln und Gesetzen zu tun haben. Und das Schiffchen, griechisch *penion*, heisst in der lateinischen Sprache *radius*. Für die Befestigung der Kettfäden am *kanon* benutzte man meist einen stabilen Leinenfaden und dessen Name *linum* ging über auf die Wörter Linie (lat. *linea*) und Lineal. Das Anzetteln der Kettfäden heisst im lateinischen *ordior* und ist Stammwort aller Wörter, die mit dem Ordnen zu tun haben. Auch der französische Name für den Computer, *ordinateur*, stammt von diesem Wort ab.

Eine der ältesten bisher gefundenen Abbildungen des Gewichtswebstuhls zeigt ein sehr kompliziertes Muster mit geometrischen Motiven. Aber jedes geometrische Motiv stellt in der Weberei eine arithmetische Aufgabe dar: es muss in Zahlverhältnisse übersetzt werden, die sich nach dem dualen Prinzip des Auf und Ab der Kettfäden richten und es muss, wenn es sich wiederholt, in die Breite des Gewebes eingepasst werden. Die Musterweberei erfordert daher gute Kenntnisse der Teilbarkeitseigenschaften von Zahlen.“

Weben in der Historie

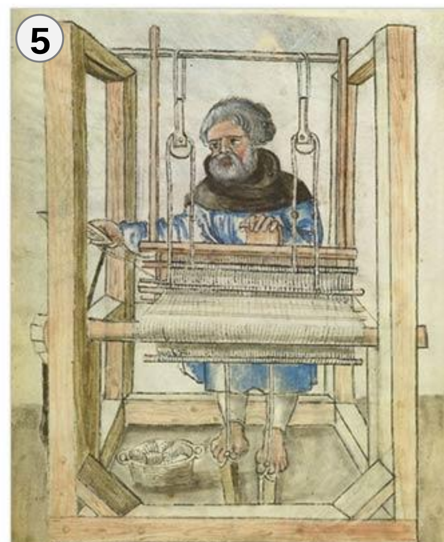
1) Eadwine-Psalter, ca. 1160, Jesaja 38 [Danklied]: „Zu Ende gewebt hab ich mein Leben wie ein Weber; er schneidet mich ab vom Faden.“

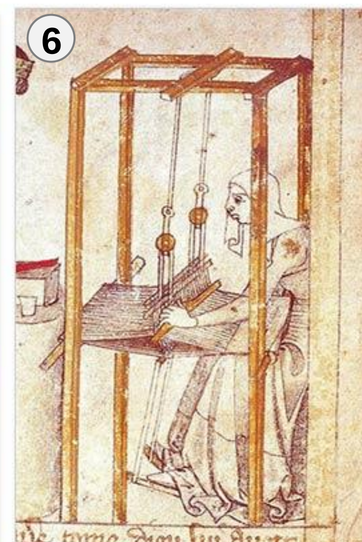
2) Griechisches Ölfläschchen, ca. 550–530 v. Chr.: Horizontaler Gewichtswebstuhl.

3) Miniatur aus dem 15. Jh. einer französ. Ausgabe von „De mulieribus claris“ („Von berühmten Frauen“) des ital. Dichters Giovanni Boccaccio.

4) und **5)**: Nürnberger Hausbücher, 1425 / 1524; die Weber betätigen barfuss die Tritte.

6) Egerton-Genesis, ca. 1350 – 1375 („A pictorial narrative of the biblical Genesis, supplemented by legendary material. Commissioned in the14th century for the entertainment of a middle-class patron and his friends. The book does not glorify kingly figures but rather spoofs the stupidity, lust or veniality of the powerful.“ M. Joslin.)





Waagrechte Webrahmen, eingefasst in ein Holzgestell („Webstuhl“) und gesteuert über Pedale, sind charakteristisch für das mittelalterliche Europa. Das Prinzip wurde vermutlich aus Fernost importiert; dort, wie auch in Ägypten, nutzte man schon früh horizontale Rahmen, im Unterschied z.B. zu Griechenland.

Auch Maria nutzt den Webstuhl

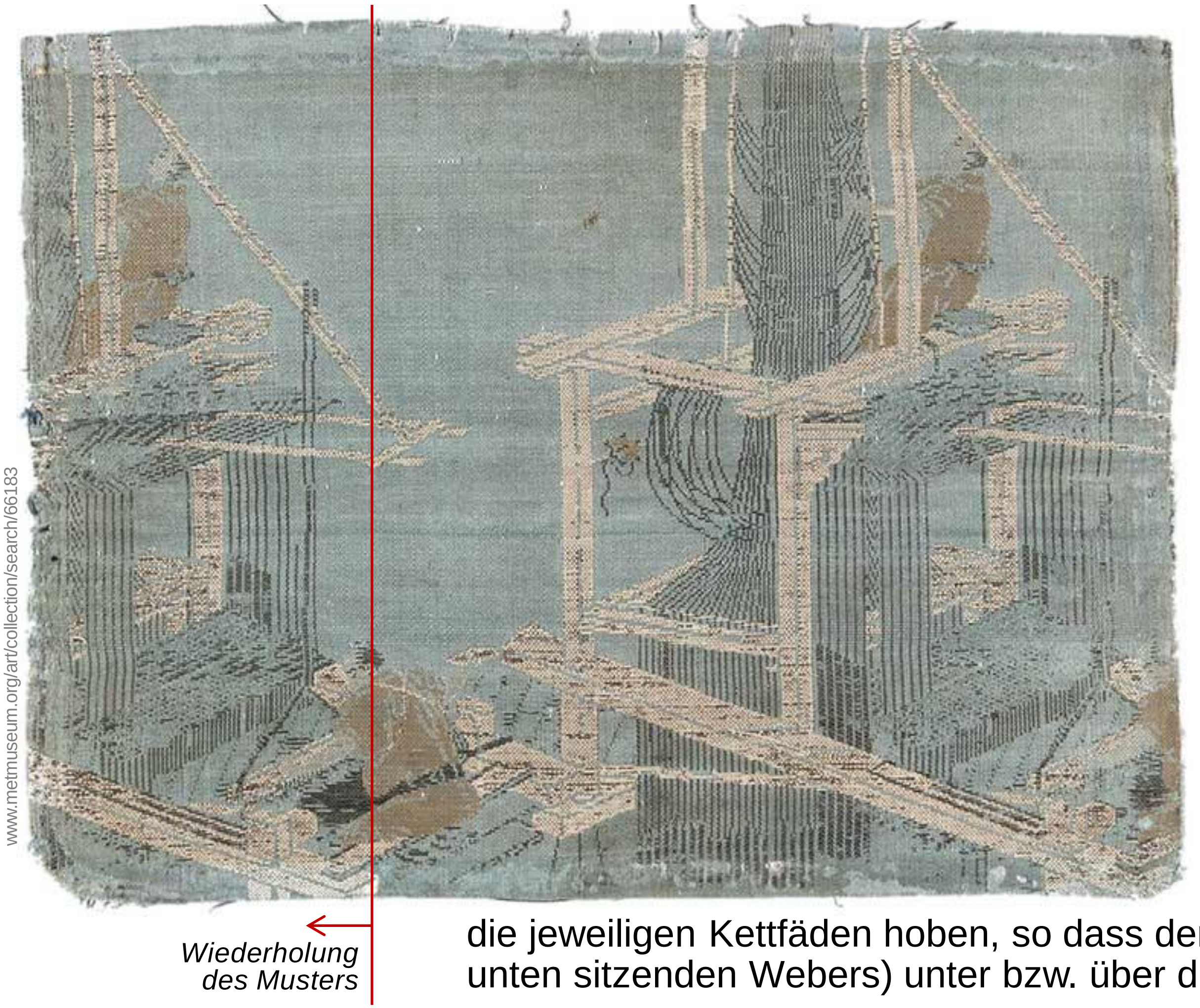
Maria an einem Webstuhl und das Jesuskind in einem hölzernen Laufgestell auf Rädern. Joseph hobelt einen Stab, der mit dem Brett im Hintergrund ein Kreuz ergeben könnte und so auf den späteren Tod Christus anspielt. Das Spruchband, das das Jesuskind seiner Mutter entgegenhält, lautet „Ego sum solacium tuum" („Ich bin Dein Trost").

Szene aus dem Stundenbuch (ein Andachts- und Gebetsbuch), das um 1440 für Katharina von Kleve (1417–1476), eine hochrangige Dame des burgundischen Adels, von einem anonymen holländischen Künstler angefertigt wurde. Dieses Stundenbuch ist dafür bekannt, dass es die für solche Bücher üblichen Heiligendarstellungen und biblischen Szenen in charmanter Weise in die konkreten Lebenswelt des Spätmittelalters versetzt.

Katharina von Kleve heiratete 1430 Arnold von Egmond, den Herzog von Geldern, und wurde so Herzogin von Geldern. Die Ehe mündete allerdings in eine Tragödie.

Maria wird in der Kunst meistens im Gebet oder beim Lesen in der Bibel gezeigt. Darstellungen von ihr an einem Webstuhl sind vergleichsweise selten, kommen aber auf einigen Kirchenfenstern und Buchmalereien des späten Mittelalters vor.

Weben in diversen Kulturen



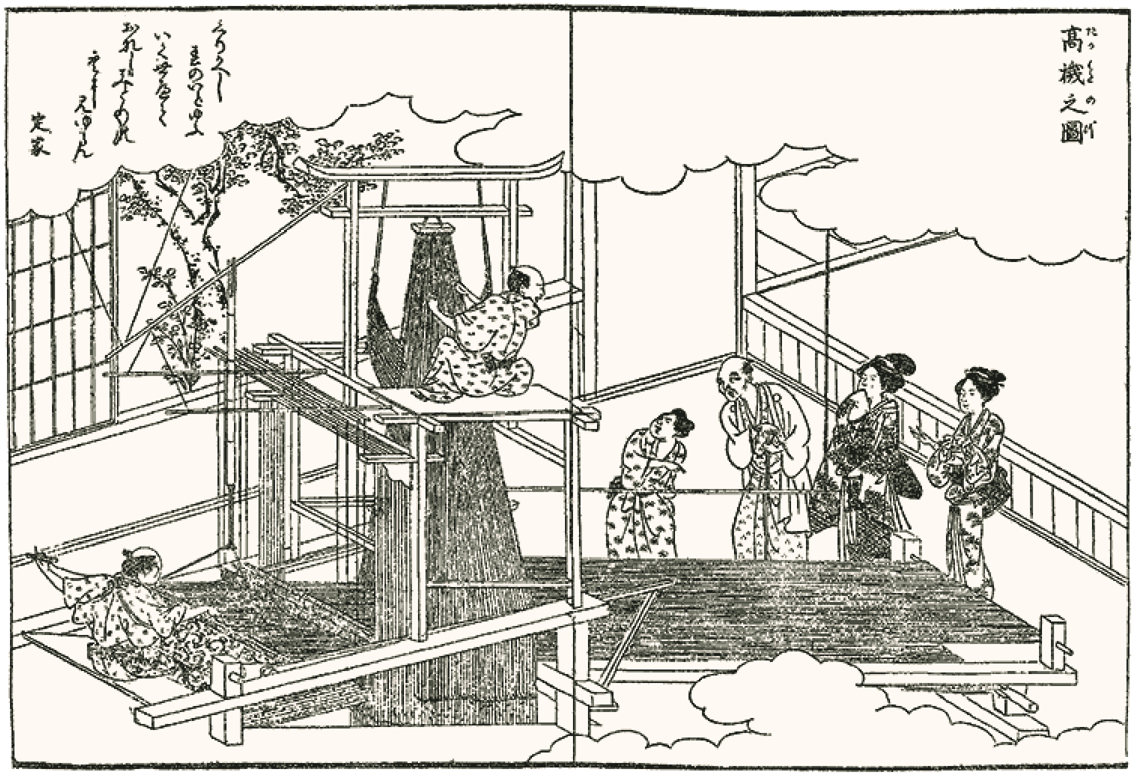
[Japanisches Seidenstück](), späte Edo-Periode (frühes 19. Jh.), ca. 18cm x 13cm.

Die Abbildung ist selbstbezüglich: Das gewobene Stück Seide veranschaulicht, wie Seide gewoben wird: Einfaches (einfarbiges oder gestreiftes) Tuch konnte von einem Weber allein hergestellt werden. Zur Fabrikation komplexer, gemusterter Stoffe aber benötigte er die Hilfe einer zweiten Arbeitskraft. Bevor Vaucanson und vor allem Jacquard automatische Webstühle konstruierten, befand sich bei solchen grösseren Zugwebstühlen oben in der Maschine ein „Ziehjunge" als Gehilfe des Webers, der mit geschickten Fingern entsprechend dem zu webenden Muster an Schnüren zog, welche die jeweiligen Kettfäden hoben, so dass der Schussfaden (im Schiffchen des unten sitzenden Webers) unter bzw. über die ausgewählten Kettfäden lief.

Als Kind musste Joseph-Marie Jacquard selbst als Ziehjunge arbeiten. Die Erfahrung mit der beschwerlichen Arbeit liess ihn später zum Tüftler und Erfinder des lochkartengesteuerten Webstuhls werden.

Weben in diversen Kulturen (2)

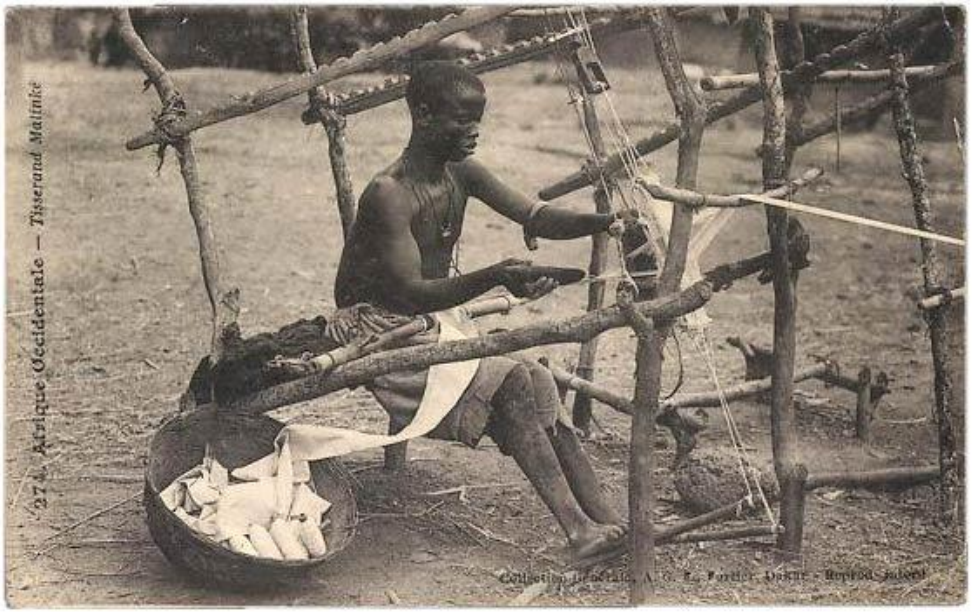
Aus: Kurt Meißner (1885 – 1976): Der alte japanische Handwebstuhl, 1933.



„In einem alten Lehrbuch für Weber sagt der Verfasser: ‚Der Weber, der den Schützen wirft, hat, so wie ein Fechter den Gegner, seinen Ziehjungen vor sich. Er muss, genau dem Tempo seines Partners entsprechend, langsam oder schnell zwischen dessen Bewegungen den Schützen werfen. Der Ziehjunge oben auf dem Turm aber ist einem Bogenschützen zu vergleichen. So wie der Schütze die Sehne seines Bogens zieht, so ruhig muss er die Harnischschnüre ziehen. Und dann, wenn er sie wieder niederlässt, muss er sie auch ruhig loslassen wie der Bogenschütze seine Sehne.'"

„Eine Hilfskraft, der sogenannte Ziehjunge (Dōji, 童子 oder Monbiki, 紋引) sitzt oben auf einem Aufbau über dem Stuhl und zieht je nach Art des Musters die Musterschnüre und bewirkt so das Heben und Senken der Kettfäden-Gruppen, wodurch beim Einschiessen des Schusses die Bildermuster entstehen. In Japan ist der „Ziehjunge" oft weiblich. Heute hat die Jacquard-Maschine den Ziehjungen natürlich auch in Japan fast restlos verdrängt. Da aber in Japan zwar viele Jacquard-Dessins gewebt werden, aber von jedem Dessin nur eine sehr geringe Zahl verkäuflich ist, und da das Stanzen vieler Jacquard-Karten auch viel Geld kostet, kommt es auch heute noch bei gewissen Webstoffen, z.B. bei Fahnen und bei den Kinryō Nyogen（金陵女源）genannten Stoffen angeblich vor, dass der alte Blumenstuhl mit dem Ziehjungen gebraucht wird. Die ersten Jacquard-Maschinen soll ein Herr T. Sakura, der 1872 nach Lyon ging und dort die Jacquard-Weberei erlernte, nach Kyoto gebracht haben."

Weben in diversen Kulturen (3)

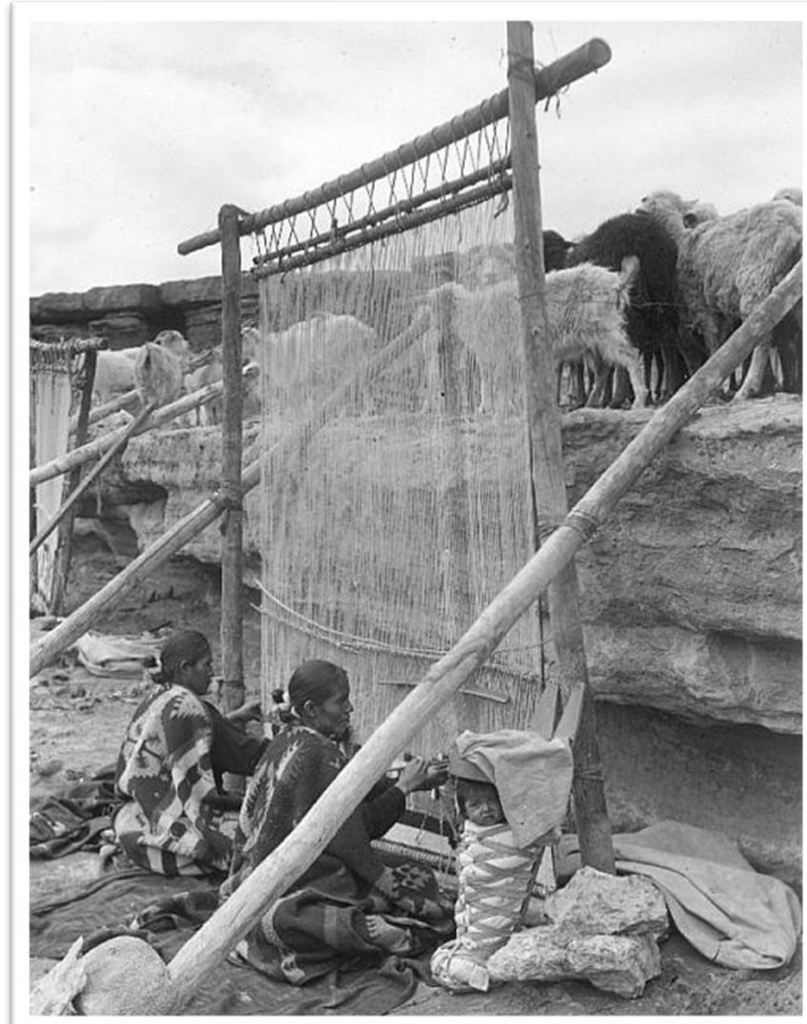


https://d1o6h00a1h5k7q.cloudfront.net/imagens/img_m/13674/6209050.jpg

Weber vom Volk der Mandinka / Malinke aus Senegal auf einer Postkarte der 1. Hälfte des 20. Jh. (seinerzeit Französisch-Westafrika).

Entsprechende Bilder von Frauen zensiert die ETH-Bibliothek: Auch Frauen webten mit nacktem Oberkörper, dies stelle im 21. Jh. jedoch einen „sensiblen Inhalt“ dar, der nicht gezeigt werden solle.

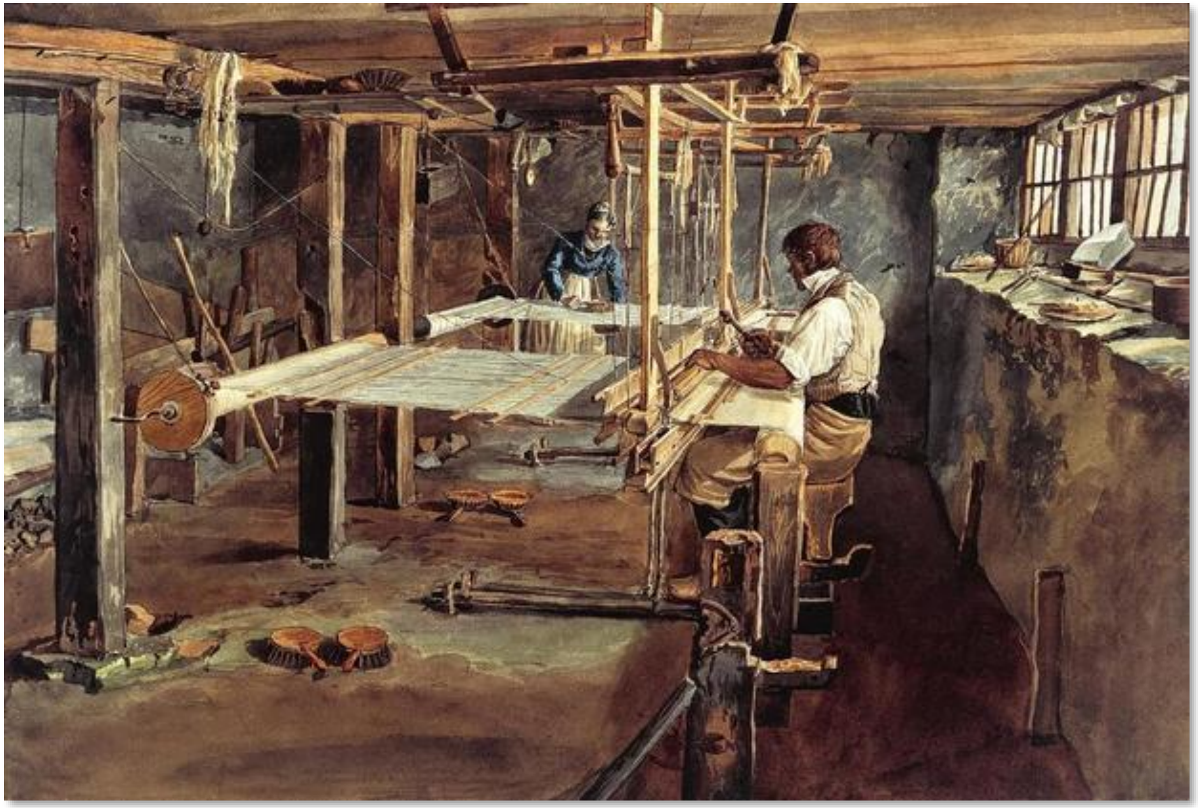
Weben war bei Frauen vieler Kulturen eine beliebte Arbeit, da sie relativ kindersicher war und leicht unterbrochen und wiederaufgenommen werden konnte.



www.loc.gov/resource/ppmsc.00135/

Weberinnen der Navajo-Indianer, ca. 1914.

Appenzeller Handwebstuhl, ca. 1830
Aquarell von Johannes Schiess (Schweizer Maler, 1799 – 1844)



Appenzeller Weberpaar am Handwebstuhl im Kellerraum.
[Graphische Sammlung ETH Zürich]

Ab dem 8. Jh., verstärkt dann mit dem Fernhandel ab dem 12. Jh., florierte um den Bodensee das Leinwandgewerbe; die Bauern lieferten dazu Flachs als Grundstoff. Insbesondere die St. Galler Leinwand wurde in ganz Europa als qualitativ hochwertiges Gewebe geschätzt. Im Jahr 1400 wurden rund 2000 Tücher à 100 Meter produziert; 1610 bereits knapp 24000 Tücher. Angeregt durch die steigende Nachfrage betrieben immer mehr Bauernfamilien in der Umgebung Webstühle in Heimarbeit als Nebenerwerb. Es folgten Industrialisierung, Umstellung auf Baumwolle, Abhängigkeit vom Weltmarkt und seinen Konjunkturschwankungen, Entwertung der Handarbeit durch Mechanisierung der Webstühle, soziale Krisen und Aufstände, Hungersnöte etc. Der Erste Weltkrieg und die Weltwirtschaftskrise von 1929 liessen den einst erfolgreichen Ostschweizer Wirtschaftszweig „in Agonie versinken“ [Historisches Lexikon der Schweiz].

Der Textilkanton

Das Volk hat sich sehr gemehret; kein Hügel, weder Berg noch Thal, liegt unbewohnt und alles ist mit Häusern und Leuten angefüllet, so dass das Land eine namhafte Mannschaft ins Feld stellen kann. -- Chronik von Walser, 1740.

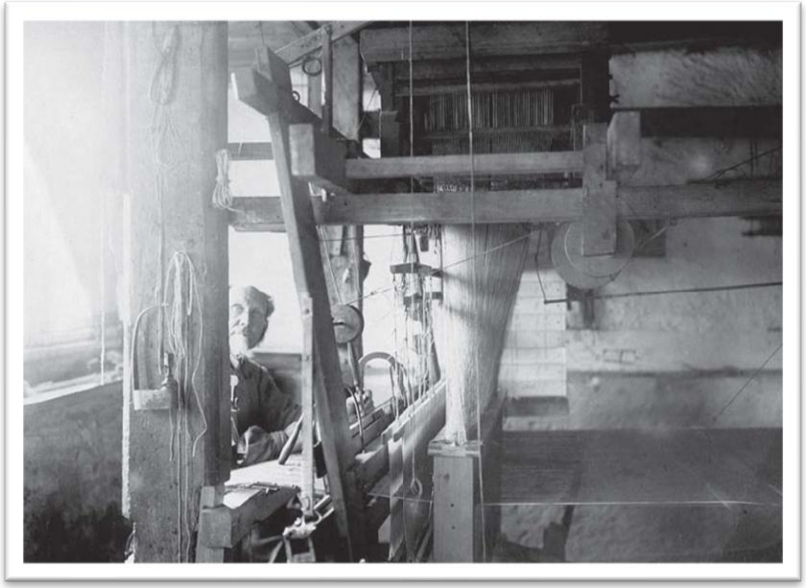
Während mehr als 300 Jahren bildete die Textilindustrie den wichtigsten Erwerbszweig im Kanton Appenzell Ausserrhoden; um 1800 immerhin der dichtest besiedelte Schweizer Kanton und 1835 angeblich die „volkreichste Landesgegend" Europas nach Malta. Eingespannt in die Arbeit waren auch viele Kinder: 1904 erbrachten 50% von 3554 befragten Schulkindern eine wöchentliche Arbeitsleistung von 42 bis 63 Stunden. Heute ist die Textilindustrie bis auf wenige spezialisierte Betriebe verschwunden. Im Appenzellischen Jahrbuch von 2017 finden sich mehrere Artikel zum Thema; wir zitieren daraus einige gekürzte Teile:

„Bereits im Aufschwung der Leinwandproduktion und des Leinwandhandels von 1667 bis 1734 war die Bevölkerung von 19 300 auf 34 571 Personen angewachsen. Appenzell Ausserrhoden gehörte damit zu jenen Regionen in Europa, in denen ein grosser Teil der Bevölkerung nicht mehr hauptsächlich von der Landwirtschaft, sondern in hohem Masse von gewerblich-industriellen Tätigkeiten lebte und deshalb auf Korneinfuhren aus dem nahen Ausland, vorwiegend aus Schwaben, angewiesen war. Auch die Weberbauern und andere Heimarbeiterfamilien, die über wenig oder gar keinen Boden verfügten, profitierten von den neuen Verdienstmöglichkeiten. Tausende Frauen und Mädchen spannen in der Ostschweiz, im benachbarten Vorarlberg und in Schwaben Garn für die Kaufleute und Fabrikanten der st. gallisch-appenzellischen Baumwollweberei. Tausende Weberinnen und Weber sassen in ihren feuchten Kellern, um feine Mousseline für den direkten Export oder für die Handstickerei zu produzieren. Um 1780 waren die Stadt St. Gallen, Appenzell Ausserrhoden und das mittlere Toggenburg praktisch flächendeckend sowie teilweise das untere Toggenburg, das Rheintal, die alte Landschaft mit Wil, Gossau und Rorschach und das Dorf Appenzell eine «Baumwollenfabrik, in der alle Hände, die dem Landbaue und der Viehzucht entbehrlich waren, spannen, woben, stickten, höhlten, bleichten, färbten und das Verarbeitete zum Verkaufe ausrüsteten» [Ildefons von Arx, 1813].

Wie in den Baumwollregionen Lancashire im Nordwesten Englands war in Appenzell Ausserrhoden mit der Protoindustrialisierung eine ländlich-industrielle Gesellschaft entstanden, in der um 1830 nur noch etwa ein Fünftel der rund 40 000 Einwohnerinnen und Einwohner den Lebensunterhalt vorwiegend aus der Landwirtschaft bestritt. Kleinst- oder Kleinbauernfamilien waren auf ein zusätzliches Einkommen aus industrieller Tätigkeit – Spulen, Weben, Sticken – angewiesen. Viele Heimarbeiterfamilien besassen sogar nur ein Weberhöckli, ein häufig nur zweistöckiges kleines Holzhaus mit etwas Umschwung, oder wohnten zur Miete. Ihr Leben hing ganz am Baumwollfaden.

Als um 1790 erstmals Baumwollmaschinengarn aus England in die Schweiz eingeführt wurde, sahen sich die Appenzeller Fabrikanten und Kaufleute unvermittelt mit den Folgen der industriellen Revolution in England konfrontiert. Das Maschinengarn – billiger, gleich fest, weicher und regelmässiger als das von Hand beziehungsweise mit dem Spinnrad gesponnene Garn – setzte sich rasch durch. 1801 nahm in St. Gallen die erste mechanische Spinnerei der Schweiz im verstaatlichten Klostergebäude neben der Stiftsbibliothek den Betrieb auf. 1814 gab es in und um St. Gallen neun Spinnereien, 24 waren es in der ganzen Ostschweiz.

Die Handweberei war als Verlagsindustrie organisiert, d.h. die Fabrikanten besassen keine Fabriken, sondern liessen die Stoffe in den Kellern der weit übers Land verstreut wohnenden Heimweber und Heimweberinnen herstellen. Die Webstühle stellten die Auftraggeber zur Verfügung.



Arbeit am Plattstichwebstuhl für den Fabrikanten Joh. Walser, Herisau, um 1930. [Appenzeller Jahrb. 2017]

Mitte des 19. Jahrhunderts war die Heimweberei in Appenzell Ausserrhoden noch immer der weitaus bedeutendste Arbeitszweig. So bildete sie beispielsweise in Teufen für 620 der insgesamt 2138 Erwerbstätigen den Haupterwerb (321 Männer, 299 Frauen). Hinzu kamen 5 Textilhändler, 40 Webfabrikanten sowie eine grosse Zahl von Leuten, die Hilfsarbeiten ausführten: 168 Ausschneiderinnen, 164 Spulerinnen, 102 Spuler, 60 Nähterinnen, 6 Spinner, 5 Verweberinnen, 3 Verwiflerinnen. Auch die je sieben Bleicher, Zwirner und Modelstecher sowie der Blattmacher (Hersteller von Webblättern) gehörten zu dieser Branche. Hauptberufliche Landwirte dagegen gab es nur 169.

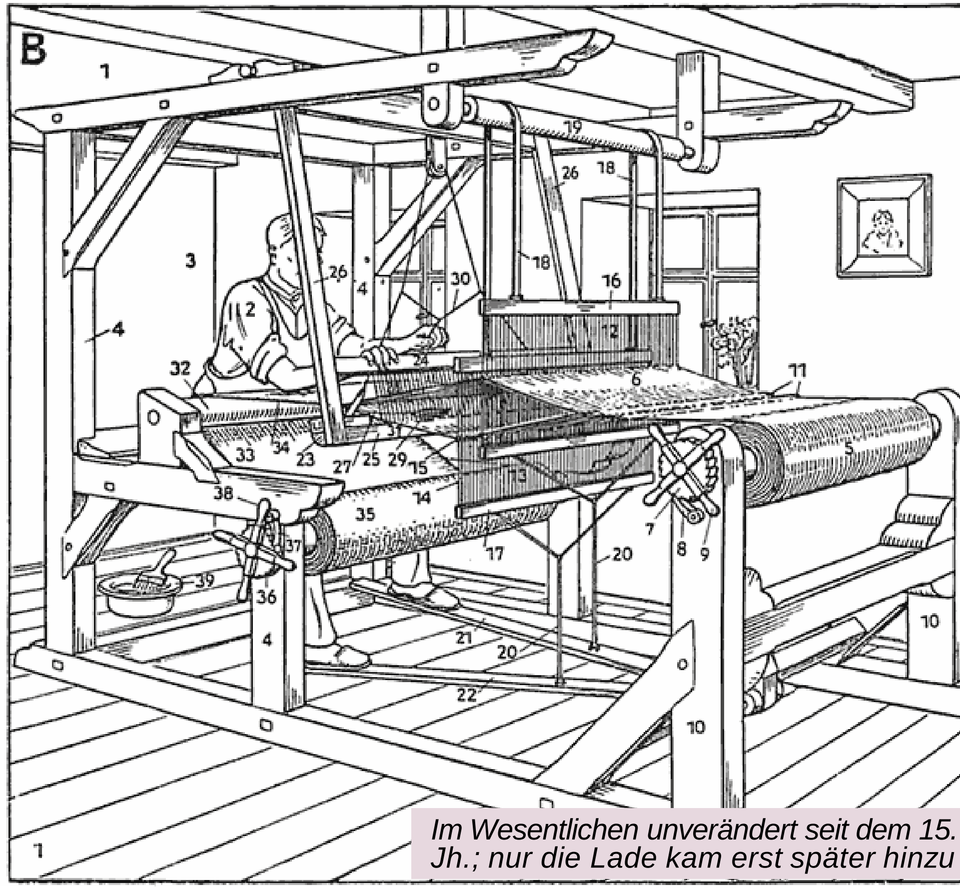
Durch das Aufkommen der mechanischen Webereien geriet die Mousselinehandweberei unter Konkurrenzdruck und wurde im Verlaufe der 1850er-Jahre aufgegeben. Einen gewissen Ersatz bot die Plattstichweberei, die sich mit ihrer Kombination von Weben und Sticken ab 1850 zu einer Spezialität der Appenzeller Textilindustrie entwickelte. Nach dem Ersten Weltkrieg geriet die Stickerei als Folge des radikalen Modewechsels in den frühen 1920er-Jahren in eine schwere Krise: Zehntausende verloren ihre Arbeit, Tausende von Maschinen wurden verschrottet. Erst in den 1950er-Jahren setzte eine gewisse Erholung ein. Technologische Neuerungen wie leistungsstärkere Stickautomaten sowie die computergesteuerte Produktion führten 1982 zu einem neuen Exporthöhepunkt, trieben aber auch den Konzentrationsprozess voran und machten die Stickerei zu einem hochspezialisierten und zunehmend beschäftigungsarmen Zweig der Textilindustrie.“

Der klassische Handwebstuhl

Darstellung im Bilderduden von 1935

> „Aus dickem Eichenholz gezimmert und oft jahrhundertelang in der Familie fortgeführt“ – W. Bomann

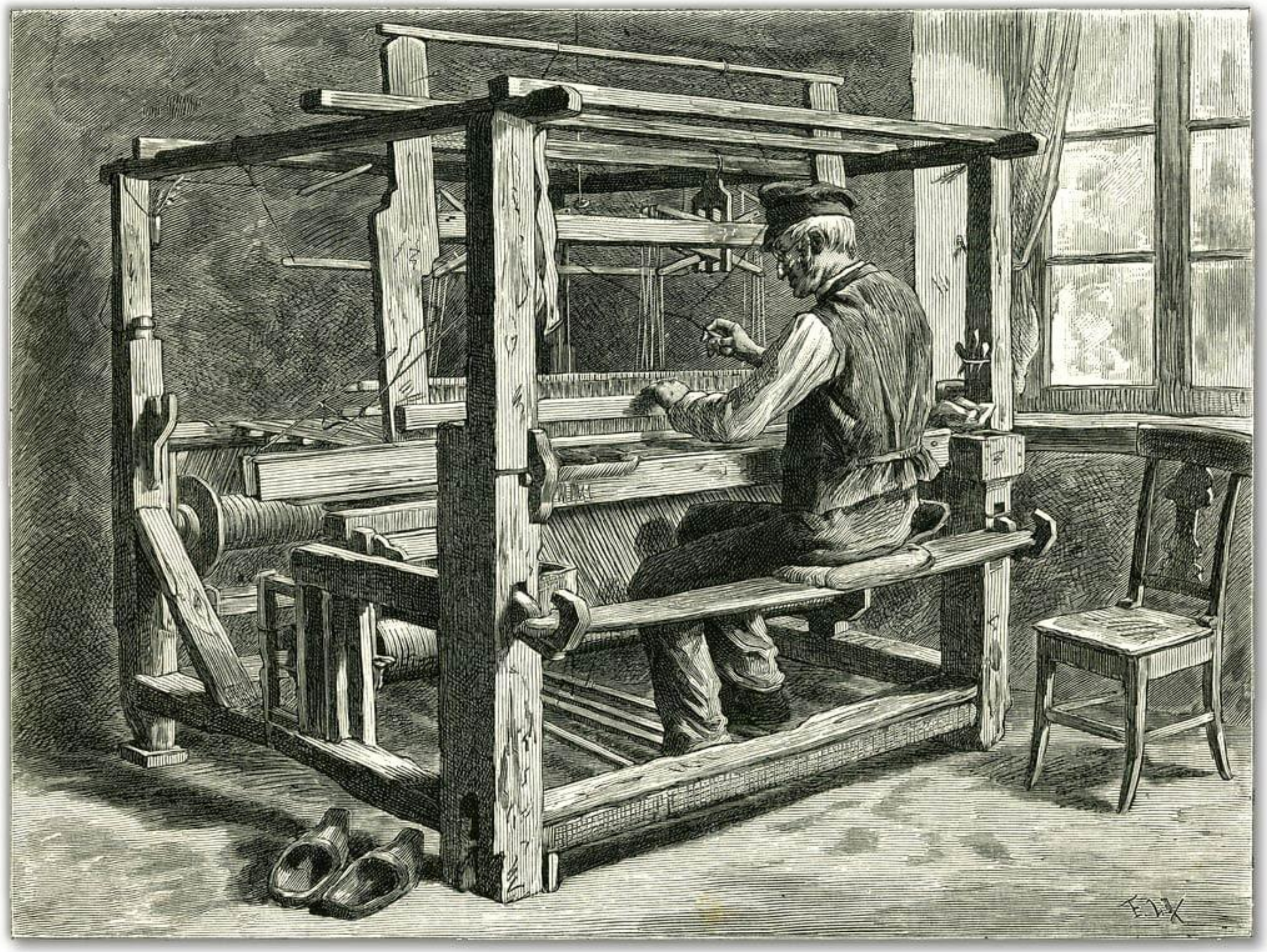
1 die Webstube
2 der Weber ⌈webstuhl)
3 der Webstuhl (ein Hand-
4 das Webstuhlgestell
5 der Kettenbaum ⌈Zettel
6 die Kette (Werft, der
7 das Sperrad ⌈klinke)
8 die Sperrklinke (Gegen-
9 das Spannkreuz (die Dämmung)
10 das Kettenbaumgestell
11 der Kreuzstab (die Kreuzschiene, -rute)
12 der erste Schaft (der Hinterschaft)
13 der zweite Schaft (Vorderschaft) ⌈Helfe)
14 die Litze (Schaftlitze,
15 das Auge (Helfenauge, Maillon)
16 der obere Schaftstab
17 der untere Schaftstab
18 die Schaftschnur
19 die Welle
20 die Trittschnur
21 der erste Tritt
22 der zweite Tritt
23 die Lade (Weblade)
24 der Ladendeckel
25 der Ladenklotz
26 der Ladenarm
27 das Fach (Webfach, die Kehle)
28 das Blatt (Webblatt, Blatt, der Kamm, Weberkamm, das Riet)
29 das Schiffchen (Weberschiffchen, der Schützen, Webschützen)
30 die Peitsche (zum Antreiben des Schiffchens)
31 der Schuß (Einschuß, Eintrag)
32 der Brustbaum
33 das Gewebe (die Ware, das Zeug) ⌈Kante)
34 die Leiste (Salleiste,
35 der Warenbaum (Zeugbaum)
36 das Sperrad ⌈klinke)
37 die Sperrklinke (Gegen-
38 das Schaltkreuz (zur Warenaufwicklung)
39 der Schlichttopf (Leimtopf) und der Schlichte (zum Glätten der Kette)



Im Wesentlichen unverändert seit dem 15. Jh.; nur die Lade kam erst später hinzu

Seit dem 17. Jh. gibt es Bildwörterbücher, die den Wortschatz mit bildlich darstellbaren Dingen in Bezug bringen. So veröffentlichte 1658 Comenius sein bereits → früher erwähntes Buch „Orbis Sensualium Pictus“ („Es ist aber nichts in dem Verstand, wo es nicht zuvor im Sinn gewesen … Die Beigabe von Bildern dient dazu, die Gemüter herbey zu locken.“). Der „Bilderduden“, offiziell das „Bildwörterbuch der deutschen Sprache“, erschien 1935 im Dudenverlag; das Werk enthält 348 erläuterte Bildtafeln zu Themenbereichen wie Mensch, Familie, Heim, Arbeit, Wissen, Glaube, Staat, Militär und Krieg, Wirtschaft, Verkehr, Tier, Pflanze, Erde und Weltall.

Handweber im Val d'Argent



Weber im elsässischen Val d'Argent (auch „Val de Lièpvre", dt. „Lebertal"); Kupferstich von Frédéric-Théodore Lix (1830 – '88).

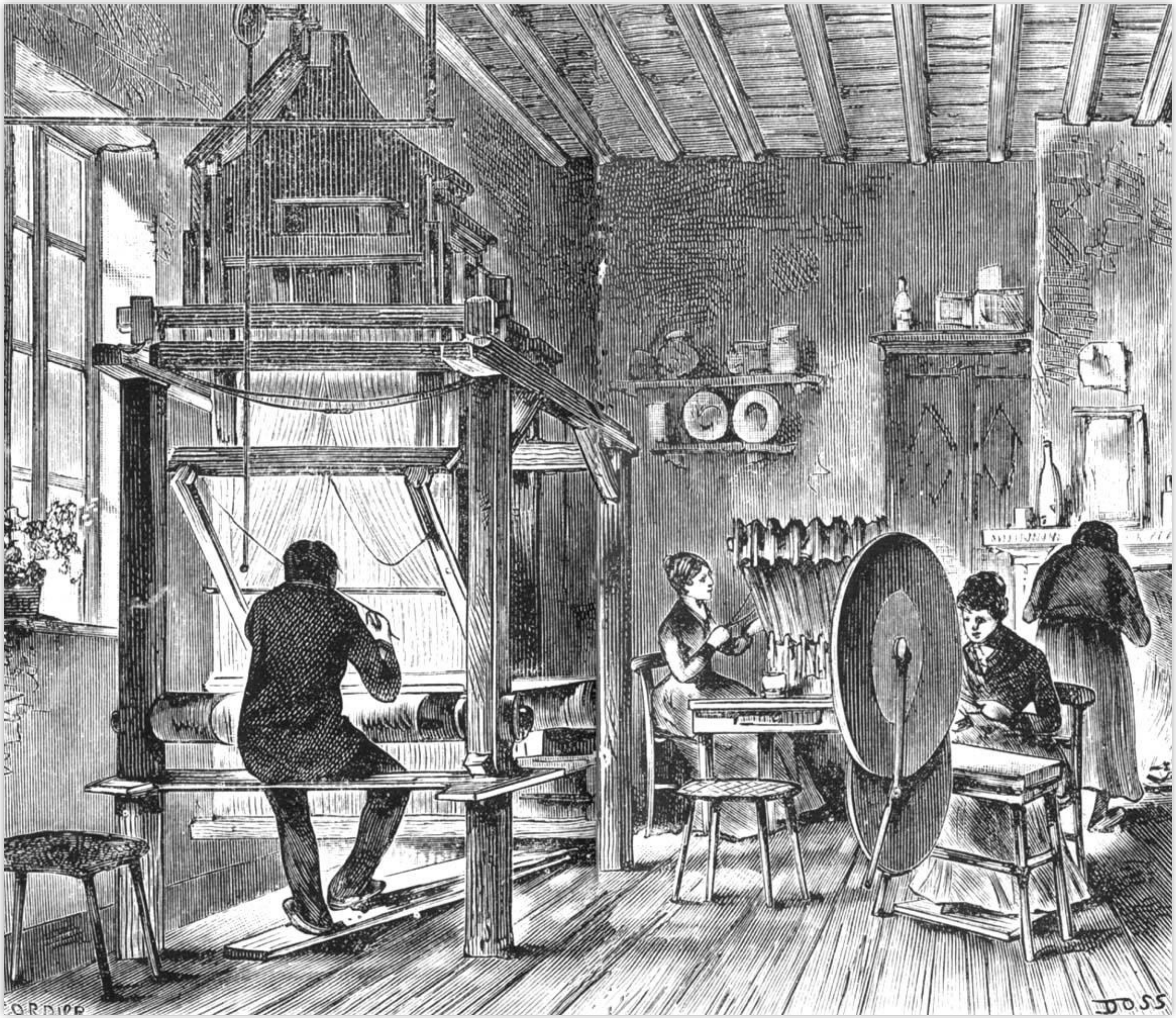
Durch das Val d'Argent lief jahrhundertelang die Sprachgrenze: Rechts des Talflusses wurde von den evangelischen Anwohnern Elsässerdeutsch gesprochen, links war die Konfession katholisch, es wurde ein französischer (exakter: romanisch-lothringischer) Dialekt gesprochen.

Zu Beginn des 19. Jh. ersetzt die Textilindustrie die seit dem 10. Jh. existente Bergwerktätigkeit (u.a. Silber, Blei, Kupfer, Arsen, Antimon, Kobalt). Bauern arbeiteten saisonal in Heimarbeit am Webstuhl, die Frauen meist am Spinnrad.

Abbildung aus dem Buch „L'Alsace, le pays et ses habitants" von Charles Grad, 1889. Charles Grad (1842 – 1890, Gymnasium in Colmar, Ingenieursstudium an der École des Mines in Paris) war ein elsässischer Politiker. Das Elsass wurde als Folge des Deutsch-Französischen Kriegs 1871 deutsch; Grad verliess daraufhin das Elsass und wurde Professor an der Universität Nancy, kehrte aber 1873 in das Elsass zurück und wurde 1877 in Colmar als Abgeordneter für die Elsass-Lothringische Protestpartei in den deutschen Reichstag gewählt, dem er bis zu seinem frühen Tod durch Herzversagen im Alter von 47 Jahren, zuletzt fraktionslos, angehörte. Charles Grad betrieb vielfache geologisch-geographische Studien, veröffentlichte aber auch zu volkswirtschaftlichen Themen und war auswärtiges Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften.

Seidenweber in Lyon

Il n’est point exagéré de dire que presque toutes les branches des connaissances humaines sont mises à contribution par le travail de la soie. -- Léo Vignon.



In Lyon wurden, nach Ankunft kundiger Kriegsflüchtlinge aus Italien, ab dem 16. Jh. in grösserem Umfang Stoffe in Manufakturen oder in Heimarbeit gewoben; später vor allem Seidenstoffe. Im 19. Jh. stellten die Seidenweber („canuts“ genannt) ihre hohen Jacquard-Webstühle meist in den dafür geeigneten Häusern im Stadtviertel Croix-Rousse auf. Mitte des 19. Jh. beschäftigte die Stoffindustrie in Lyon und Umgebung rund 80 000 Personen (als Vergleich: 1829 zählte man in diesem Gebiet insgesamt 185 273 Einwohner).

Das Bild stammt aus dem 1890 erschienenen Fachbuch „La soie au point de vue scientifique et industriel“ des Chemikers Léo Vignon aus Lyon. Dieser war langjähriger Fabrikdirektor im Bereich synthetischer Farben, initiierte die Gründung der Lyoner „école de chimie industrielle“ und wurde 1896 Professor für angewandte Chemie an der Universität Lyon. Heute hat der Grossraum Lyon entlang der Rhone eine bedeutende Chemieindustrie („vallée de la chimie“, früher bescheidener „couloir de la chimie“); die Grundlage wurde Ende des 19. Jh. geschaffen, angestossen durch die Textilherstellung.

Power-Loom („Kraftstuhl")

Das Weben zu automatisieren war ein frühes Vorhaben der beginnenden Industrialisierung. Erste Bestrebungen gab es schon im 17. Jh., aber erst im ausgehenden 18. Jh. konnten praktikable Lösungen entwickelt werden, die im 19. Jh. perfektioniert wurden. Ziel war die körperliche Entlastung des Webers, in ökonomischer Hinsicht aber vor allem eine Steigerung der Produktivität. Vorbild waren die Spinnereien; das Spinnen war allerdings einfacher zu automatisieren als das Weben, die bekannte „Spinning Jenny" (ab ca. 1765) konnte aus Holz gefertigt werden und durch menschliche Muskelkraft angetrieben werden. Wir zitieren aus dem „Handwörterbuch der Textilkunde aller Zeiten und Völker für Studierende, Fabrikanten, Kaufleute, Sammler und Zeichner der Gewebe, Stickereien, Spitzen, Teppiche und dergl., sowie für Schule und Haus" von 1904:

„Mechanische Weberei (power-loom weaving): […] Im engeren Sinne bezeichnet man damit das Weben mit Hilfe von selbsttätig arbeitenden Webstühlen, mechanischen Webstühlen oder Kraftstühlen (power-loom). Der mechanische Webstuhl besteht aus denselben Hauptteilen, wie der Handwebstuhl; nur ist alles von Eisen, der grösseren Kräfte wegen, die hier zur Anwendung kommen. Der Antrieb des mechanischen Webstuhls geschieht durch eine in der Mitte des Stuhlgestells drehbar gelagerte Welle (Hauptwelle), die an ihrem ausserhalb des Stuhles liegenden Ende eine feste und eine lose Scheibe trägt. Unter der Hauptwelle, durch Zahnräder mit ihr verbunden ist eine zweite Welle angebracht, auf die so viele Exzenterscheiben aufgesetzt werden, als Tritte für die Bewegung der Schäfte vorhanden sind. Bei jeder Umdrehung der Welle drücken die Exzenter genau wie die Füsse des Webers die Tritte nach unten, wodurch die in ähnlicher Weise befestigten und geschnürten Schäfte gehoben bzw. gesenkt werden."

Es ging beim power-loom also um einem Antrieb durch eine Kraftmaschine („Motor"), welche die menschliche Muskelkraft ersetzt, und darum, die verschiedenen Bewegungen, welche der Handweber zu vollziehen hat (Schaft- und Ladenbewegung und Schützenwurf), auf mechanische Weise auszuführen. Allerdings mussten noch einige wichtigen Nebenbedingungen erfüllt werden, bevor die power-looms praxistauglich wurden. Dazu gehört der Erhalt der gleichmässigen Spannung der Kettfäden, die Aufwicklung des Gewebes nach jedem Schuss sowie die Selbstabstellung des Mechanismus bei Ausbleiben des Schussfadens („Schusswächter") und bei Steckenbleiben eines Schützen im Fach („Schützenwächter"). Derartige sensorische Steueraufgaben rein mechanisch zu erfüllen, war seinerzeit eine grosse Herausforderung.

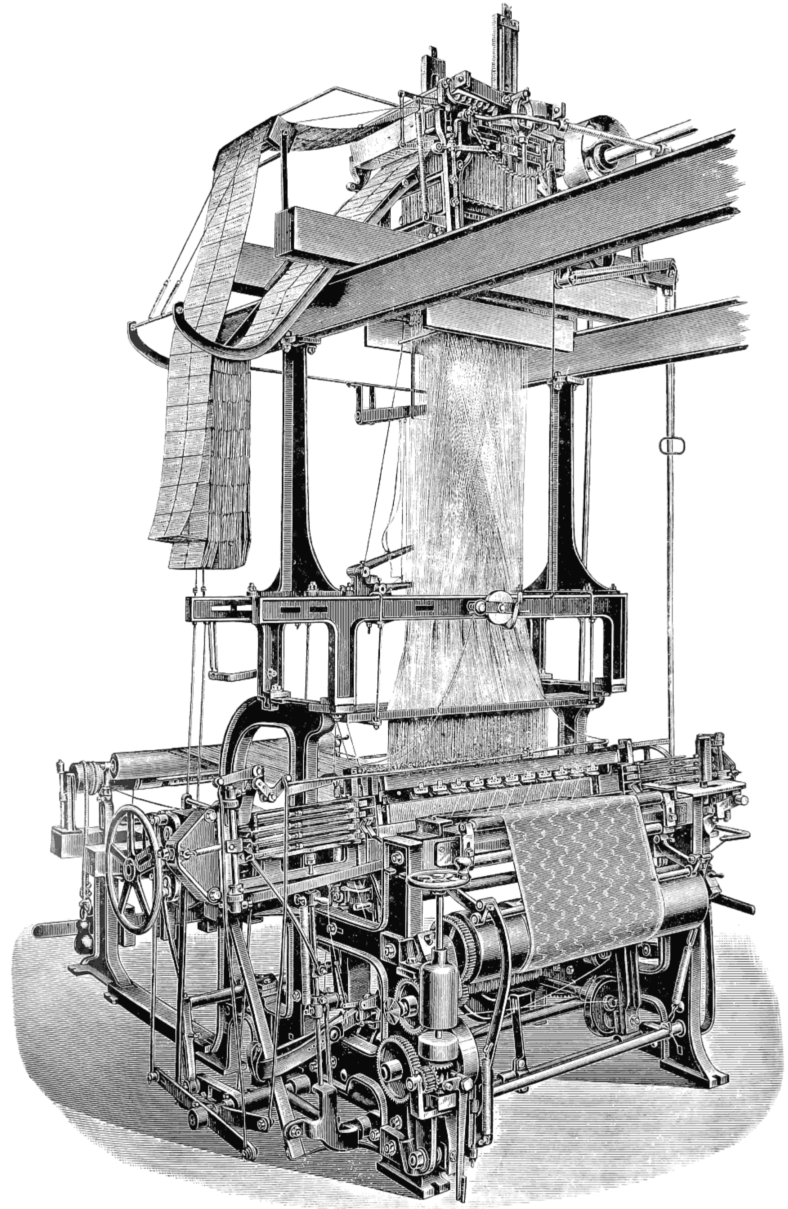
Den Webern blieb im Wesentlichen nur die Aufsicht über das Funktionieren des Webstuhls, das Auswechseln leergelaufener Fadenspulen sowie die Beseitigung von Fehlern. Durch den power-loom wurden viele Arbeitsplätze vernichtet; als Folge kam es zu sozialen Unruhen bei den Textilarbeitern, Maschinenstürmereien und Zerstörung von Webstühlen.

Power-Loom (2)

“The Mechanization of the Loom”, Ciba Rev. 16, 558 – 566, 1938; gekürzter Auszug

Gustav Schäfer erzählt auf unterhaltsame Weise die Geschichte, wie ein Dichter und „Doctor Divinitatis“ eher unabsichtlich den ersten praktikablen mechanischen Webstuhl erfand:

Edmund Cartwright (1743 –1823) was a theologian and something of a poet, and knew nothing about weaving, as he stated himself. It was due to his liking for mechanical problems and his perseverance and energy that he became the inventor of the mechanical loom. […] In the summer of 1784 he was present during a conversation between textile manufacturers from Manchester. One of the latter maintained that when Arkwright’s patent expired so many mechanical spinning mills would be set up that the thread could never be absorbed by the weavers. Cartwright denied that, and maintained that it would be Arkwright’s place to provide a mechanical loom. Experts declared such a thing to be impossible, whereupon Cartwright rejoined that he had recently seen an automaton in London which actually played chess, and that it should not be more difficult to reproduce the simple process of weaving than that of playing chess. […] Cartwright set to work, and began to ponder the process of weaving, which he divided into three simple movements. His plans were carried out by a carpenter and a blacksmith, and he soon produced a loom, upon which cloth really could be woven, though considerable time and power were expended in the process. Only then did he begin to study practical weaving and the looms of the period, which inspired him



www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/14577494960/

Seidenbrochier-Webstuhl mit Jacquardaufsatz der Sächsischen Maschinenfabrik Chemnitz.

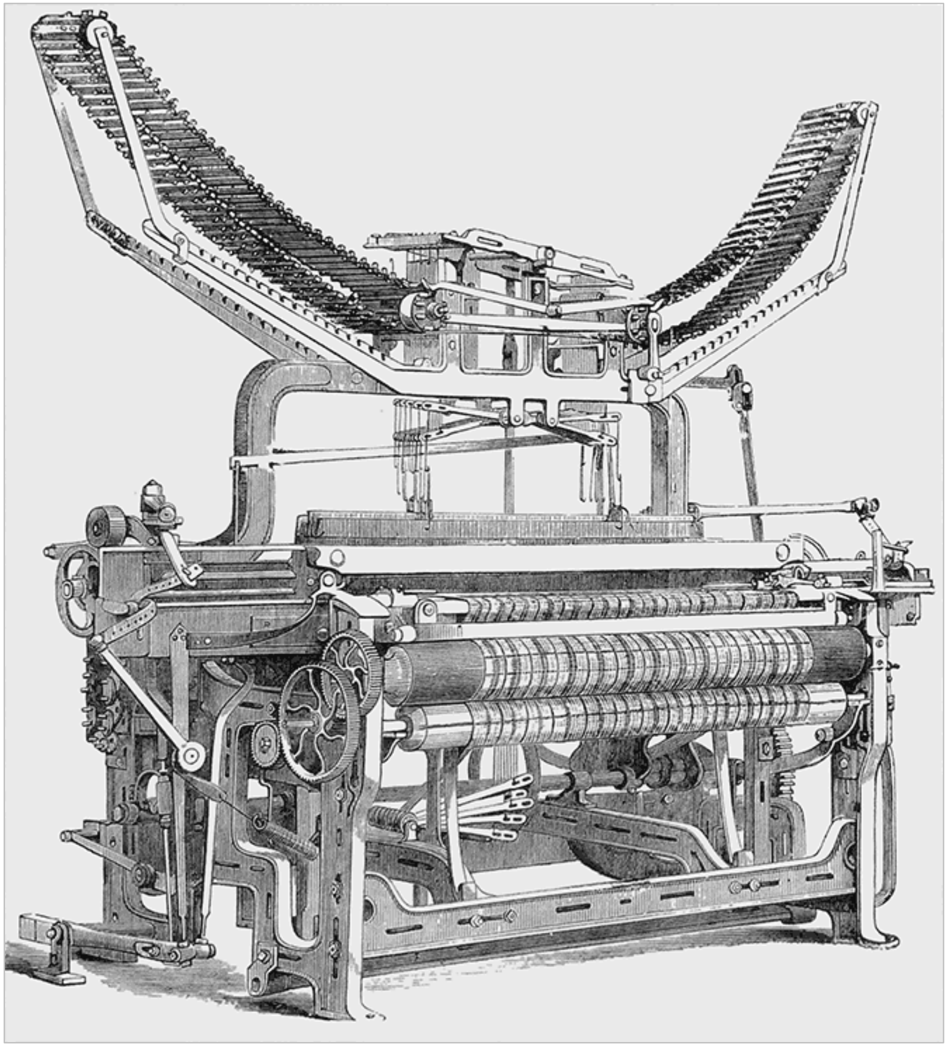
Power-Loom (3)

“The Mechanization of the Loom”, Ciba Rev. 16, 558 – 566, 1938; gekürzter Auszug

to various improvements of his original model. After two years of hard work, he produced the loom specified in the patent of 1786. Shedding, picking, and beating-up are mechanized by a system of cog-wheels, worm-gears, etc., into one homogeneous motion. A device for stopping the loom in case of warp or weft breaking made it possible to turn the mechanical loom to practical account. Soon Cartwright himself had 19 power-looms running. Power was first supplied by an ox harnessed to a capstan, later by a steam-engine. […] After the expiration of the patents, the invention passed into the hands of energetic businessmen, and it was soon installed everywhere. In 1809 Parliament voted the inventor a grant of £ 10000.

When the Jacquard machine was fitted to the power-loom of Cartwright, it inaugurated the age of the entirely automatic loom.

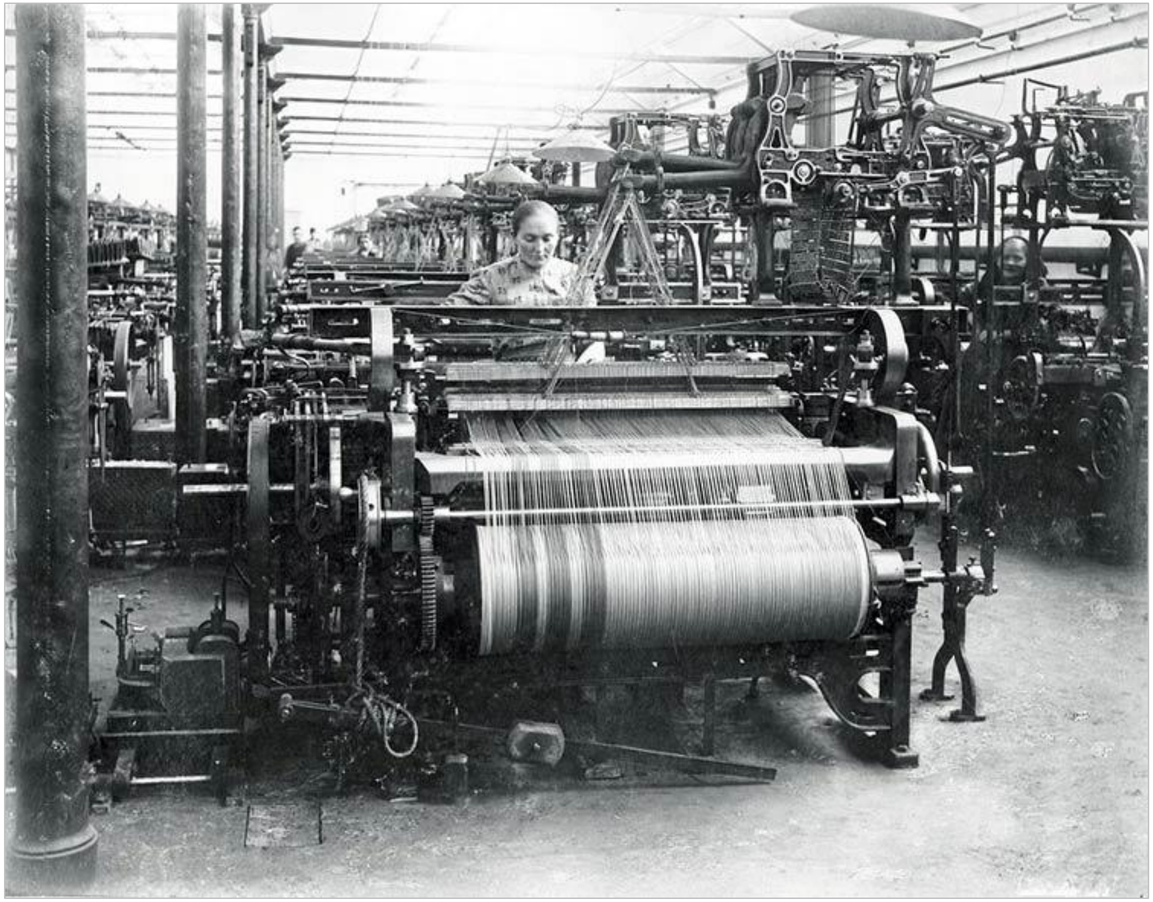
The saving of time and labour made possible by the introduction of mechanical looms is illustrated by the following figures. A good weaver of 25 – 30 years working a hand-loom could produce two pieces of 9/8 shirting per week, each piece 24 yards long. In 1823 a boy of 15 could tend two steam-looms producing seven pieces in the same time; and in 1833 a boy working four looms with the help of a girl of 12 could turn out 18 – 20 lengths per week.



https://i.etsystatic.com/11246694/r/il/d955a8/1353812607/il_fullxfull.1353812607_lw2l.jpg

Ein “power-loom” der Firma Butterworth and Dickinson, Lancashire, England. “Known as ‘Butts and Dicks’, the company made looms that were exported around the world.” [Wikipedia] Es handelt sich um einen Webstuhl mit “Dobby-Aufsatz”, mit dem verschiedene Schäfte gesteuert werden können – weniger flexible als ein Jacquard-Mechanismus, für einfache Muster aber ausreichend, um den „drawboy“ (daher “dobby”) zu ersetzen.

Power-Loom (4)



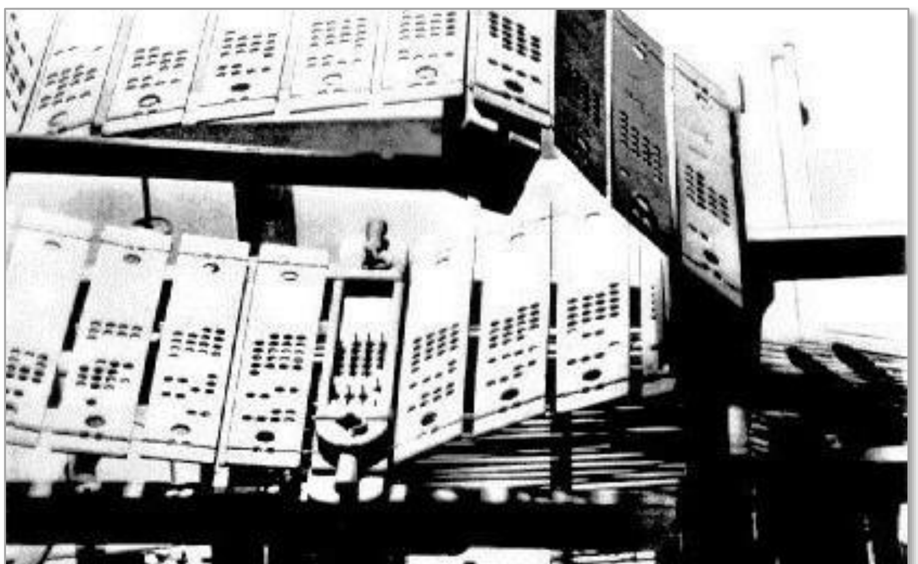
http://images.vogel.de/vogelonline/bdb/1519000/1519083/original.jpg

Bereits 1895 stattete die Spinnerei C. G. Hoffmann in Sachsen Webstühle einzeln mit Elektromotoren aus: Ein kleiner Gleichstrommotor trieb über Transmissionsriemen den gesamten Webstuhl an. Zuvor wurden die power-looms an eine zentrale Welle angekoppelt, die für alle Maschinen einer Halle Energie als „Drehkraft“ zur Verfügung stellte, welche von einer Dampfmaschine oder einem Wasserrad erzeugt wurde.

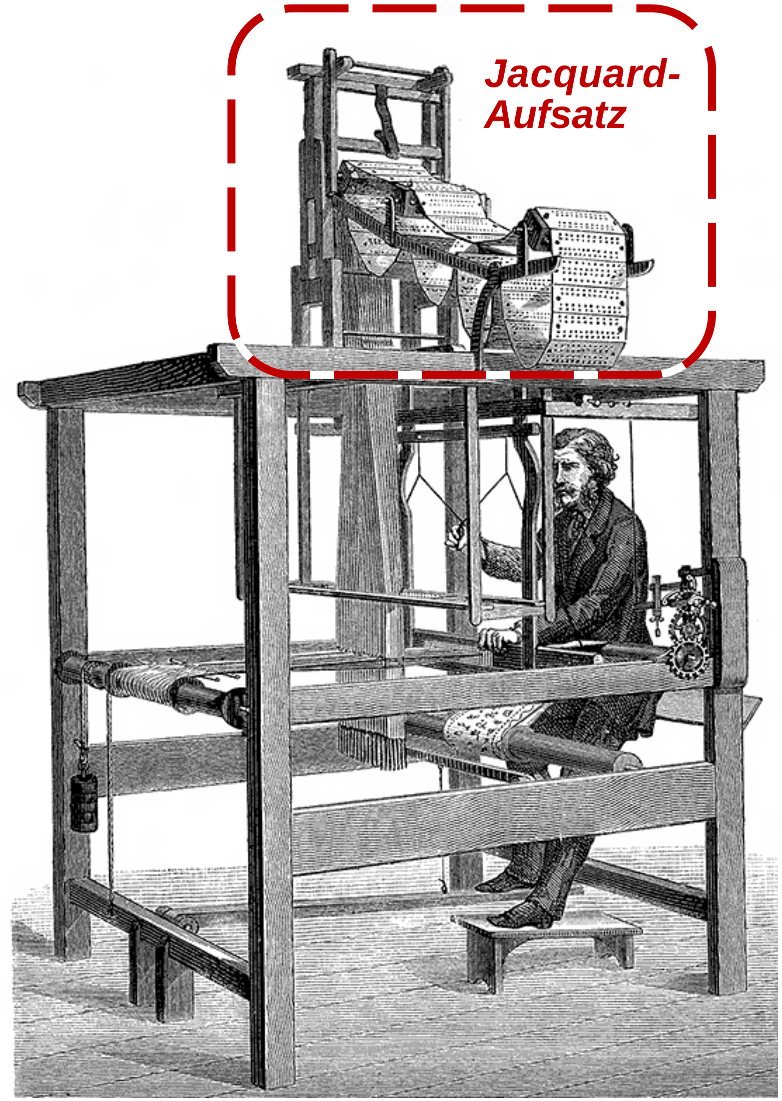
1891 schrieb S. N. D. (Simon Newton Dexter) North (seinerzeit Sekretär der amerikanischen National Association of Wool Manufacturers und später Direktor des US Census Office) in Popular Science Monthly: “The power-loom, as today constructed and used, is unquestionably one of the most perfect, as it is one of the most complicated, of human inventions. These looms, with the aid of the Jacquard attachment, have enlarged the field of art in woolen fabrics, so that it now presents a limitless opportunity for the play of genius. […] Mechanical weaving has now reached a perfection that the hand-loom can not attain. There is greater regularity in the product, less waste of material, and great saving of labor – one weaver in the lighter fabrics easily attending to two or three looms. The power loom is worked without muscular effort, dexterity in the repairing of broken yarns being the chief requirement of the operatives. Consequently, women have almost universally superseded men in its operation.”

Programmgesteuerter Webstuhl

Joseph Marie Jacquard konstruiert 1801 in Lyon eine Ablaufsteuerung für mechanische Webstühle mit Lochkartenbändern. Die Maschine stiess auf erbitterten Widerstand der Seidenweber, die um ihre Arbeit fürchteten; 1806 findet in Lyon auf Befehl des Zunftmeisters eine öffentliche „Hinrichtung“ eines Jacquard-Webstuhl statt, der zerschlagen und verbrannt wird, Jacquard selbst wird tätlich angegriffen. 1812 gab es bereits 11000 solche automatisierten Webstühle in Frankreich, er verbreitete sich dann rasch über England in andere Länder. C. Babbage liess sich bei seinen automatischen Rechenmaschinen durch Jacquards Erfindung inspirieren.



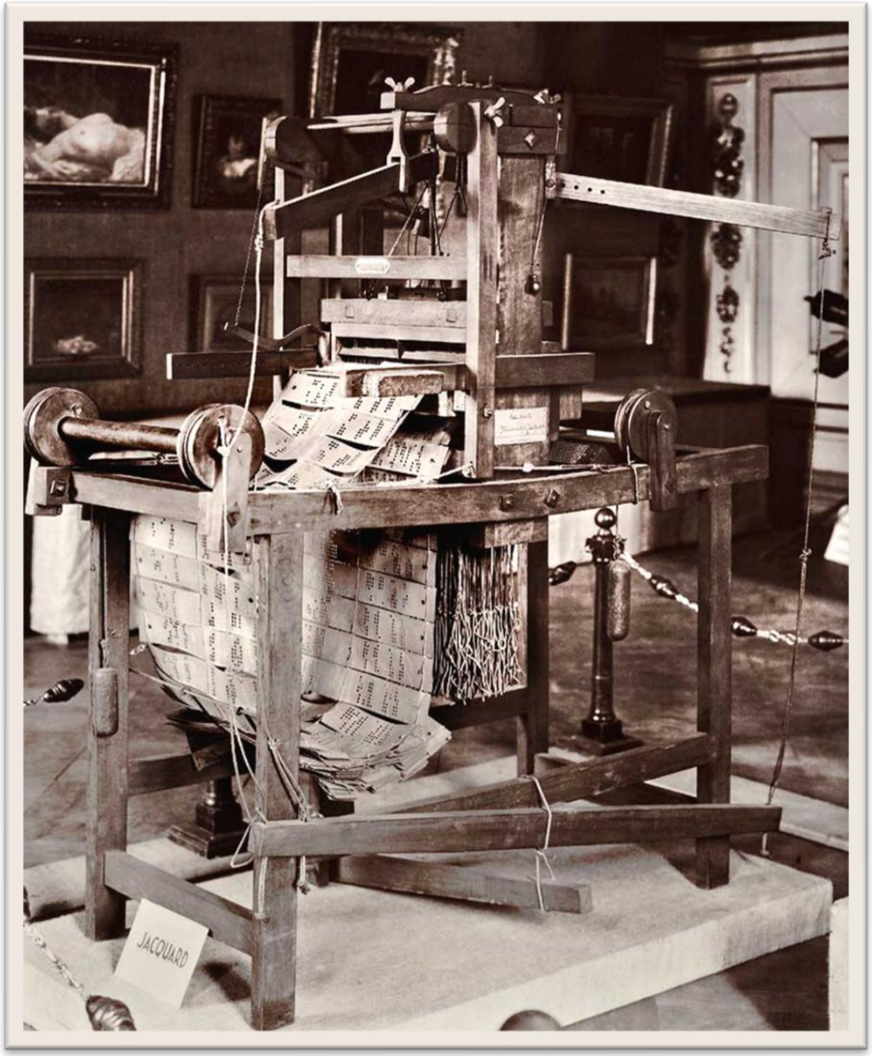
http://jaimeluna.angelfire.com/Images/telar_de_jacquard1.jpg



http://history-computer.com/Dreamers/images/jacquard-loom1.jpg

Bild von 1874 (Encyclopaedia Britannica)

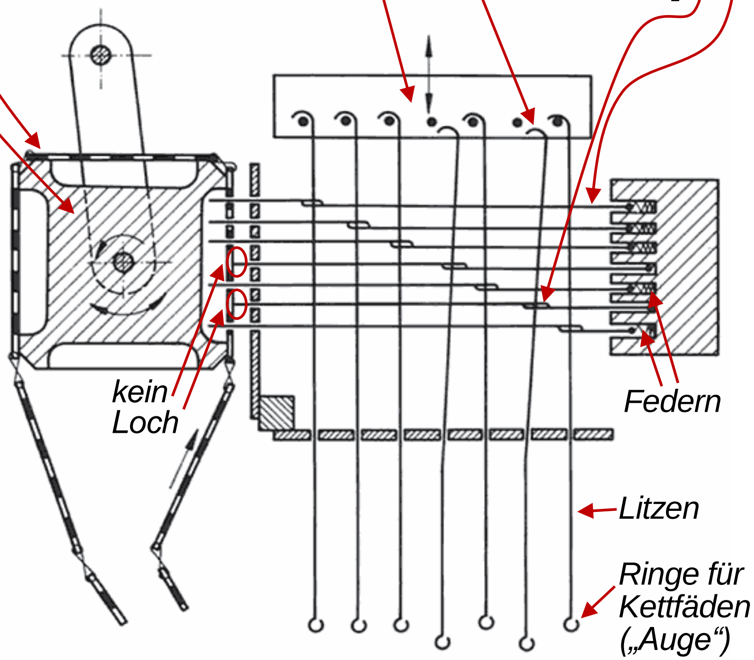
Der lochkartengesteuerte Jacquard-Webstuhl



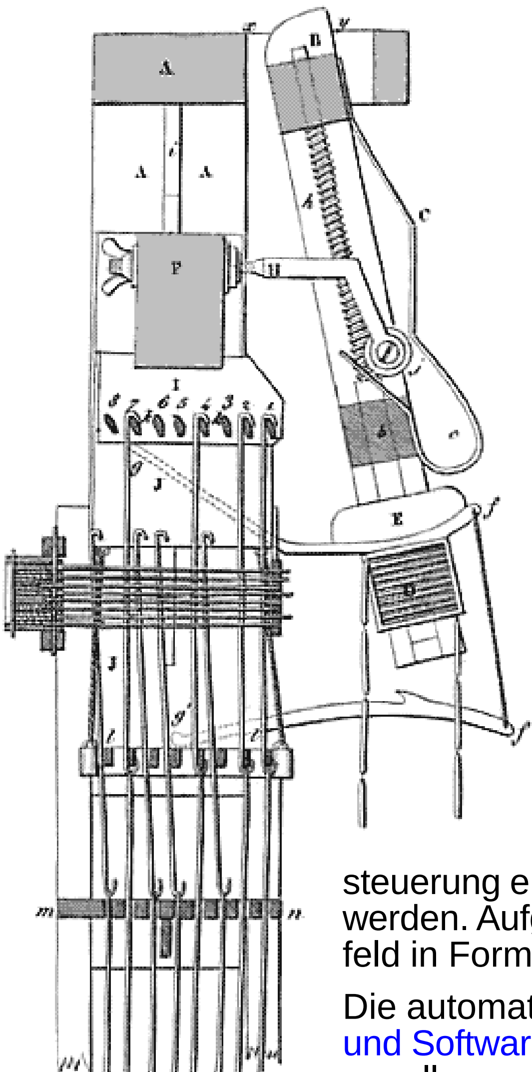
https://numelyo.bm-lyon.fr/BML:BML_01ICO001014cd154d6af73a

Jacquard-Webstuhl; ein früher Nachbau eines Exemplars von Joseph-Marie Jacquard selbst.

„Waagrechte, gefedert gelagerte *Stifte* werden durch die von der vierkantigen *Trommel* transportierten und angedrückten *Lochkarten* zurückgedrückt, falls sie keine Lochung treffen, und nehmen in ihrer *Öse* die senkrechten *Haken* mit; der danach aufwärts gezogene *Bügel* nimmt nur die nicht derart ausgelösten Haken mit nach oben und zieht so das der Lochung entsprechende Muster von Kettfäden". [W. de Beauclair: Rechnen mit Maschinen, 1968.]



Der Jacquard-Mechanismus



Jacquard hat das Steuerungsprinzip des „automatischen“ Webstuhls nicht ganz neu erfunden, sondern nutzte frühere Mechanismen, die er allerdings ganz wesentlich verbesserte, sodass sie dann tatsächlich produktiv mit grosser ökonomischer Wirkung eingesetzt werden konnten. Jacquard übernahm etwa Ideen von österreichischen Webstühlen, die durch Nockenwalzen gesteuert wurden, vor allem aber beruhte seine Steuerung auf Erfindungen von Basile Bouchon (1725), der bereits mit gelochten Papierbändern experimentierte („ouvrier lyonnais et fils d’un fabricant d’orgues, il adapte ainsi le concept des mécanismes d’horlogerie utilisés dans les boîtes à musique à la tâche répétitive du tissage“), sowie von dessen Assistenten Jean-Baptiste Falcon (1728), der den Mechanismus fortentwickelte, und vor allem von Jacques Vaucanson (1740), Automatenkonstrukteur und Chefinspekteur der französischen Seidenmanufakturen, dessen automatischen Webstuhl er zerlegte und mittels „reverse engineering“ studierte.

Das Hauptproblem, mit dem sich alle diese Ingenieure und Erfinder herumschlugen, war die mechanische Verstärkung einer kleinen und schwachen Bewegung, die beim Abtasten der Lochkarte entsteht, in eine grosse und kräftige Bewegung, mit der ein gespannter Kettfaden schnell gehoben werden kann. Beim mechanischen Abtasten sollte nur eine sehr kleine Kraft wirken, damit die Karten aus Papier oder Karton nicht abgenutzt oder gar beschädigt werden. Ferner sollte der Mechanismus kompakt sein (es sollten einige zig oder gar einige hundert Kettfäden gleichzeitig gesteuert werden) und natürlich schnell und fehlerfrei funktionieren. Jacquards Prinzip der ausgelenkten Haken, an denen die Litzen befestigt sind, hat sich bewährt und wird meist noch heute angewendet – auch wenn nun Elektromagnete die Federn ersetzen und statt des Lochkartenmechanismus eine digitale Softwaresteuerung eingesetzt wird, womit Geschwindigkeiten von über 10 Schuss pro Sekunde erreicht werden. Aufgrund der dabei wirkenden Kräfte werden Jacquard-Webstühle im industriellen Umfeld in Form massiver Stahlrahmen ausgeführt.

Die automatische Kettfadensteuerung, später dann der Ersatz der Lochkarten durch Elektronik und Software, haben den Herstellungsprozess enorm beschleunigt und störungsfreier gestaltet, vor allem sanken die Vorbereitungs- und Maschinenrüstzeiten stark. Dies erlaubt es, nun auch Kleinserien und sogar Einzelfertigungen von wenigen Metern Stoff ökonomisch durchzuführen.

Der Jacquard-Mechanismus (2)

Wesentlich am Jacquard-Prinzip war, dass nun durch eine „Schaftmaschine“ jeder Kettfaden (für jeden Schuss) individuell angesteuert werden konnte. Der Steuerungsmechanismus eines Jacquard-Webstuhls befand sich in einem „Jacquard-Aufsatz“ über dem eigentlichen Webstuhl; die beiden Teile konnten auch von unterschiedlichen Herstellern stammen.

Bei den Heimarbeitern im Appenzell wurden oft die Deckenbalken der Zimmer ausgesägt, um den Aufsatz unterzubringen; in Lyon wurden neue Häuser mit extra hohen Räumen dafür gebaut.

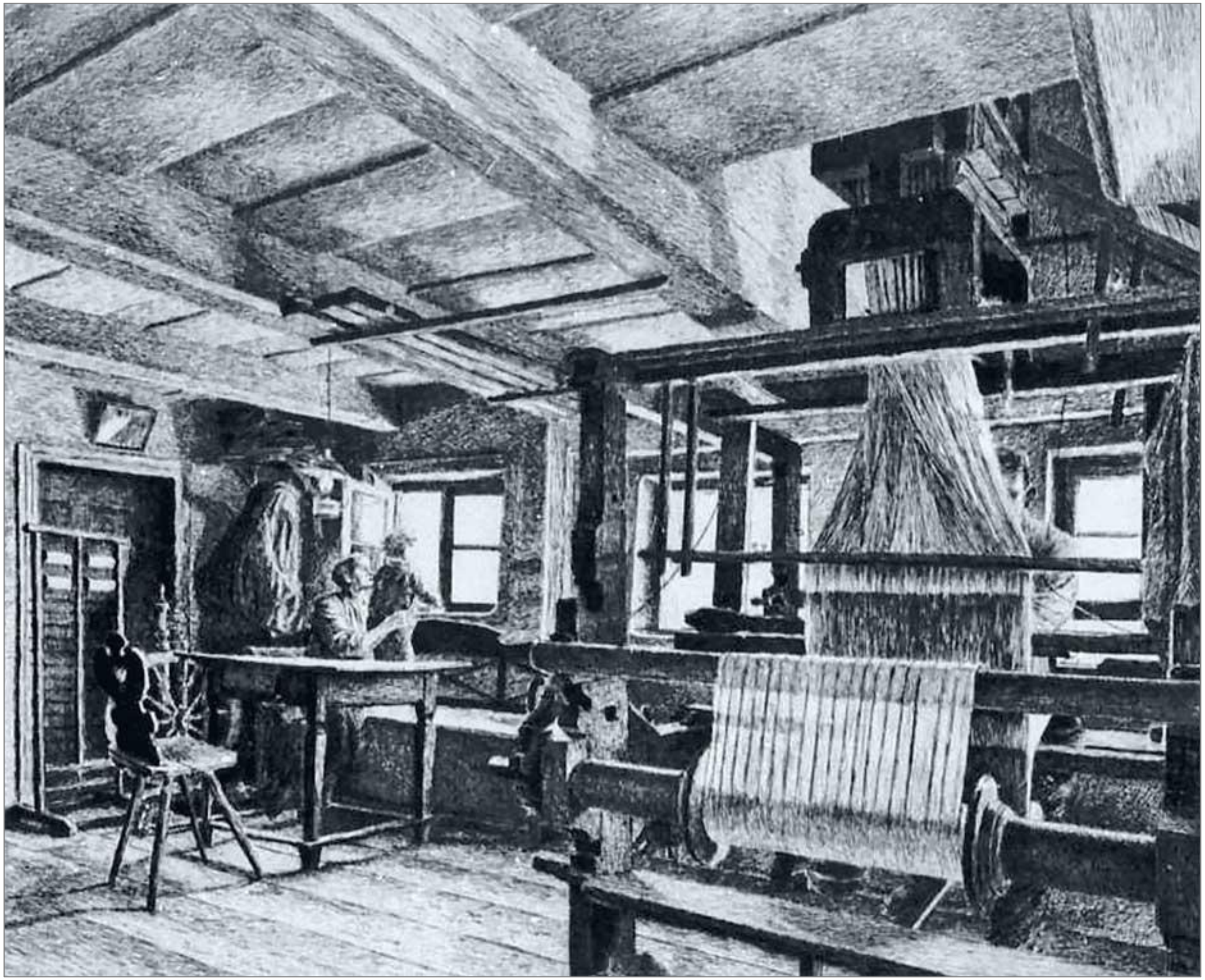
Hier im Bild ein massiver aus Metall gefertigter Jacquard-Aufsatz von Devoge and Co. aus Manchester, welcher für den industriellen Einsatz in Textilfabriken geeignet war.

Neben Dampfmaschinen und Lokomotiven waren Maschinen der Textilproduktion ein wichtiges Anwendungsgebiet und ein Treiber des Maschinenbaus im beginnenden Industriezeitalter; hier konnten Tüftler, Erfinder und Ingenieure ihre Kunst beweisen und zum wirtschaftlichen Erfolg der Maschinenbaufirma als auch dem anwendenden Betrieb beitragen.

Heimweber mit Jacquard-Webstuhl

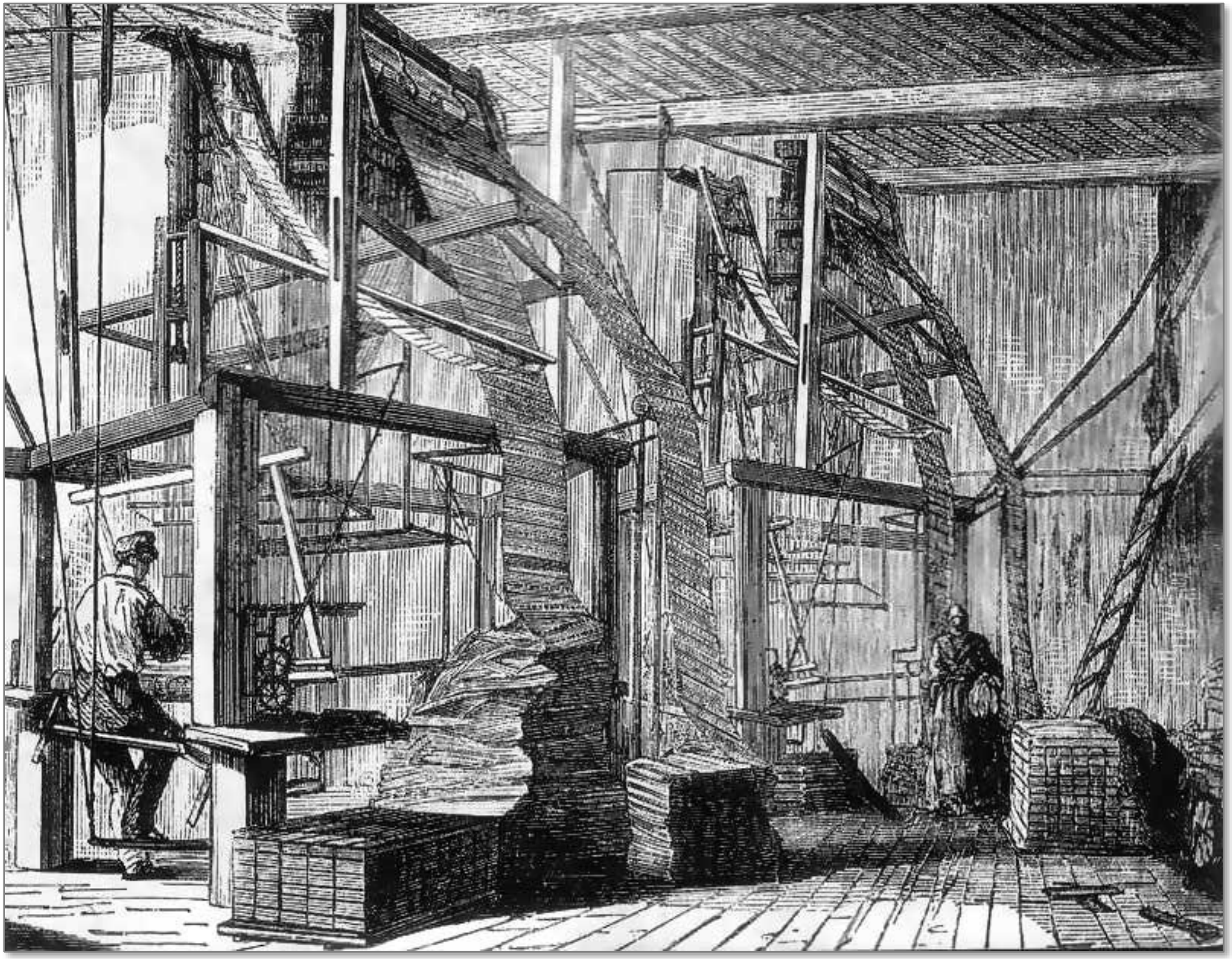
Die Automatisierung mit ihrem Gewinn an Produktivität und Qualität hatte auch ihren Preis: Auf dieser Radierung einer Szene aus dem Sudetenland von Erich Fuchs ist schön zu erkennen, wie in den oft niedrigen Webstuben für den Jacquard-Aufsatz ein Loch in die Decke gesägt werden musste – oft zulasten des Wohnraums.

Erich Fuchs (1890 – 1983) hat als Heimatmaler des Riesengebirges eine Serie von Radierungen angefertigt, die die einzelnen Arbeitsabläufe bei der vorindustriellen heimischen Textilproduktion illustrieren. Generell interessierte er sich für die austerbenden Berufe, Bräuche und Trachten des Riesengebirges und wanderte mit einem Skizzenbuch durch Landschaft und Orte. Im Zuge der Vertreibung der Deutschen musste 1948 auch Fuchs aussiedeln.



www.bildindex.de/document/obj20741143

Webstühle mit Lochkarten-Steuerung



← *Weben mit Jacquard-Webstühlen in den 1840er-Jahren.*

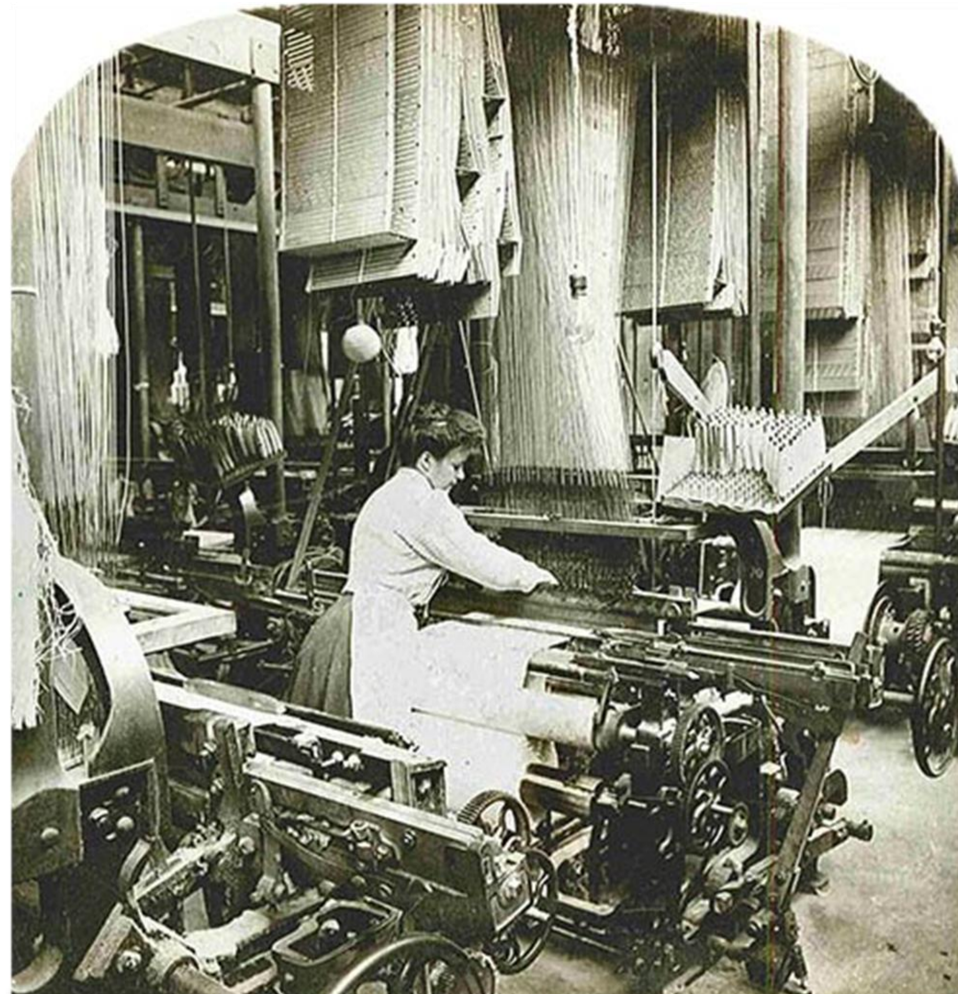
Abbildung aus: A. J. Kieser: Sketches from the History of the Textile Industry: Jacquard. The Melliand, 1(2), May 1929, 230-234

Die Produktion von Textilien erfolgt so bereits „in grösserem Rahmen"; der Antrieb fand jedoch noch manuell (über Pedale) statt, und der Weber muss den Schussfaden ständig mit dem Schiffchen durch das Fach der gespreizten Kettfäden ziehen.

In späteren Jahren kommt es noch zu weiteren Automatisierungen, die die Industrialisierung befördern. →

Webstühle mit Lochkarten-Steuerung (2)

https://lochkarte1.files.wordpress.com/2015/06/2647169200_d14afb0df7_o.jpg

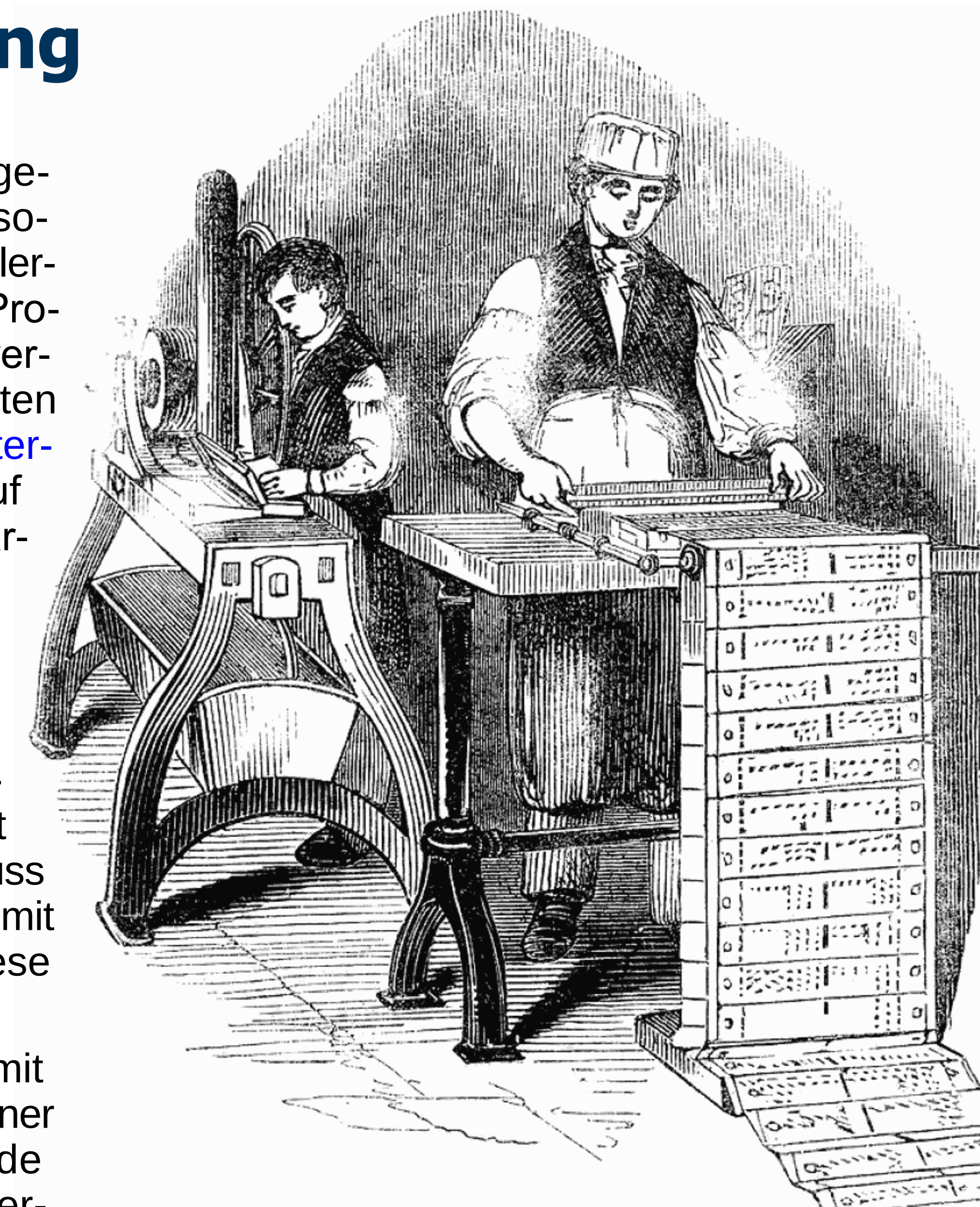


http://people.duke.edu/~ng46/collections/jacquard-keystone-20932-8-left.jpg

↑ *Textilproduktion in Montreal, frühes 20. Jahrhundert.*

↑ *Detail eines 1939 von der „Sächsischen Webstuhlfabrik Louis Schönherr“ in Chemnitz gefertigten Jacquard-Webstuhls; noch kurz vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs wurde die Maschine an die norwegische Sjøllingstad Uldvarefabrik geliefert. Programme komplexer Muster konnten aus mehreren hundert Lochkarten bestehen.*

Lochkartenanfertigung



www.popmech.ru/technologies/12195-tkatskiy-stanok-pradedushka-kompyuterov-programma/

Ein Jacquard-Webstuhl kann programmgesteuert schnell (und im Prinzip fehlerfrei sowie in repetitiver Weise) Muster weben. Allerdings muss dazu zuvor das Muster als „Programm“ auf die Lochkarten übertragen werden. Dies war die Aufgabe der sogenannten „Kartenschläger“. Sie erhielten vom Musterzeichner („Patroneur“) eine Zeichnung auf kariertem Papier (die „Patrone“), das in starker Vergrösserung die einzelnen „Pixel“ des gerasterten Motivs (als Verflechtung der Ketten- und Schussfäden) darstellte.

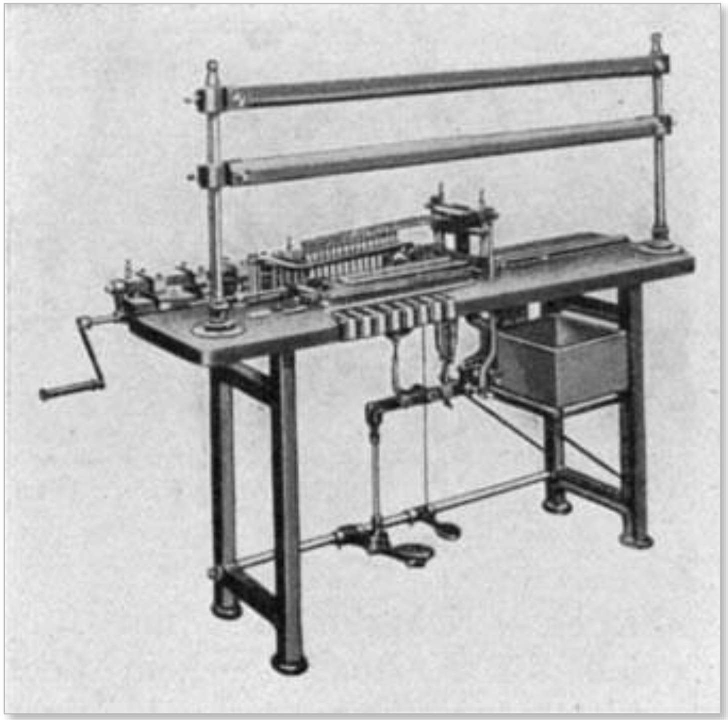
Pro Schuss (also pro Zeile des Musters) war i.W. eine eigene Lochkarte anzufertigen. Wenn die Kette am Kreuzungspunkt gehoben werden soll, also über dem Schuss liegen soll, dann ist in das Feld im Muster mit Farbe ausgefüllt; in diesem Fall ist für diese Stelle kein Loch in den Karton zu lochen.

Im Prinzip kann man die Löcher einzeln mit Hammer und Stanzmeissel (sowie metallener Lochplatte) anbringen, in der Regel wurde hierfür jedoch eine spezielle Maschine ver-

Schlagen der Lochkarten

Jacquard stumbled upon a way to store data, much more data than textile patterns. -- Benjamin Rhodes

www.passementerie-verrier.com/uploads/images/9647_Mis-en-carte.jpg



Friedrich Bühring: Technologie der Textilfasern. Springer, 1933

„Diese Maschine kann nur genau passende Karten herstellen und kann sowohl von einem ungeübten Arbeiter oder Arbeiterin bedient werden, als auch von einem geübten Kartenschläger.“

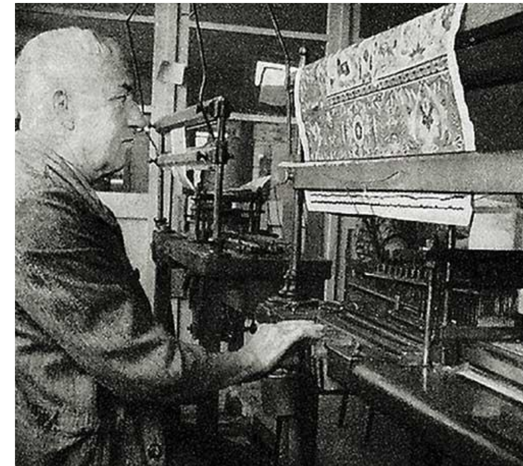
wendet (Tastenschlagmaschine oder Clavismaschine), wo eine Sequenz von (z.B. acht) Pixeln durch gleichzeitiges Drücken der klavierartigen Tasten mit mehreren Fingern eingegeben wird, was einzelne Schlagbolzen („Locheisen“ bzw. „Ausschlagstempel“) in Stellung bringt. Durch Betätigen eines Fusspedals oder Drehen einer Handkurbel wird dann das Schlagen der Bolzen ausgelöst, d.h., es werden alle betreffenden Kartenstellen gleichzeitig gelocht, danach wird der Schlitten mit der Karte so weiterbewegt, dass die nächste Lochsequenz gelocht werden kann. Die „Musterpatrone“ wird dabei in Augenhöhe des Kartenschlägers in einen Rahmen eingespannt oder auf Walzen aufgebracht und die aktuelle Zeile durch ein Leselineal markiert.

→ Interessantes Video dazu (3 Min., Haus der Seidenkultur): www.youtube.com/watch?v=_kabLlcT7EY

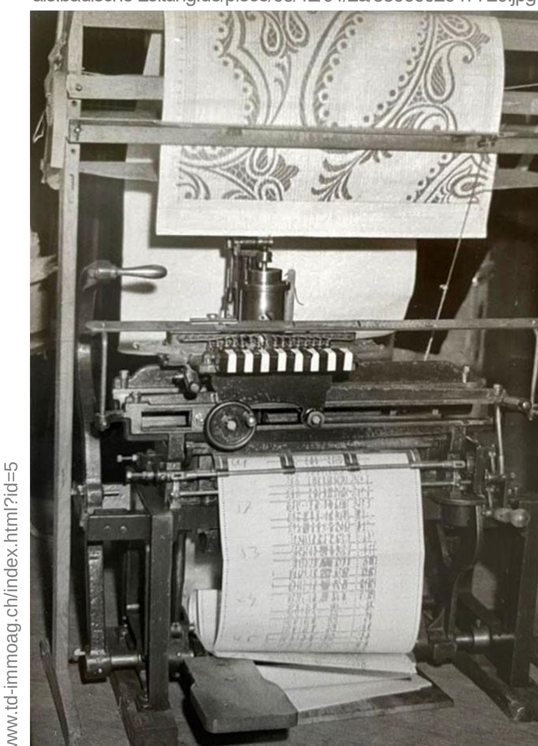
Schlagen der Lochkarten (2)

Das Wort „Patrone“ für die Mustervorlage ist dem franz. „Patron“ entlehnt; schon im Altfranzösischen hatte „Patron“, z.B. im Schneiderhandwerk, auch die Bedeutung „Modell“ oder „Muster“. Die Bedeutungsübertragung vom Lateinischen „patronus“, (väterlicher) Schutzherr, geht von der patriarchalen Vorstellung aus, dass der Familienvater Vorbild für Gestalt und Charakter des Sohnes ist. (Die Bedeutung „Musterform als Hülle für Pulverladungen“ entwickelte sich erst später, am Ende des 16. Jh.)

https://kids.kiddle.co/images/c/c5/PunchingJacquardCardPoland.jpg

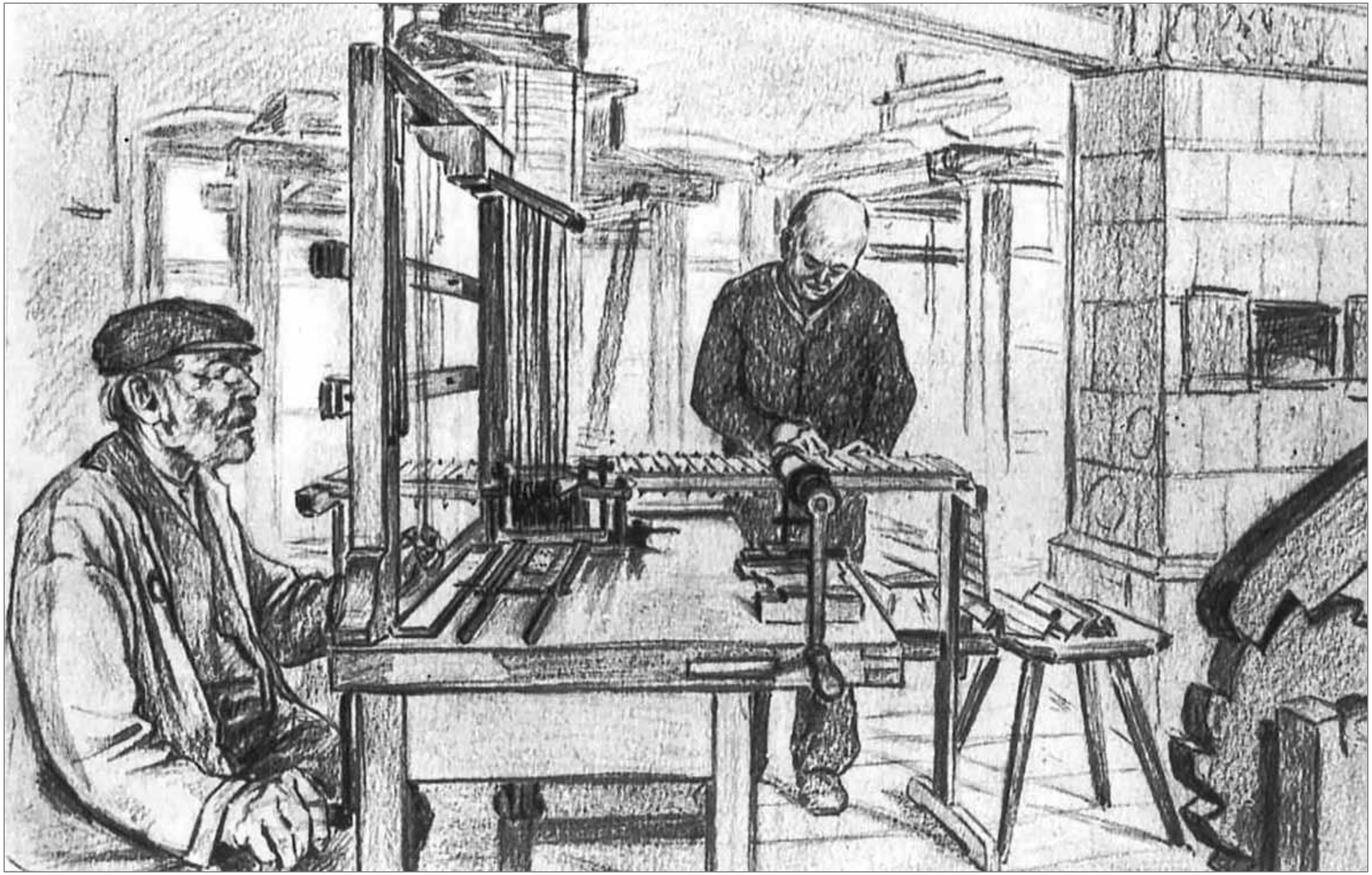


ais.badische-zeitung.de/piece/05/12/01/2a/85066026-h-720.jpg



www.td-immoag.ch/index.html?id=5

Schlagen und Binden der Lochkarten



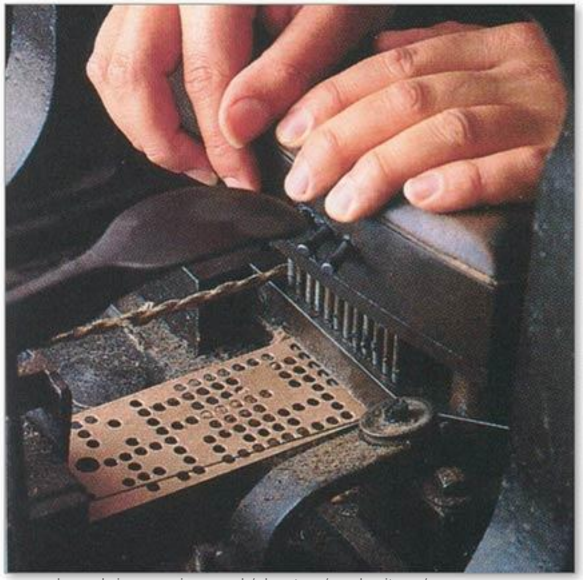
Vater und Sohn beim Schlagen und Binden von Lochkarten für den Jacquard-Webstuhl im Hintergrund; Bleistiftzeichnung (Ausschnitt) von Erich Fuchs, Heimatmaler des Riesengebirges. Vermutlich handelt es sich bei den Dargestellten um Willi und Julius Matzke aus Seidorf (heute Sosnówka), Landkreis Hirschberg.

Schlagen und Prüfen der Lochkarten


www.humphriesweaving.co.uk/about-us/our-heritage/


www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/jacquard-loom


https://digit.wdr.de/entries/15181

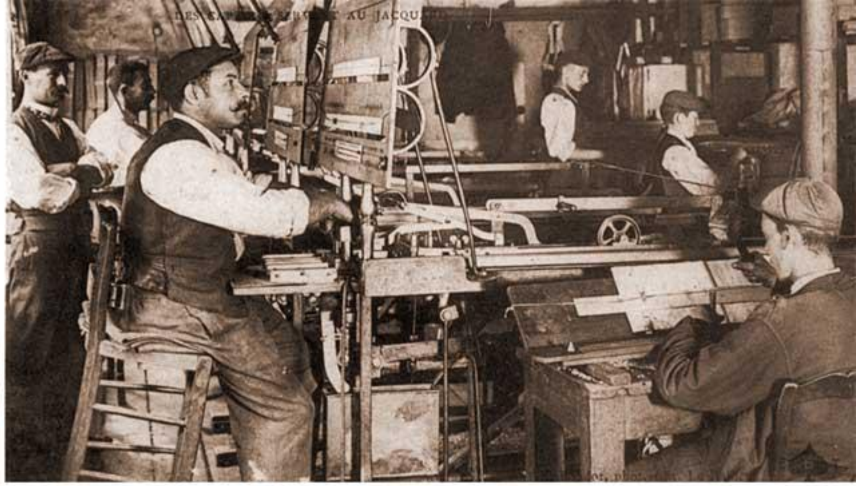

www.humphriesweaving.co.uk/about-us/our-heritage/

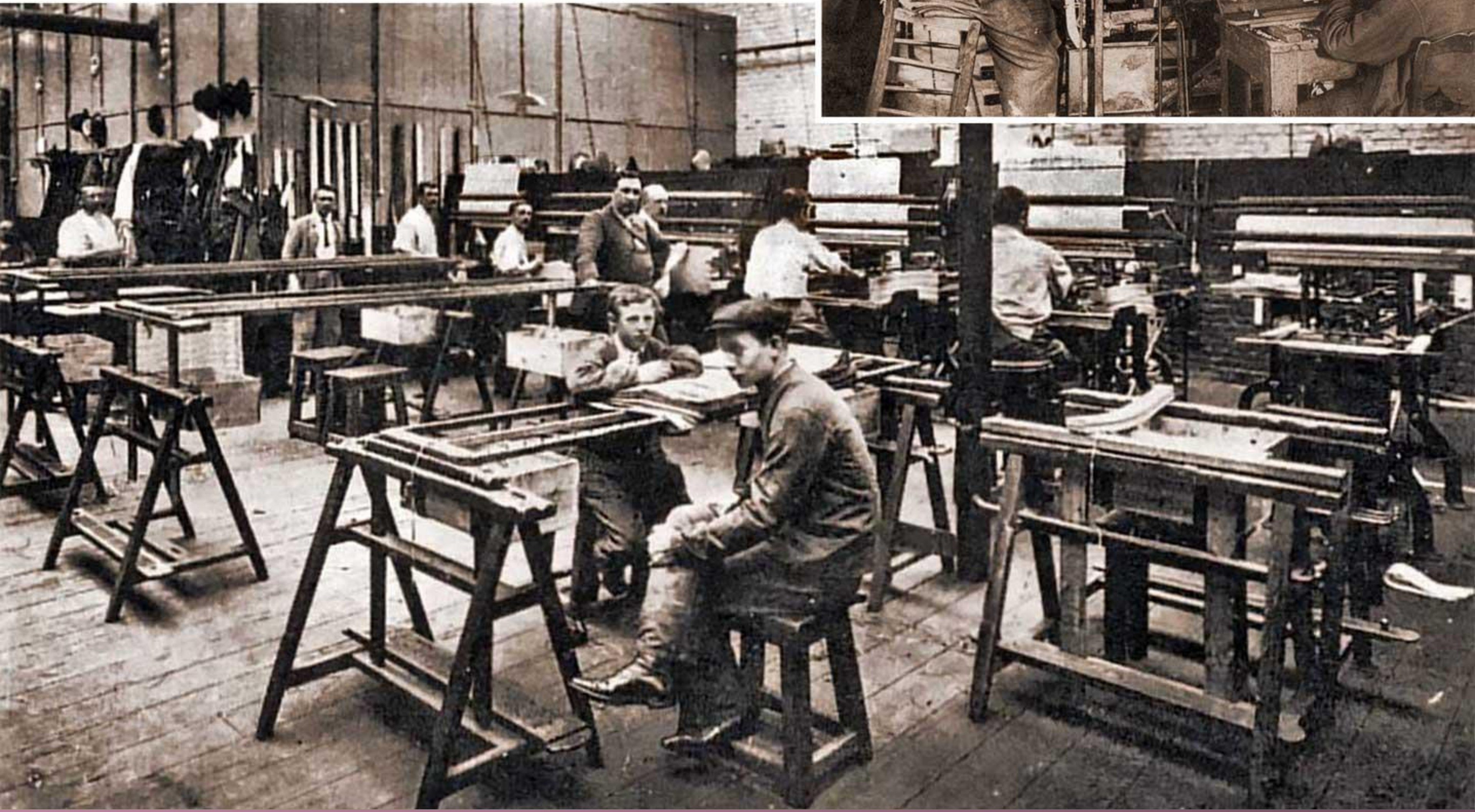

www.humphriesweaving.co.uk/about-us/our-heritage/


www.harlizius-klueck.de/infos/poster_wisstage.pdf

Heimlich und illegal wanderten zu Beginn des 19. Jh. Fabrikanten und Mechaniker – und mit ihnen auch die Kenntnisse und Patente zur industriellen Herstellung von Textilien – von Nottingham / England über den Kanal nach Calais / Frankreich. Die Bilder zeigen die Herstellung von Jacquard-Karten in einer Textilfabrik in Calais; unten im Vordergrund erkennt man Bänke zum Zusammenbinden der Lochkarten.

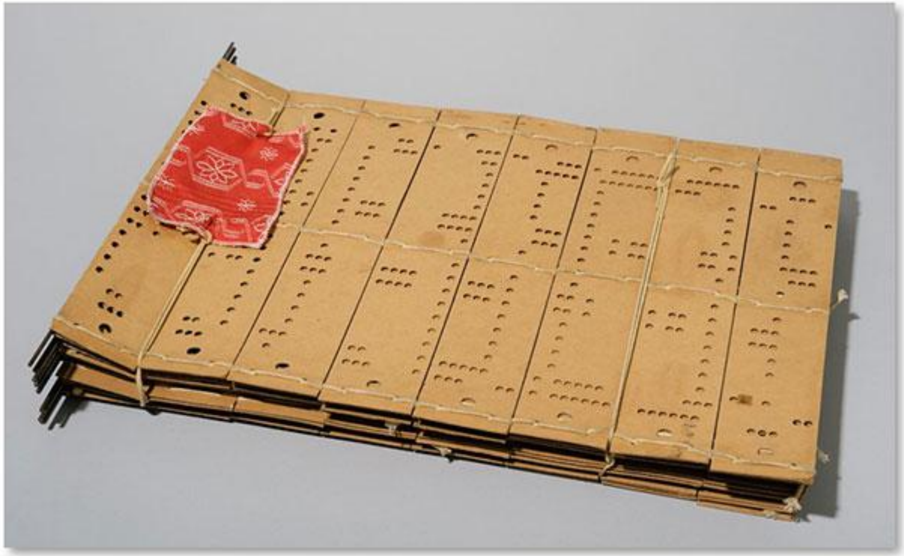
Bilder: http://calais-avant-hier.eklablog.com/histoire-de-la-dentelle-de-calais-c26071884

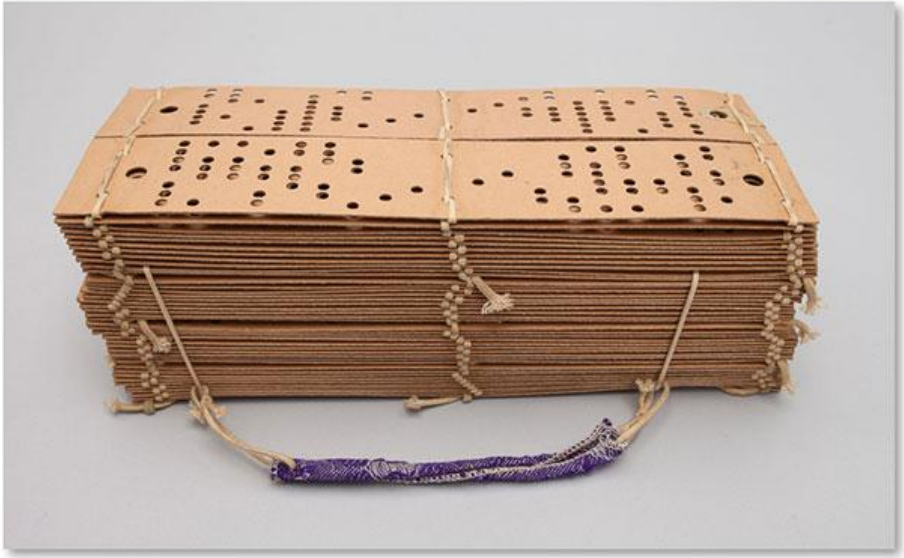




Web-Programme

Revival textile weavers were sometimes caught stealing the card chains, now considered an early version of software piracy. -- Benjamin Rhodes





Bildquelle: Museum of Applied Arts and Sciences (MAAS)

http://people.duke.edu/~ng46/collections/machine%20cards.jpg

Die Steuerungsmechanik mit den umlaufenden Lochkarten ist über dem Webrahmen angeordnet.

Zu Bändern zusammengenähte Lochkarten (ein „Kartenspiel“) repräsentieren ein „Programm“.

Web-Programme (2)

www.venicetours.it/wp-content/uploads/b1-e1539459121708.jpg

Programm-lager mit Jacquard-Lochkarten; unten: 1923.

www.bridgemanimages.com/en/asset/356728/summary

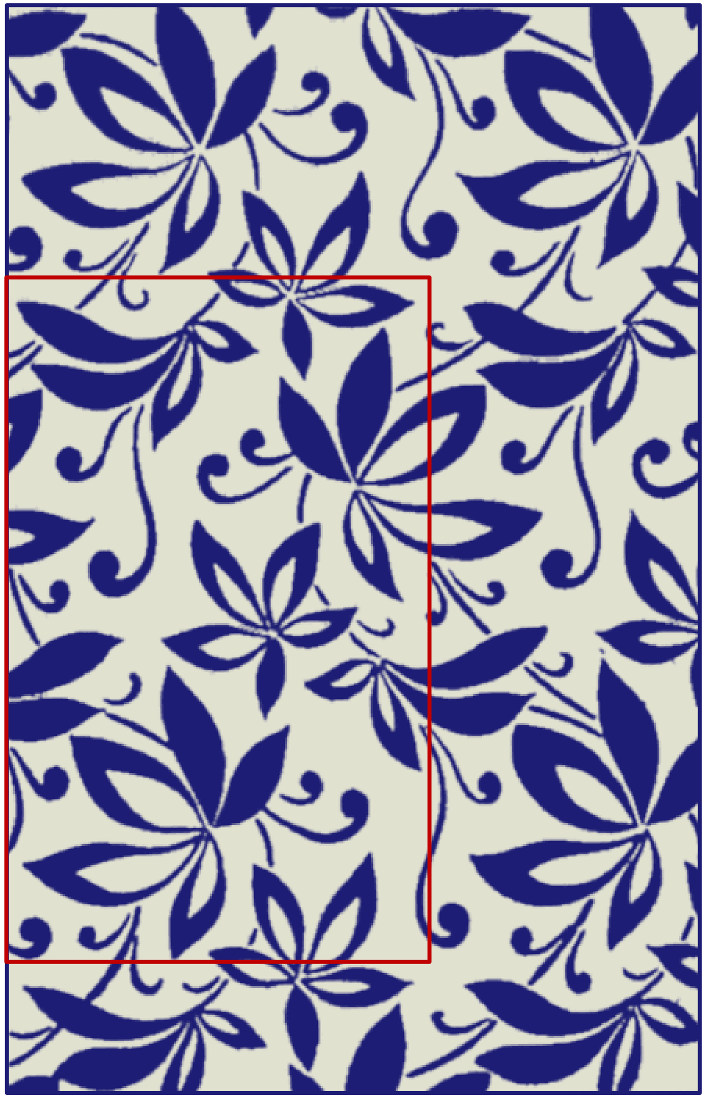
Programmwechsel (Nottingham,1918).

https://repository.anarchaserver.org/_data/i/upload/2018/09/11/20180911132224-7315cec0-la.jpg

http://ekladata.com/mPltHrMd6xRH_-OtX1-kupy8h20.jpg

Binden einzelner Lochkarten zu flexiblen „Kartenspielen“.

Vom Muster zur Patrone



Um gewebt werden zu können, mussten die Muster (meist Blumen, Blätter, geometrischer Figuren etc.) je nach Fähigkeit des Jacquard-Webstuhls und Eigenschaften des Textils bestimmte Bedingungen erfüllen und wurden von einem Musterzeichner („Dessinateur“) auf „Patronenpapier“ gerastert.

E. A. Posselt: Tying-up a Jacquard Harness. Posselt's Textile Journal, May 1911, 121-123; Insert: www.humphriesweaving.co.uk/about-us/our-heritage/

Vom Muster zur Patrone

Musterzeichner in der Weberei K. Hartmann in Azmoos (Wartau), ab 1969 „Textile Designs“ mit dem Geschäftsziel „Herstellung von Entwürfen, Patronen und Jacquard-Karten für Webereien“. →

www.td-immoag.ch/resources/b6d41864-25c5-460e-b6ba-24a701709f47.jpg

https://cdn.textileaddict.me/wp-content/uploads/2018/09/Du-dessin-au-tissage-Jacquard_Textile-Addict-1.webp

↑ *Ausschnitt aus „Le Printemps“ von Pierre Auguste Cot (1837 – 1883) und zugehöriger Jacquard-Entwurf.*

Musterbücher

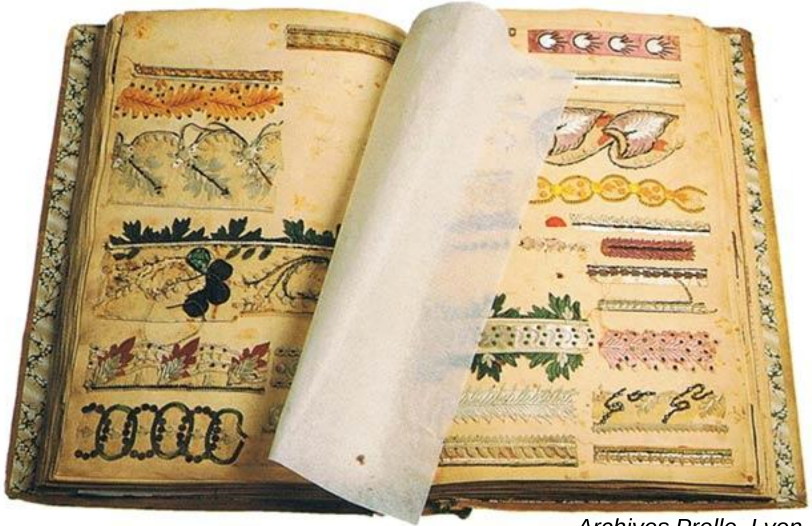
Die Entwürfe wurden zwecks Wiederverwendung oder als Ideengeber in Musterbüchern festgehalten. Unten: Archives Prelle, Lyon

https://inlibris.com/wp-content/uploads/2020/05/img-bn49610.jpg

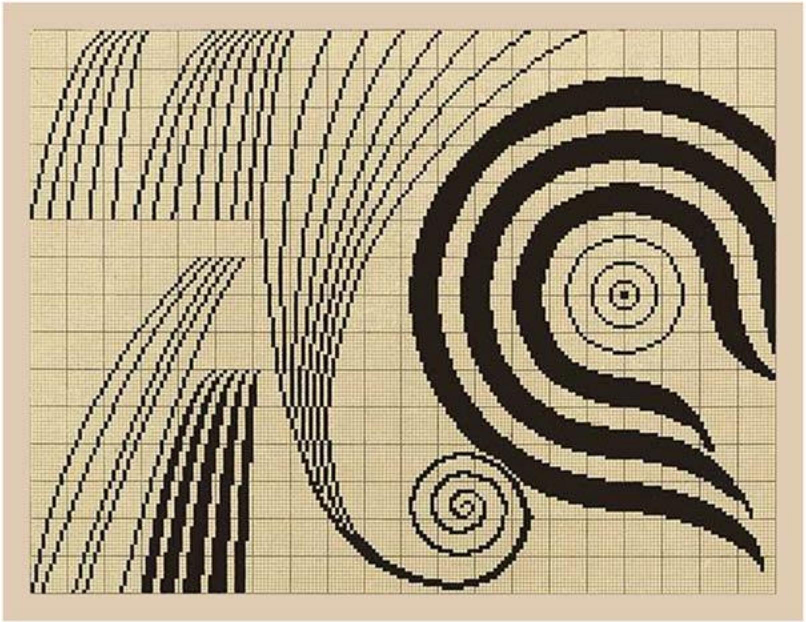
Oben: Musterbuch von Johann Friedrich Buße, Berlin, ca. 1772, noch bevor der Jacquard-Webstuhl auftauchte. Es enthält einen Exkurs über die nützliche Rechenfähigkeit: „Wer die Edle, und allen Menschen sehr Nützliche Rechen Kunst recht Gründlich aus dem Grunde Erlernen will Derselbe muß auf Fünfferley Art und weise mit den Ziffern oder Zahlen Umzugehen wißen. Den er muß lernen Erstlich die Ziffern recht Lesen Schreiben und aussprechen. Zweytens viele Zahlen zusammen zu zehlen oder in Eine gantze Summe zu bringen. Drittens Eine kleine von der größern abzuziehen. Viertens Eine Zahl mit der Andern zuvermehren oder um so viel mahl zuvervielfältigen. Fünftens Eine Zahl durch die andere in so viel gleiche Theile zu theilen. Diese Fünf Arten Nennet man die fünf Species der Rechen Kunst, Alß: Ersten Numeriren, Zweytens, Addiren, Drittens, Subtrahiren, Viertens Multiplicatio, Fünftens Dividiren.“

Musterbücher (2)

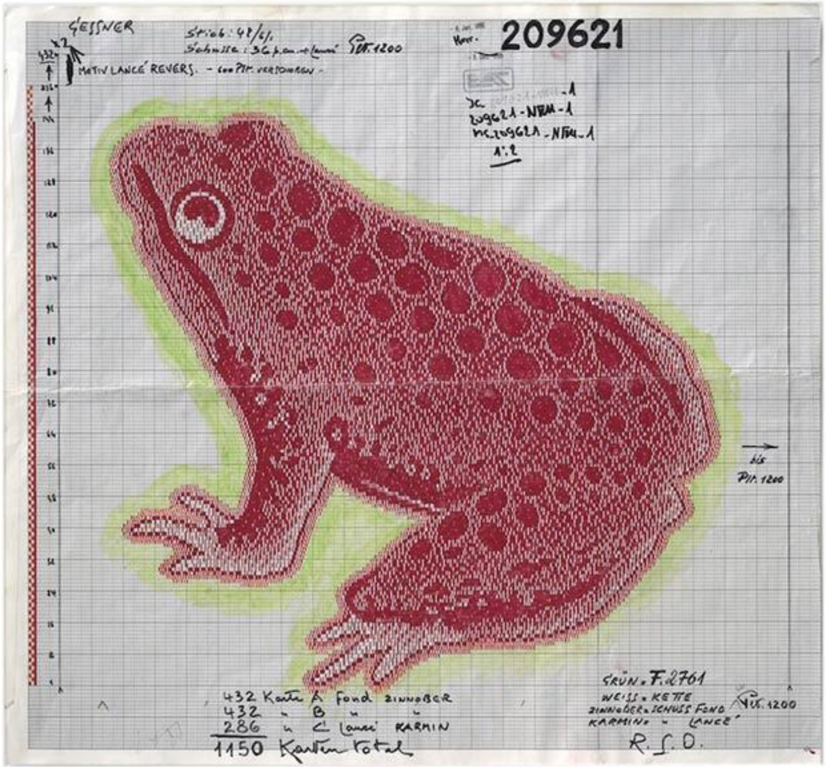
Seidenweberei Flemmich (Wien)



Archives Prelle, Lyon



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Master_Weaver%27s_Thesis_Book_-_Systeme_de_la_Mecanique_a_la_Jacquard,_1848_(CH_18556803-403).jpg



Textilarchiv Gessner (Staatsarchiv des Kantons Zürich)

Stichwort „Automat"

Wort und Begriff

- Maschine, die vorbestimmte Abläufe selbsttätig („automatisch") ausführt
  - Im engeren Sinne oft ein Apparat, der (z.B. nach Münzeinwurf) selbsttätig Waren abgibt oder eine Dienstleistung erbringt
- In der Informatik: eine abstrakte Maschine als Modell eines digitalen, zeitdiskreten Rechners (bzw. wesentlicher Komponenten davon)
  - Relevant vor allem in den Teilgebieten Digitaltechnik, Berechenbarkeitstheorie, Komplexitätstheorie und Automatentheorie
- Das Fremdwort „Automat" erscheint zuerst im 16. Jh. in den Formen *Automata* und *Automaton*; die eingedeutschte Form setzt sich dann im 18. Jh. unter dem Einfluss des französischen Wortes „automate" durch
  - Etymologie: Aus dem Griechischen αὐτόματος (automatos), „von selbst geschehend", oder „aus sich selber denkend und handelnd", mit den beiden Wortbestandteilen *auto* und *matos*.
  - *Aut-* bzw. *auto-* von *autos* = „selbst"; vgl. Automobil, Automorphismus, Autodidakt, Autofokus, Autist, autonom, autark etc.
  - *Matos:* altgriechisches Partizip aus der indogerm. Sprachwurzel „*men" für die Wortsippe um „denken, wollen, (geistig) erregt sein, Antrieb" etc.; daraus z.B. auch *Manie* und *munter* (im Sinne von „aufgeregt, lebhaft")

Stichwort „Automat“ (2)

Im Lexikon von 1844

Automat (vom griech. αὐτόματος, aus eigenem Antriebe handelnd), bedeutet 1) überhaupt jede sich selbst bewegende mechanische Vorrichtung, die eine Zeit lang ohne Einwirkung von außen, durch die im Innern verborgenen Kräfte (Federn, Gewichte u. s. w.) in Bewegung gesetzt wird; z. B. Uhren, Planetarien (s. d.) und dergl. künstliche Räderwerke, weshalb auch die Uhrmacherkunst Automatopoetica genannt wird. Die Schachmaschine ist daher kein A., da immer menschliche Einwirkungen von außen, wenn auch noch so fein versteckt, dabei nöthig sind. 2) Im engern Sinne versteht man aber unter A. ein mechanisches Kunstwerk, welches vermittelst eines innern Mechanismus die Thätigkeit lebender Wesen, der Menschen oder Thiere, nachahmt und meist auch an Gestalt diesen nachgebildet ist.

Meyers Conversations-Lexicon von 1844 („…für die gebildeten Stände. In Verbindung mit Staatsmännern, Gelehrten, Künstlern und Technikern herausgegeben…“)

Interessant sind hier zum einen die starke Assoziation zu Uhren – Automaten seien ja sich selbst bewegende *mechanische* Vorrichtungen, und die Antriebsmechanismen daher generell gleich wie bei Uhren, nämlich Federn, Gewichte etc. – sowie zum andern die Aussage, dass Schachmaschinen keine Automaten seien, da bei diesen versteckte menschliche Einwirkungen erfolgen würden. Damit sind die seinerzeit noch populären „Schachautomaten“ des Barons von Kempelen („Schachtürke“) und die Nachbauten durch andere gemeint. Auf den Schachtürken gehen wir an späterer Stelle noch ein.

Stichwort „Automat“ (3)

Lebensnahe Modelle

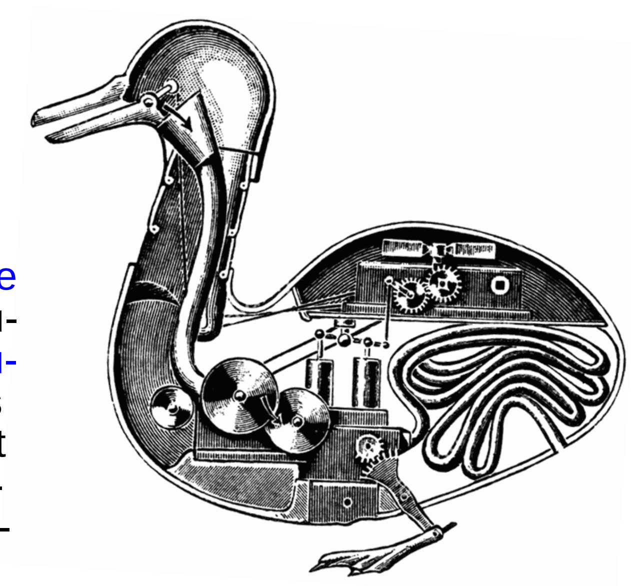
Interessant ist auch, was im Lexikon im engeren Sinne unter „Automat“ verstanden wurde: „Ein mechanisches Kunstwerk, welches vermittelst eines innern Mechanismus die Thätigkeit lebender Wesen, der Menschen oder Tiere, nachahmt und meist auch an Gestalt diesen nachgebildet ist.“

Tatsächlich wurden, ermöglicht durch Fortschritte in der Uhrmacher- und Automatenbaukunst, schon in der Renaissance, und verstärkt dann im 18. Jahrhundert, kunstvolle Automaten in Tier- oder Menschengestalt (Androiden) hergestellt, wobei letztere anstrebten, genuin menschliche Fähigkeiten wie Sprechen, Schreiben oder Musizieren perfekt nachzuahmen. Es waren Luxusspielzeuge, die Teil der höfischen Fest- und Unterhaltungskultur waren. Berühmtheit erlangte dabei der Flötenspieler von Vaucanson (1709 – 1782). Der knapp lebensgrosse Android konnte zwölf verschiedene Melodien spielen und erzeugte dabei die Töne nicht einfach durch ein inneres Uhrwerk, sondern durch naturgerechte Zungen- und Fingerbewegungen. Der dazugehörige Mechanismus wurde durch ein komplexes Blasebalgsystem angetrieben.

Vaucanson baute auch eine mechanische Ente aus mehr als 400 beweglichen Einzelteilen. Sie konnte mit den Flügeln flattern, schnattern und Wasser trinken. Sie hatte sogar einen künstlichen Verdauungsapparat: Körner, die von ihr aufgepickt wurden, „verdaute“ sie in einer chemischen Reaktion in einem künstlichen Darm.

Le dessinateur (Wikipedia)

Berühmt wurden auch die drei Automaten von Pierre Jaquet-Droz und seinem Sohn Henri-Louis aus Neuchâtel, die 1774 vorgestellt wurden: l’écrivain, la musicienne, le dessinateur. Sie bestanden aus jeweils mehreren tausend Einzelteilen. Programmgesteuert (mittels Nockenscheibe) können die Automaten verschiedene Texte schreiben oder Zeichnungen anfertigen bzw. diverse Musikstücke spielen.



Stichwort „Automat“ (4)

Wir gewöhnen uns an Automaten!

PERFORMANCE EVERY EVENING.

ON SATURDAY, MAY 17 [illegible] 1834

There will be two Exhibitions, one commencing at [illegible] M. the at the usual time.—Doors open half an hour prev[illegible].

Doors open at half-past 7 o'clock. Performance to commence at 8 preci.

PART FIRST.

THE ORIGINAL AND CELEBRATED

AUTOMATON

CHESS PLAYER.

Invented by DE KEMPELIN, Improved by J. MAELZEL.

The Chess Player has withstood the first players of Europe and America, and excites universal admiration. He moves his head, eyes, lips, and hands, with the greatest facility, and distinctly pronounces the word "*Echec*," (the French word signifying "*Check*") when necessary. *If a miss-move is made, he perceives and rectifies it.*

THE

Automaton Trumpeter.

← *Teil eines Werbezettels für eine Ausstellung von Johann Nepomuk Mälzel (1772 – 1838).*

Mälzel, Erfinder, Mechaniker und Automatenbauer, war mit der Vorführung seiner Automaten (sowie dem von Baron von Kempelen geerbten Schachtürken) viele Jahre sehr erfolgreich, vor allem auch in den USA. Die seinerzeit bedeutende „Allgemeine musikalische Zeitung“ schrieb 1809 über „Hrn. Melzels hölzernen Mann, das bekannte Automat mit der Trompete“: „Lange nicht mehr war das Theater so gedrängt voll, und selten wurde ein verdienstvoller Künstler mit einem so über alles gehenden Beyfalls-Klatschen aufgenommen! Sollte Hr. Melzel seine vorhabende Maschine, von der man vieles sprach und die singen wird, vollenden, so dürfte es manchem Sänger und mancher Sängerin bange ums Herz werden. Denn wird die Maschine diesem Trompeter ähnlich: so wird sie weder falsch, noch ausser Takt, ja, sie wird sogar ohne ungeziemende Variationen singen, und Worte aussprechen, welches neue Wunder allein die Liebhaber der Musik haufenweis in die Theater ziehen wird! Und dann die Leichtigkeit für die Direktionen, sich so einen Sänger und so eine Sängerin anzuschaffen! Es ist nur zu besorgen, Hr. Melzel möchte nicht alle einlaufenden Bestellungen befriedigen können! Theaterspiel, Mimik, Bewegung braucht es wol dann nicht mehr. Wir gewöhnen uns an Automaten!“

Stichwort „Automat“ (5)

Automaten für die Automatisierung

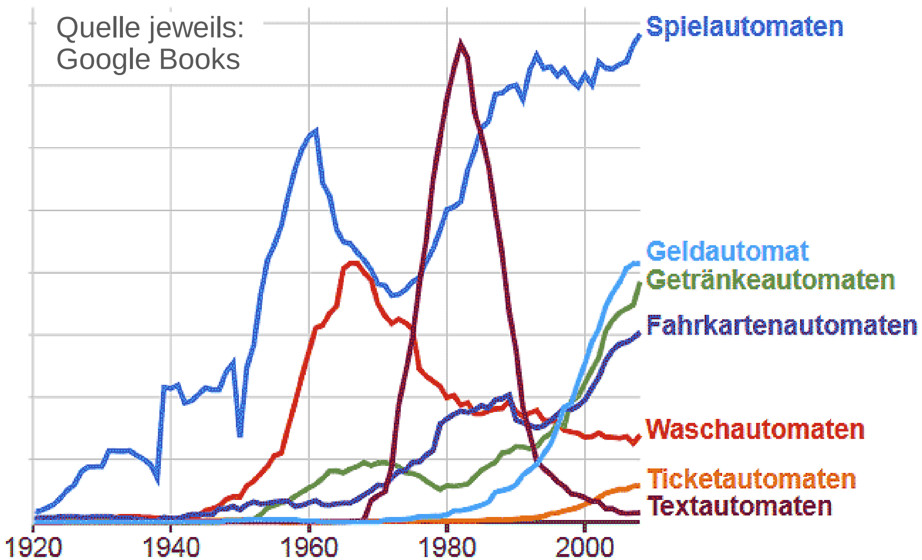
Der bekannte Physiker Hermann von Helmholtz (1821 – 1894) äussert sich 1854 in einem populärwissenschaftlichen Vortrag „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittelungen der Physik“ in einer Mischung aus Bewunderung und Kritik so zu solchen mechanischen Automaten:

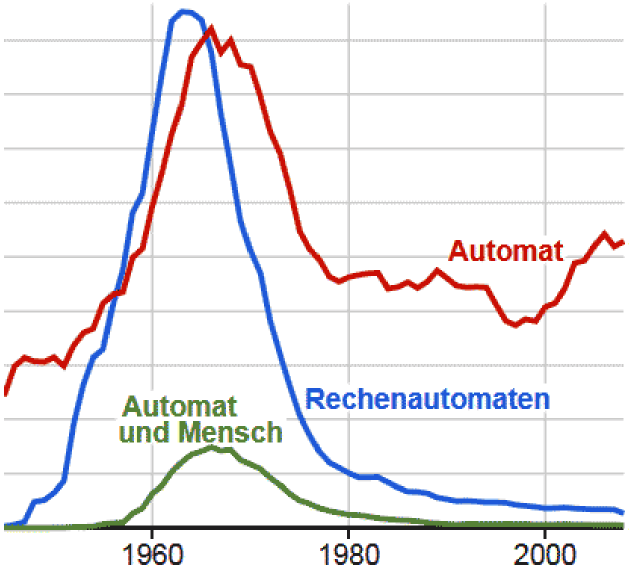
„So versuchte man […] mit vielem Eifer lebende Thiere und Menschen in der Form sogenannter Automaten nachzubauen. Das Staunen des vorigen Jahrhunderts waren Vaucansons Ente, welche frass und verdaute, desselben Meisters Flötenspieler, der alle Finger richtig bewegte, der schreibende Knabe des älteren und die Klavierspielerin des jüngeren Droz, welche letztere auch beim Spiele gleichzeitig ihren Händen mit den Augen folgte, und nach beendeter Kunstleistung aufstand, um der Gesellschaft eine höfliche Verbeugung zu machen. Es würde unbegreiflich sein, dass Männer, wie die genannten, deren Talent sich mit den erfindungsreichsten Köpfen unseres Jahrhunderts messen kann, eine so ungeheure Zeit und Mühe, einen solchen Aufwand von Scharfsinn an die Ausführung dieser Automaten hätten wenden können, die uns nur noch als eine äusserst kindliche Spielerei erscheinen, wenn sie nicht gehofft hätten, dieselbe Aufgabe auch in wirklichem Ernste lösen zu können“.

Helmholtz wirbt anstelle des letzten Endes müssigen „Strebens, lebende Geschöpfe nachzumachen“ für einen „fruchtbringenderen Weg“ der Verwendung von Automaten; sein pragmatisches Programm verkörpert die Kernidee der klassischen Industrialisierung. Tatsächlich propagiert Helmholtz in wenigen Worten die „Automatisierung“, und zwar hundert Jahre bevor dieses Wort überhaupt entstand:

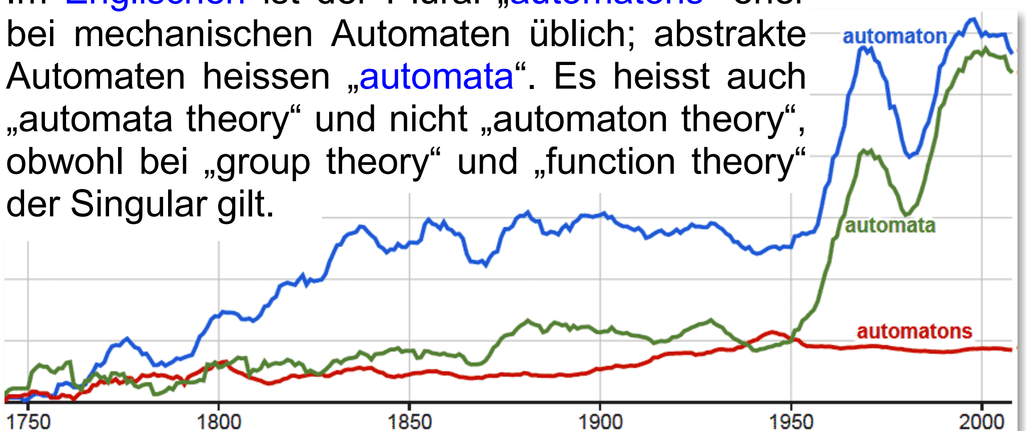
„Wir suchen jetzt nicht mehr Maschinen zu bauen, welche die tausend verschiedenen Dienstleistungen <u>eines</u> Menschen vollziehen, sondern verlangen im Gegentheil, dass eine Maschine <u>eine</u> Dienstleistung, aber an Stelle von tausend Menschen, verrichte.“

Automatenzeitalter?





Im Englischen ist der Plural „automatons“ eher bei mechanischen Automaten üblich; abstrakte Automaten heissen „automata“. Es heisst auch „automata theory“ und nicht „automaton theory“, obwohl bei „group theory“ und „function theory“ der Singular gilt.



Geld- und Spielautomaten sind im Aufstieg, den Textautomaten (vgl. folgende Seite) und den Rechenautomaten war als Begriff nur ein kurzer Höhepunkt gegönnt. Spielmaterial für eigene Experimente: Fotoautomaten, Verkaufsautomaten (engl.: „vending machines“, franz.: „distributeurs“), Kaffeeautomaten, Kellerautomaten, Bankautomaten, Lungenautomat, Drehautomat, endlicher Automat (engl.: finite state machine), Vollautomat, Halbautomat, Automatenrestaurant,...

Textautomaten

Textautomaten (bzw. Schreibautomaten) waren speziell für die Textverarbeitung konzipierte Computer, die das Verfassen von Schriftstücken im Geschäftsalltag rationalisierten. Stereotype Formulierungen und Texte wurden einmalig eingegeben und unter einer Codenummer abgespeichert. Textbausteine konnten kombiniert und individuell ergänzt werden. Die Ära der Textautomaten begann Mitte der 1960er-Jahre mit den Speicherschreibmaschinen, im Laufe der 1970er-Jahre kamen die Bildschirmausgabe sowie Disketten als Speichermedium hinzu. Die Ära endete relativ abrupt mit Erscheinen des PCs in den 1980ern.


NEC VWP-100, 1982

http://museum.ipsj.or.jp/computer/word/images/0030_01_l.jpg


„The $10.000 typewriter" (IBM)

www.imamuseum.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/ibm_selectric_action.jpg


IBM MS/ST, 1964 (elektromechanisch)

www.theparisreview.org/blog/2016/05/11/this-faithful-machine/

1964 begann IBM mit der Auslieferung seines „Magnetic Tape Selectric Typewriter“, der MT/ST, eine Kugelkopfmaschine mit einem Beistelltisch, auf dem eine wuchtige Mechanik zwei Bandlaufwerke steuerte, die mit Speicherkassetten bestückt wurden. Damit kam die Textverarbeitung in heutiger Form in die Welt. Denn mit der MT/ST konnten Absätze neu geschrieben und umkopiert oder Textblöcke verschoben werden. Als wichtigstes Feature entpuppte sich der „Serienbrief“. Die Magnetbänder konnten jeweils 28000 Zeichen speichern, entsprechend rund 12 A4-Seiten. Einmal auf die Bänder gespeicherte Texte konnten mit 900 Anschlägen pro Minute vom rasenden Kugelkopf verarbeitet werden. 42719 Mark kostete das Wunderwerk. IBMs grösster Kunde in Deutschland wurde die Allianz, wo Sachbearbeiter fortan keine Texte mehr diktierten, sondern in einem umfangreichen Floskel-Handbuch die entsprechenden Nummern zusammensuchten und nur die Nummern der Textbausteine nannten. „Sterbeband 14 23 56“ ergab ein Schreiben, das den Angehörigen das Beileid aussprach, die zügige Abwicklung der Versicherungsleistung versprach und einige Dokumente anforderte.

Textquelle (gekürzt): www.heise.de/ct/artikel/Der-Mensch-denkt-die-Maschine-arbeitet-302172.html

http://creativepro.com/scanning-around-gene-back-when-typesetting-was-craft/#

Spätere Systeme nutzten anstelle von Magnetband andere Speichertechniken wie Disketten (oben: 8-Zoll-Floppy) oder Magnetkarten (links, 1972).

https://digitaltmuseum.no/011015239434/7-0-ibm-op-fotografier

Vorlesungsautomat

Karikatur: Dirk Meissner

Stackmaschinen

- Stackmaschinen sind meistens in Software realisiert und werden deshalb auch virtuelle Maschinen (VM) genannt. Klassischerweise wurden sie entworfen, um Implementierungen von Programmiersprachen (wie z.B. Pascal) leichter zu portieren.
- Sie bieten Befehle zur Auswertung von Ausdrücken an, welche oben auf einem Operandenstack („Auswertungskeller") stattfindet. Operanden von arithmetischen und logischen Befehlen sowie Vergleichen stehen in den obersten Zellen des Operandenstacks oder sind Direktoperanden, also Konstanten. Deshalb enthalten die meisten dieser Befehle keine Speicheradressen. Programme für Stackmaschinen sind daher sehr kompakt, was günstig für den Speicherbedarf und die notwendige Bandbreite beim Versenden über ein Kommunikationsnetz und Herunterladen solcher Programme ist.
- Der Speicher ist in einen Laufzeitstack und in eine Halde („Heap") aufgeteilt. Stackmaschinen bieten daher auch Befehle zur Organisation von Laufzeitstack und Heap an.
- Eine Implementierung (oder „Emulation") der virtuellen Maschine auf einem „echten" Hardwareprozessor ist relativ einfach und effizient; es werden nur wenige Register benötigt.
- Ein prominentes Beispiel einer Stackmaschine ist die virtuelle Java-Maschine (JVM). Sie besitzt neben dem Operandenstack einen Laufzeitstack aus „frames" (Kellerrahmen); dieser enthält zu jedem Zeitpunkt der Programmausführung einen solchen frame für jede Methode, deren Ausführung begonnen, aber noch nicht abgeschlossen wurde. In diesem Rahmen liegen Werte der Funktionsparameter, Werte lokaler Variablen und Referenzen in den Heap hinein auf dort abgelegte Arrays und Objektinstanzen.

Codegenerierung: Stackmaschine als Zielsystem

- Wir wollen unser Analyseprogramm an den „richtigen“ Stellen so mit Anweisungen zur Codeerzeugung ausstatten, dass Folgendes generiert wird:

Programm in „Maschinensprache“

1+2*3	(1+2)*3
push(1)	push(1)
push(2)	push(2)
push(3)	plus
mult	push(3)
plus	mult

5*(((1+2)*(3*4))+6)

Befehl	Stack
push(5)	5
push(1)	5 1
push(2)	5 1 2
plus	5 3
push(3)	5 3 3
push(4)	5 3 3 4
mult	5 3 12
mult	5 36
push(6)	5 36 6
plus	5 42
mult	210

Stackmaschine wendet die Operation (+, *) an, nachdem die Operanden in den Stack gebracht wurden → postfix!

5 1 2 + 3 4 * * 6 + *

Das ist eigentlich eine Übersetzung nach postfix!

Die Zielmaschine kann in Hardware realisiert sein, oder als virtuelle Maschine durch ein Laufzeit- oder Betriebssystem simuliert werden.

Oder der generierte Code wird weiter in Code für eine echte Zielmaschine transformiert.

Der Parser mit Codeerzeugung

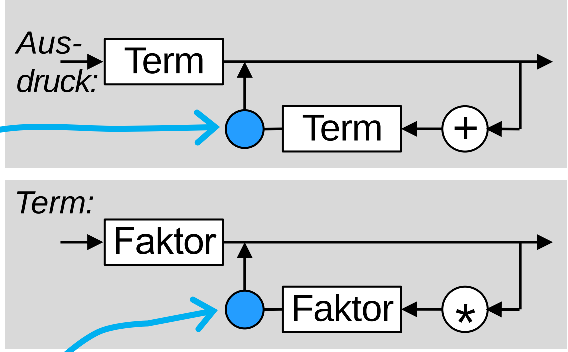
```
void int_const(){ // hier nur einziffrig
  System.out.println("push(" + c + ")");
  c = KbdInput.getc();
}
```

```
void Ausdruck(){
  Term();
  while (c == '+') {
    c = KbdInput.getc();
    Term();
    System.out.println("plus");
  }
}
```

```
void Term() {
  Faktor();
  while (c == '*') {
    c = KbdInput.getc();
    Faktor();
    System.out.println("mult");
  }
}
```

Codegenerierung für die Stackmaschine (als Postfix-Operation!)

Codegenerierung an der korrekten Stelle im Diagramm bzw. der zugehörigen Methode – z.B., nachdem ein zweiter (bzw. dritter etc.) Term analysiert wurde:



Auch bei dieser Infix-zu-Postfix-Übersetzung wird (implizit) ein Stack benutzt: Der Laufzeitstack von Java, in dem die Rücksprungadressen abgelegt sind!

Ein Interpreter für Infix-Ausdrücke

5*(((1+2)*(3*4))+6)

- Statt die Operationen einer Stackmaschine auszugeben (also z.B. in eine Datei zu schreiben und sie anschliessend von einer Stackmaschine ausführen zu lassen), können wir auch gleich push, plus, mult etc. auf einem Stack ausführen und so den Ausdruck „on the fly" schritthaltend zur Analyse auswerten: `stk.push(stk.pop() * stk.pop());`
  - Wir simulieren quasi nebenbei schrittweise die Zielmaschine

```
push(5)
push(1)
push(2)
plus
push(3)
push(4)
mult
mult
push(6)
plus
mult
```

- Wir bekommen damit statt eines Compilers (= Übersetzer) einen Interpreter für Infix-Ausdrücke
- Zur Realisierung dieses „Taschenrechners" bzw. Kommandozeilenrechners nutzen wir wieder die Service-Klasse „Stack" →

Nutzung z.B. so:
Eingabe: (3+5) * 20
Ausgabe: 160

In der Vorlesung „Informatik I" wurde die Logik des Taschenrechners nicht mittels explizitem Stack realisiert, sondern es wurde eine rekursive Funktion verwendet: `double expression (std::istream& in_stream)`

Ein Interpreter für Infix-Ausdrücke (2)

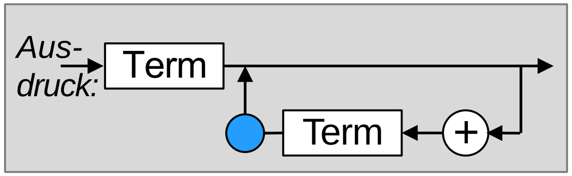
```
class Stack // wieder ein int-Stack

class Parser {
  Stack stk = new Stack(1000); char c;

  void int_const() {  // einstellig
    stk.push(Character.digit(c,10));
    c.KbdInput.getc();
  }

  void Ausdruck() {
    Term();
    while (c == '+') {
      c = KbdInput.getc(); Term();
      stk.push(stk.pop() + stk.pop());
    }
  }

  void Term() {
    Faktor();
    while (c == '*') {
      c = KbdInput.getc(); Faktor();
      stk.push(stk.pop() * stk.pop());
    }
  }

  ... main ...
    Parser p = new Parser();
    p.c = KbdInput.getc();
    p.Ausdruck();
    System.out.println(p.stk.pop());
}
```

Anstatt System.out.println("plus");

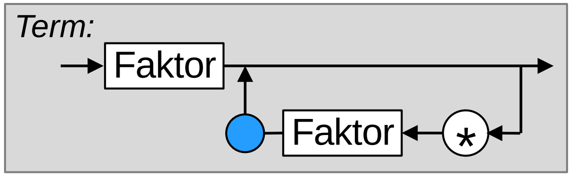
Was ist mit der Methode „Faktor()“?

Damit haben wir nun einen Taschenrechner für geklammerte Ausdrücke realisiert!

Umwandlung eines char in eine Zahl zur Basis 10



Die obersten beiden Stackelemente werden durch deren Summe ersetzt



Hier wird das Resultat ausgegeben

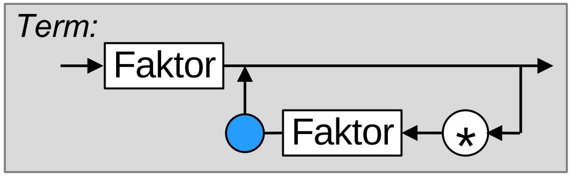
Déjà-vu?

Hier nochmals zum Vergleich der entsprechende Teil des Ansatzes aus „Informatik I"

Terme auswerten

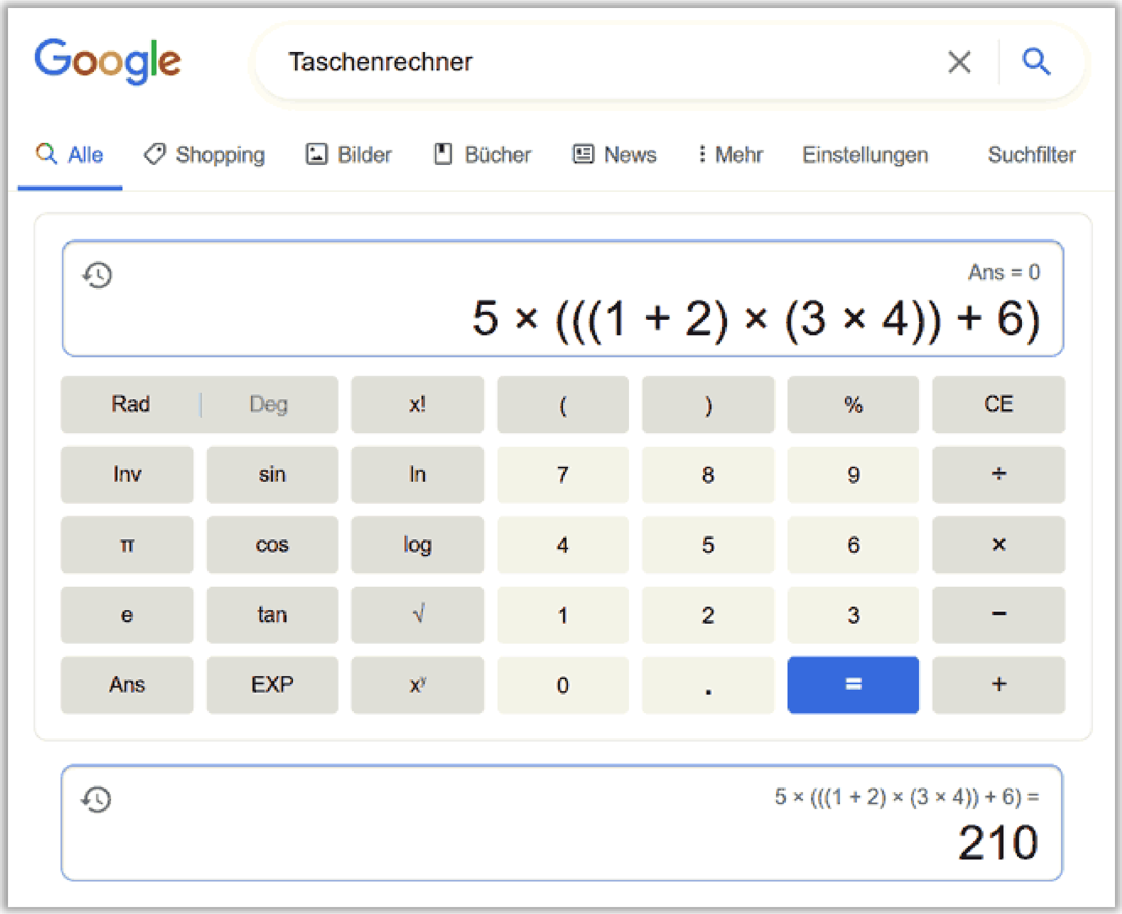
```
double term (std::istream& is)
{
  double value = factor (is);
  while(true){
    if (consume(is, '*'))
      value *= factor (is);
    else if (consume(is, '/'))
      value /= factor(is)
    else
      return value;
  }
}
```

term = factor { "*" factor | "/" factor }




```
// Term = Faktor |
// Faktor "*" Faktor
void Term() {
  Faktor();
  while (c == '*') {
    c = KbdInput.getc();
    Faktor();
    stk.push(stk.pop()
      * stk.pop());
  }
}
```

Der Taschenrechner in der Cloud



„Sie können den Rechner für mathematische Probleme aller Art nutzen, zum Beispiel, um das Trinkgeld im Restaurant zu berechnen.“
[Aus der Hilfe-Funktion]

„The best part about Google Calculator is it's clever. It will usually work out what you are trying to do.“
[www.online-calculator.com]

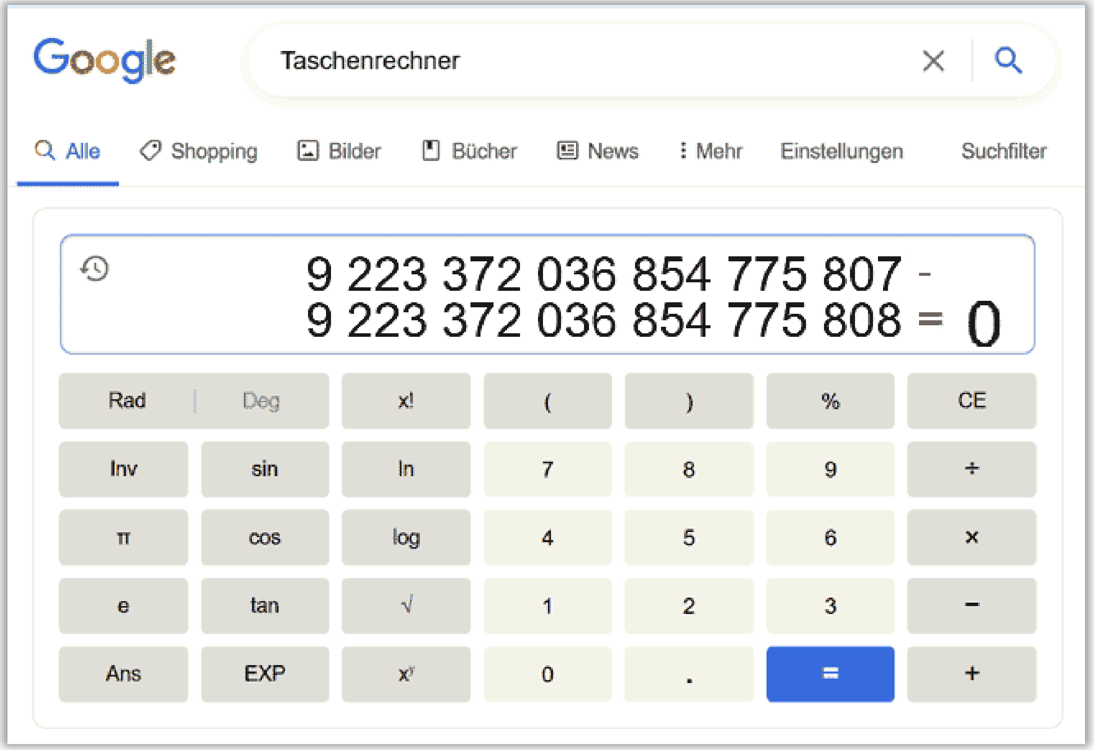
„For example 6/2(2+1) google gives a result of 9. A normal pocket calculator would give you an answer of 1. Yea so...“
[www.quora.com]

170! = 7.257416e+306
171! = Infinity

Tipp: Man prüfe: Double.MAX_VALUE und Double.POSITIVE_INFINITY

„We are aware that the calculator tool in Google Web search is not working properly for certain calculations, and we are looking into this problem further. We apologize for any problems that this causes our users.“ [Google]

Google Calc Error?



www.101qs.com/455-google-calc-error

Carl Malartre
Why is it equal to zero?

Timon Piccini
Uh, how did you break Google?

Andrew Stadel
Why is the answer not -1?

Dan Meyer
Wait. Waitaminit. Why is that happening?

Max Ray
Why does it say that? Clearly the answer is -1!

Peter Price
Why would Google calc get this wrong?

Ken Meehan
Does -1 = 0? And if so, what are the implications?

John Scammell
Can't google make calculators that work?

Eileen Doherty
Why did you use a calculator for this problem?

"Google's calculator has some trouble handling math with some large numbers, an issue that's not unheard of in computing circles but that might not sit well at a supremely nerdy company that's named after a humongous number. It's not a simple case of a cutoff where things fall apart, though. 1,999,999,999,999,999 minus 1,999,999,999,999,995 incorrectly equals 0, but 1,999,999,999,999,999 minus 1,999,999,999,999,993 correctly equals 6. […] Should Google be forgiven for shortchanging us a bit when it comes to significant digits? No, Google should do better. […] It's better to show no results than bad results." [www.cnet.com]

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

KL. 42 m 14

INTERNAT. KL. G 06 f

AUSLEGESCHRIFT 1 094 019

B 44122 IX/42m

ANMELDETAG: 30. MÄRZ 1957

BEKANNTMACHUNG DER ANMELDUNG UND AUSGABE DER AUSLEGESCHRIFT: 1. DEZEMBER 1960

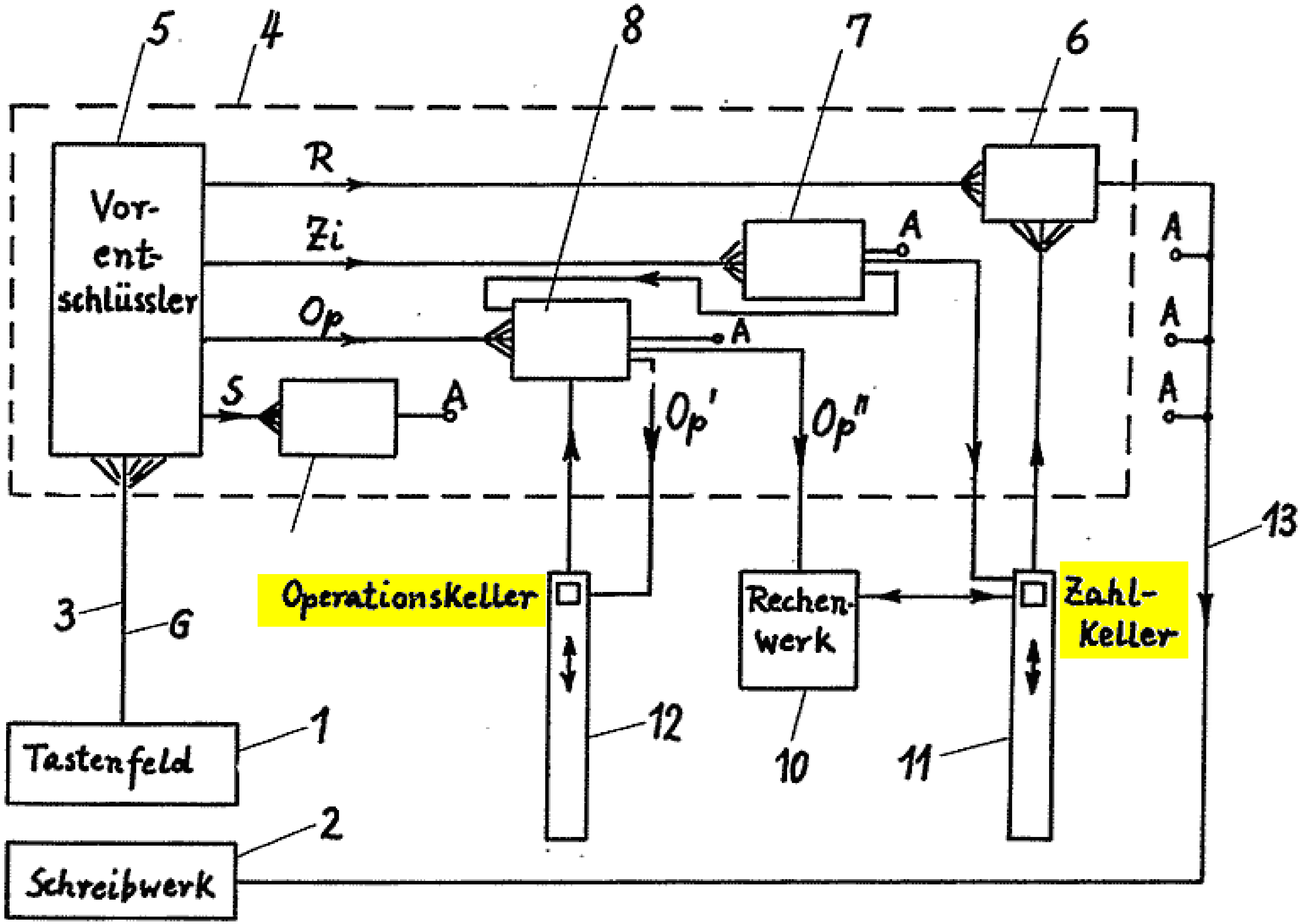
Verfahren zur automatischen Verarbeitung von kodierten Daten und Rechenmaschine zur Ausübung des Verfahrens

Anmelder:

Dr. Friedrich Ludwig Bauer,
München, Pörtschacherstr. 40,
und Dr. Klaus Samelson,
München, Hiltenspergerstr. 19

Historische Notiz

Ein etwas längerer geschichtlicher Einschub zu F. L. Bauer, Rutishauser, Speiser, Zuse, den Anfängen von Compilern, der Z4, der ERMETH und Babbages Analytical Engine sowie dem ersten Programm.



Bem.: Die klassische deutsche Bezeichnung für „Stack" lautet „Keller" oder „Stapel" (vgl. dazu das „Einkellern" als Tätigkeit)

Patentansprüche:

1. Verfahren zur automatischen Verarbeitung von kodierten Daten, z. B. arithmetischen Formeln in üblicher Schreibweise, die als kodierte Zeichen Klammern, Operationssymbole, Zahlen und Variable gemischt, Dezimalkommas, Indizes, Entscheidungssymbole sowie Formelnummern enthalten, in einer datenverarbeitenden Maschine mit einer Eingabe- und einer Ausgabevorrichtung, **dadurch gekennzeichnet,** daß die den einzelnen Zeichen entsprechenden Signale in der Reihenfolge der Aufschreibung einem Analysator (**4**, **28**) zugeführt und in diesem entsprechend der Reihenfolge des Eingangs geprüft werden, ob die Operationen sofort ausführbar sind oder ob der Eingang weiterer Signale abgewartet werden muß, daß in diesem letzteren Fall die noch nicht verarbeitbaren Zeichen in einen Speicher (Keller) eingeführt werden und daß beim Eintreffen neuer Zeichen im Analysator (**4**, **28**), die die Ausführung einer Operation mit gespeicherten Zeichen ermöglichen, diese gespeicherten Zeichen in der durch die Art der Einführung festgelegten umgekehrten Reihenfolge entnommen und verarbeitet werden.

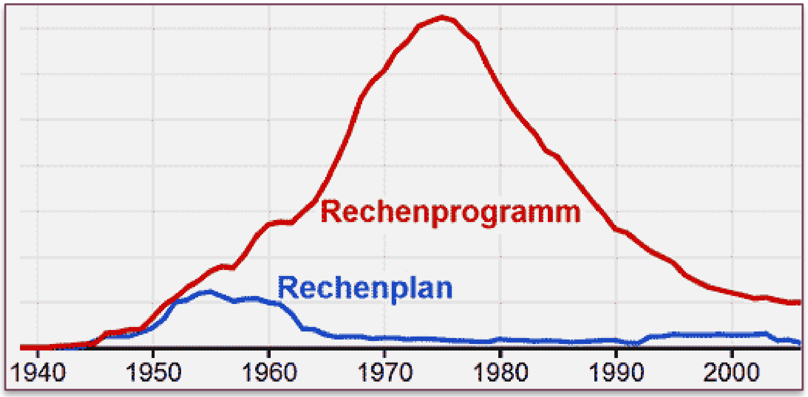
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Analysator die Formelzeichen nach Ziffernsymbolen (Zahlen) und Operationssymbolen getrennt sind und, sofern sie zurückgestellt werden müssen, zwei verschiedenen speicherfähigen Vorrichtungen (**11**, **12**), vorzugsweise zwei verschiedenen »Kellern«, nämlich dem Zahlkeller (**11**) und dem Operationskeller (**12**), zugeführt werden.

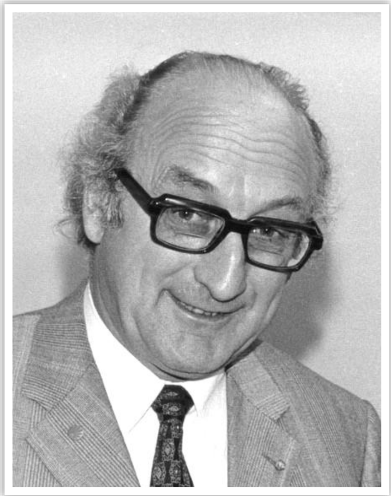
3. Verfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die in dem Zahlkeller (**11**) bzw. dem Operationskeller (**12**) neu eintreffenden Zeichen sich jeweils an die Spitze der entsprechenden Sequenz setzen und die Entnahme eines Zeichens automatisch durch Wegnahme von der Spitze der entsprechenden Sequenz erfolgt.

Wie kam es zu diesem Patent? Friedrich L. Bauer erinnert sich:

„Im Jahr 1951 erschien eine bahnbrechende, aufregende Zürcher Publikation von Heinz Rutishauser – ein Programm, das Programme produziert:"

Über automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen. Z. Angew. Math. u. Mech. 31(8/9):255, Aug./Sept. 1951





Friedrich Ludwig Bauer

Heinz Rutishauser

„War man zunächst froh, überhaupt Rechenautomaten zu besitzen, so musste man bald erkennen, dass man ihre Vorteile mit einer zeitraubenden, Unsicherheit tragenden Programmierungsarbeit bezahlte." [Wilhelm Kämmerer, *Ziffern-Rechenautomat mit Programmierung nach mathematischem Formelbild*, 1958]

Friedrich Ludwig Bauer (1924 – 2015)

Friedrich Ludwig Bauer (1924 – 2015) war ein deutscher Informatik-Pionier. Er konstruierte in den 1950er-Jahren Verschlüsselungsmaschinen sowie eine elektromechanische „aussagenlogische Maschine“ (STANISLAUS). Ab 1956 beteiligte er sich an der internationalen Zusammenarbeit zur Definition der Programmiersprache Algol 60, 1957 erfand er das Prinzip des Stacks.

Er hielt 1967 an der TU München die erste offizielle Informatikvorlesung in Deutschland und prägte 1968 den Begriff „Software Engineering“. ETH-Professor Walter Gander bemerkte in einem Nachruf: „Bauer war einer der letzten ‘Allwissenden’ in der Informatik: Er hatte die ganze Entwicklung von den ersten Relais- und Röhrenmaschinen bis hin zum Laptop nicht nur miterlebt, sondern auch mitgestaltet.“

Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mathematik

AN DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH

HERAUSGEGEBEN VON PROF. DR. E. STIEFEL

H. Rutishauser: *Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen*. (Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mathematik an der ETH. Zürich Nr. 3.) 45 S. m. 8 Abb. und 3 Strukturdiagrammen. Basel 1952, Verlag Birkhäuser, 5,70 SFr

Nr. 3

„...dass man mit diesen Rechenmaschinen nicht nur numerische Probleme löst, sondern auch Rechenpläne ‚berechnet'."

Gemeint sind in heutiger Sprechweise „Programme"

Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen

Heute heisst das „Computer"

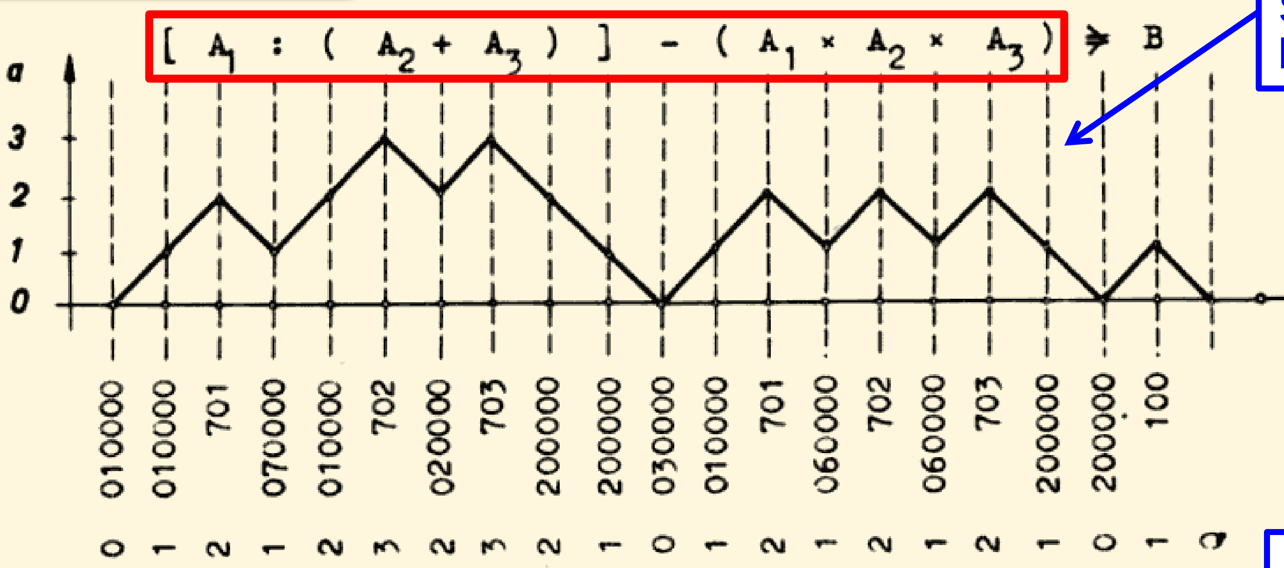
von

Heinz Rutishauser

Auszug aus Rutishausers „Automatische Rechenplanfertigung"

Für den als Beispiel angeführten Klammerausdruck (2.1) zeigt die folgende Aufstellung die Zahlfolgen a_k und b_k, sowie eine graphische Darstellung der a_k :

Fig. 2



Syntax-baum

Blätter

Innere Baum-knoten

Dabei ist angenommen, dass die Zahlen A_i, bzw. B in den Zellen 700+i, bzw. 100 gespeichert seien. Aus der graphischen Darstellung erkennt man sofort, dass den "Bergspitzen" die Operanden des Klammerausdruckes, den "Tälern" dagegen die Operationszeichen entsprechen, während die Klammern in den "Hängen" liegen.

Ansätze algorithmischer Programmiersprachen

Rutishauser entwickelte früh eine Notation für numerische Algorithmen, wovon zentrale Elemente später in die von ihm wesentlich mitgestaltete Sprache Algol eingeflossen sind. Hier aus obiger Veröffentlichung ein Beispiel mit geschachtelten „for"-Schleifen (Gauß-Banachiewicz-Eliminationsverfahren)

Für $k=1(1)n$

Für $i=1(1)k-1$

$a_{ik} \Rightarrow h_o$

Für $j=1(1)i-1$

$h_{j-1}+(t_{ij} \times t_{jk}) \Rightarrow h_j$

Ende Index j

$-(h_{i-1} : t_{ii}) \Rightarrow t_{ik}$

Ende Index i

Für $i=k(1)n$

$a_{ik} \Rightarrow h_o$

Für $j=1(1)i-1$

$h_{j-1}+(t_{ij} \times t_{jk}) \Rightarrow h_j$

Ende Index j

$h_{i-1} \Rightarrow t_{ik}$

Ende Index i

Ende Index k

Für $i=n(-1)1$

$b_i \Rightarrow h_o$

Für $j=i+1(1)n$

$h_{j-1}+(t_{ij} \times x_j) \Rightarrow h_j$

Ende Index j

$h_n \Rightarrow x_i$

Ende Index i

Schluss .

Friedrich L. Bauer erinnert sich…

„Rutishauser nahm noch an, dass die Formel explizit geklammert ist, und unter dieser Annahme zeigte Corrado Böhm 1952, dass man die Auswertung auch sequentiell, normalerweise von links nach rechts, vornehmen kann. In üblicher Schreibweise wird jedoch unter Annahme einer Präzedenz der Multiplikation über der Addition und der Subtraktion auf die vollständige Klammerung verzichtet. In FORTRAN wurde ab 1954 (P.B. Sheridan) durch einen vorgeschalteten Durchlauf die Klammerung vervollständigt. L. Kalmar machte dazu den witzigen Vorschlag, das Multiplikationszeichen × überall durch die Folge)×(zu ersetzen (und die ganze Formel extra einzuklammern). Die entstehenden redundanten Klammern störten Kalmar nicht.“ [Aus: F.L. Bauer: Frühe Zeugnisse der „Software“. Informatik-Spektrum, 2006, 29(6), S. 433-441]

Kämmerer schreibt 1958 zu Rutishausers Methode: „Das Charakteristische dieses Verfahrens ist ein fortgesetztes Durchmustern mit einem immer wieder von links nach rechts wechselnden Augenspiel“. Tatsächlich hat das Verfahren einen mit der Eingabelänge quadratischen Zeitaufwand. F.L. Bauer bezeichnete es in Anspielung an die Prozession in Echternach (Luxemburg) als „Springprozession Rutishausers“.

Friedrich L. Bauer erinnert sich weiter

„Wir verbesserten das Programm von Rutishauser, das eine Springprozession über die Formel vollführte, zu einem streng sequentiellen Verfahren, das auch auf die vollständige Klammerung verzichtete unter Einführung von Operator-Rangordnungen. Das wurde die Grundlage unserer späteren Patentanmeldung von 1957, wobei es das ‚Kellerprinzip' verwendete, nämlich den im Rechner STANISLAUS eingeführten mehrgeschossigen Speicher vom (last in - first out)-Typus.

Klaus Samelson hatte auch die Idee, neben dem ‚Zahlkeller' für Zwischenergebnisse des STANISLAUS auch einen ‚Operationskeller' zu verwenden, um die jeweils ihres Ranges wegen ‚zurückgestellten' Operationen zu kellern."

„Wie sehr das Kellerprinzip inzwischen die Informatik durchdrungen hat, zeigt folgender kleiner Vorfall: Als ich kürzlich einem jungen Mitarbeiter gegenüber äusserte, Prof. Bauer habe den Kellerspeicher erfunden, fragte er: ‚Was gab es denn da zu erfinden? Das ist doch einfach ein Stack!' " -- Fritz Lehmann

The Formula-Controlled Logical Computer "Stanislaus"

By F. L. Bauer

The evaluation of a formula of propositional calculus is considerably simplified if this formula is written in the parenthesis-free notation of the Warsaw School, [1]. The Warsaw notation may be formulated in the following way:

There are symbols for operations, e.g.: N for negation; K for conjunction; A for disjunction; E for equivalence; C for implication; and symbols p, q, r, s, t for variables.

A variable is a formula. A formula preceded by the symbol N is a formula. Two juxtaposed formulas preceded by any one of the symbols, K, A, E, C are a formula. Evaluation of such a formula is done in the following way: Each of the variable symbols $p, q, r, \cdots$ has a value 0 or 1. The operation symbol acts on the value of the one or two formulas governed by it giving the value of the compound formula.

It was remarked in 1950 by H. Angstl, [2], that a mechanical evaluation of a formula, written in Warsaw notation without brackets, can be done in the following easy way: Each of the variable symbols is represented by a box with one output, the negation by a box with one input and one output, and the other operation symbols by a box with two inputs and one output. The meaning of a formula in the Warsaw notation is given by Angstl's rule: The first input of each operation symbol is to be connected with the output of the next following symbol, either variable or operation. The symbol N excepted, the second input of each operation symbol is to be connected with the first remaining free output of a

F.L. Bauer veröffentlichte 1960 einen Aufsatz *The Formula-Controlled Logical Computer „Stanislaus"* (Mathematics of Computation, S. 64 – 67). Darin definiert er induktiv eine formale Sprache für aussagenlogische Ausdrücke („Formeln") in klammerfreier „polnischer" Notation (Bauer nennt diese damals noch ungewöhnliche Notation die "Warschauer Schule", weil sie von Jan Lukasiewicz sowie Alfred Tarski aus Warschau eingeführt wurde).

Falls alle Variablen eines Ausdrucks mit einem Wert (0 bzw. 1) belegt sind, stellt sich die Frage nach einem Algorithmus, der den Ausdruck auswertet. Das im Artikel beschriebene Prinzip („Angstl's rule"), den Ausgang eines inneren Funktionsblocks →

symbol going from left to right. This may be demonstrated by an example, which uses Stanislaus present capacity of eleven symbols: the tautology of transitivity of the implication $[(p \rightarrow q)\ \&\ (q \rightarrow r)] \rightarrow (p \rightarrow r)$, written in Warsaw notation

$$C\,K\,C\,p\,q\,C\,q\,r\,C\,p\,r$$

and represented according to Angstl's rule by the diagram Fig. 1.

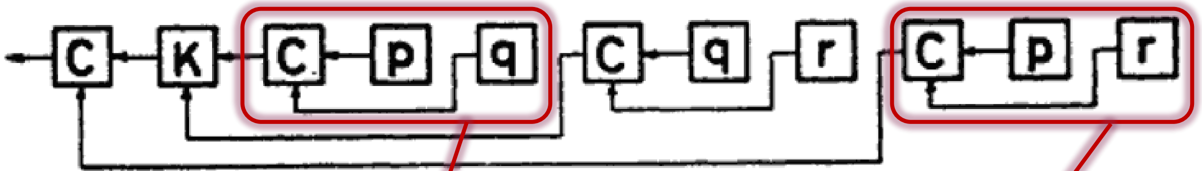
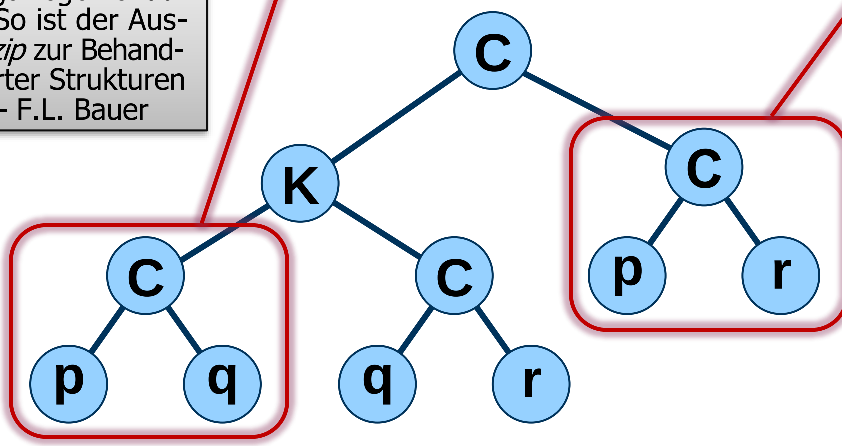


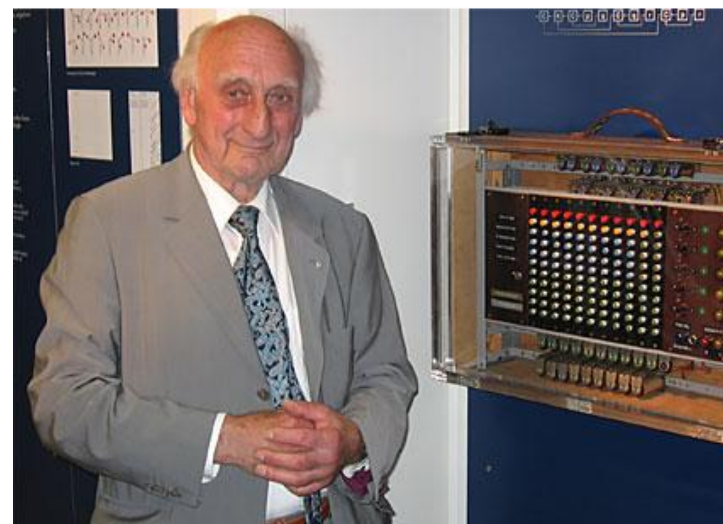
Fig. 1.—Example of a mechanical evaluation of a formula.

mit dem Eingang eines äusseren zu verbinden, entspricht (in heute üblicher Modellierung) einer Baumdarstellung des Ausdrucks. Das Prinzip der Auswertung von Formeln in polnischer Notation half Bauer, dann auch ein effizientes stackbasiertes Verfahren zur Auswertung geklammerter Infix-Formeln und zu deren Übersetzung in Maschinencode zu finden.

„Die Verbindungswege verlaufen im ‚Keller'. So ist der Ausdruck *Kellerprinzip* zur Behandlung geklammerter Strukturen zu verstehen." – F.L. Bauer



F.L. Bauer im Jahr 2004 mit seinem Formelrechner STANISLAUS im Deutschen Museum in München



"Around the turn of the year 1950/51, during a stay in Davos, Switzerland, I made the wiring diagram for the relay calculator; in honor of the Polish school of logic I dubbed it STANISLAUS." – F.L. Bauer

Friedrich L. Bauer in einem Interview 1987

"We knew how to parse mechanically a formula written in Polish or in reverse Polish notation. So when we discussed in 1954 or 1955, Samelson and myself, how to do algebraic compilations, the whole question was: now we have parentheses, and what we do now with parentheses? The solution seemed to be obvious one day; I cannot say whether Samelson or myself... One of us said to the other one, 'It's quite simple. We have to push down the parentheses too; because before we had pushed down our intermediate results for Polish notation, so we have to push down the parentheses too.' That meant that we had an on-line method for transforming algebraic notation into one-address code or three-address code.

F. L. Bauer first heard of the Polish Notation in 1948-49, at the seminar by a German inventor Konrad Zuse, who got the idea from the Viennese logician Karl Menger (1943), who in turn learned about it from a Berlin logician Karl Schröter (1935). It all goes back to an article "Untersuchungen über den Aussagenkalkül" published by Jan Lukasiewicz and Alfred Tarski in 1930 (Soc. Sci. Varsov.).

http://chc60.fgcu.edu/EN/HistoryDetail_Jan.aspx

Now we were aware at that time of Rutishauser's paper from about 1951 on formula translation. Rutishauser had a different method. He had a method that would walk back and forth and would work down from the top of what he called the parenthesis mountain. Our method seemed to be much simpler; in particular, it didn't walk back and forth – it was monotonously running. It went proportional to n if n is the length of the formula, and not to n^2 – which happened with Rutishauser's method. So we considered it to be much simpler and much more efficient.

That started the whole thing on our side of the ALGOL program language – because very soon we found out that not only our arithmetic formula could be parsed this way, but practically everything that you would want to write down in program, provided it has nested structure."

Friedrich L. Bauer schrieb schon 1960…

Rutishauser [4] was first in recognizing that an effective solution of the programming problem requires introducing conventional notation (commonly called "problem oriented language" today) into programming and having the computer do all subsequent phases of translation work. His proposal published in 1952 [5] and the subsequent work of Böhm [14] found no immediate response.

4. RUTISHAUSER, H. Über automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenanlagen. *Z. Angew. Math. Mech.* *31* (1951), 255.
5. RUTISHAUSER, H.: Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen. Mitt. Inst. f. Angew. Math. der ETH Zurich, Nr. 3 (1952).

Auszug aus: K. Samelson, F. L. Bauer: *Sequential Formula Translation*, Communications of the ACM 3(2), pp. 76-83, Feb. 1960

“Computation of a program”

JOURNAL
OF THE
ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY

VOL. 2 January, 1955 NO. 1

SOME PROGRAMMING TECHNIQUES FOR THE ERMETH*

By HEINZ RUTISHAUSER
Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland

At the Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Switzerland, an electronic digital computer (ERMETH) with floating decimal arithmetic and a 10000 word magnetic drum storage[4] is now under construction. Director

3. *Computation of a Program.* Based on the computing experience with the Z4 it is to be expected that we shall have to solve many problems

The customer has to write down the formulas of his problem in a special but quite natural manner, which we call the *algorithmic writing* of the problem. An exact definition will be published later; here we give as an example the algorithmic writing for the approximate calculation of log x with arithmetic-geometric means:* **

Schlüsselwörter "for", "if" etc.

For k=0 : $x^2+1 \Rightarrow a_k$; $2x \Rightarrow b_k$

For k=0(1)n : $\frac{1}{2}(a_k+b_k) \Rightarrow a_{k+1}$; $\sqrt{a_{k+1} \cdot b_k} \Rightarrow b_{k+1}$

$k=n$, if $|a_k-b_k| - 10^{-5}\ b_k < 0$

*This is rather an example for the algorithmic writing than the best method for the computation of log x.

**The symbol ⇒ has the meaning that a number is to be computed according to the formula on the left side of "⇒" and is to be denoted by the symbol on the right side of "⇒". The symbol ⇒ was first used in this sense by K. Zuse.

If this description of the problem is arithmetized (*i. e.*, the symbols "For" ; "if" ; "⇒" ; "(" ; etc. are replaced by appropriate numbers), the machine itself may compute the program including the conditional orders which control the exits from the induction loops of the flow diagram. A description of a possible method for computing a program is given in Rutishauser,[2] especially §4.* Of course the same method can also be

PROPOSAL FOR A UNIVERSAL LANGUAGE FOR
THE DESCRIPTION OF COMPUTING PROCESSES

by

F. L. Bauer
H. Bottenbruch
H. Rutishauser
K. Samelson

INTRODUCTION

In the following, the first stage of an algorithmic language representing the basis of the formula translation project Zurich-Munchen-Mainz-Darmstadt is developed. The language is intended to permit complete description of any computing process in a compact and easily

Vom 16. bis 22. Oktober 1957 trafen sich auf Einladung von Rutishauser u.a. er, Bauer, Hermann Bottenbruch (Doktorand bei Alwin Walther in Darmstadt), Klaus Samelson (Mainz und TU München) in Lugano, um gemeinsam weiter am Entwurf einer algorithmischen Programmiersprache zu arbeiten. Kurz danach erschien das *Proposal for a universal language for the description of computing processes*, mit welchem die Algol-Entwicklung im eigentlichen Sinne, unter Einbezug amerikanischer und weiterer europäischer Wissenschaftler, eingeleitet wurde.

$$(a - b) \times c \Rightarrow t \qquad (1)$$
$$t + s - (a \times c) + (b \times b) \Rightarrow z$$

wherefrom the machine carries out translation into the machine program.

The main principle was to write to the left of the "ergibt"-symbol "=>" the arithmetic expression to be evaluated and to the right the designation of the new quantity defined by the calculation. This "ergibt" symbol corresponds better to the dynamic process of computing than the usual equality symbol. Especially it can be used in situations where the latter may lead to contradictions, e.g., $s + 2 \Rightarrow s$ ("old" s plus 2 yields "new" s).

For description of loops generated by running subscripts, a symbolization of the following form was proposed (example for multiplication of a matrix by a vector):

$$\begin{array}{lll} \text{Für} & i = 1(1)\,n: & \\ \text{Für} & j = o: & o \Rightarrow h_j \\ \text{Für} & j = 1(1)\,n: & h_{j-1} + (a_{ij} \times x_j) \Rightarrow h_j \\ \text{Für} & j = n & h_j \Rightarrow y_i \end{array} \qquad (2)$$

2. Principles of the New Language

The new language follows essentially the ideas given by Rutishauser in his original paper as stated in Section 1: A formula

Man erkennt, dass das Proposal auf den vorangehenden Arbeiten von Rutishauser beruht; der Vorschlag, die Variablenzuweisung durch „=>" auszudrücken (statt durch „=" wie bereits in Fortran) wird allerdings später leider nicht übernommen.

FORTRAN

Bereits etwas früher als ALGOL war in den USA FORTRAN ein Thema. Es war John Backus, der bei IBM das FORTRAN-Projekt leitete und von dem im November 1954 ein 29-seitiges Memo verfasst wurde, in dem die Vorteile einer gegenüber Assembler bzw. Maschinensprache „höheren", also problembewussteren (im Sinne mathematischer Formeln und Algorithmen), Sprache aufgeführt werden. Das Bild gibt den Anfang dieses Memos wieder. Das Programmieren in einer höheren Sprache und die automatische Übersetzung in Maschinencode wurde damals als „automatic coding" bezeichnet. Als Vorteil wird herausgestellt, dass das Programmieren viel schneller gehen würde und das Debugging praktisch entfallen würde, ferner wären FORTRAN-Programme leichter auf zukünftige Maschinen mit anderem Maschinencode portierbar. Kurz: „Great economy of time and money; feasibility of more mathematical experiments; ability to apply complex, lengthy techniques in coding a problem."

PRELIMINARY REPORT

Specifications for the IBM Mathematical FORmula TRANslating System,

FORTRAN

The IBM Mathematical Formula Translating System or briefly, FORTRAN, will comprise a large set of programs to enable the IBM 704 to accept a concise formulation of a problem in terms of a mathematical notation and to produce automatically a high speed 704 program for the solution of the problem. The logic of the 704 is such that, for the first time, programming techniques have been devised which can be applied by an automatic coding system in such a way that an automatically coded problem, which has been concisely stated in a language which does not resemble a machine language, will be executed in about the same time that would be required had the problem been laboriously hand coded. Heretofore, systems which have sought to reduce the job of coding and debugging problems have offered the choice of easy coding and slow execution or laborious coding and fast execution.

It is felt that FORTRAN offers as convenient a language for stating problems for machine solution as is now known. Studies have indicated that a hand coded program for a problem will usually contain at least 5 times as many characters and sometimes 20 times as many characters as the problem statement in FORTRAN language. Furthermore, after an hour course in FORTRAN notation, the average programmer can fully understand the steps of a procedure stated in FORTRAN language without any additional comments.

Ambros Speiser erinnert sich...
...an Zuses Z4-Computer, Rutishauser und dessen Compiler


Rutishauser (li.) und Speiser (re.)

Rutishauser, who was exceptionally creative, devised a way of letting the Z4 run as a compiler, a mode of operation which Zuse had never intended. For this purpose, the necessary instructions were interpreted as numbers and stored in the memory. Then, a compiler program calculated the program and punched it out on a tape. All this required certain hard-ware changes. Rutishauser compiled a program with as many as 4000 instructions. Zuse was quite impressed when we showed him this achievement.

It was my job to make the necessary wiring changes. I vividly remember the hours it took me to find out which of the per-haps 30,000 soldering joints had to be changed to implement Rutishauser's ideas!

[Konrad Zuse's Z4: Architecture, Programming, and Modifications at the ETH Zurich]

Autocode: Instructions take the form of words

Programme in algebraischer und algorithmischer Notation sowie zugehörige „Compiler" werden fast zeitgleich in England erfunden:

Auszug aus Kapitel 5 "Programming for high-speed digital calculating machines" von John Makepeace Bennett & Alick Edwards Glennie, veröffentlicht in "Faster Than Thought" (Hg: Bertram Vivian Bowden), S. 112-113, 1953:

AUTOMATIC CODING

It has been found possible to use the Manchester machine to convert programmes written in a notation very similar to simple algebraic notation into its own code. The programme, in this simple form, is fed into the machine under the control of a special input routine which makes the translation into the code of the machine. The notation has been designed to be as near as possible to the usual notation of algebra, so that the construction and checking of programmes is made easy; this lessens the difficulty that is found in constructing large and complicated programmes.

The notation consists of two parts; one for the description of the numerical calculations, and the other for the description of the organization of the calculations into a completely automatic process. The description of the numerical calculation is in the form of algebraic "equations" using the simple basic operations of addition, subtraction, and multiplication, as in the following equation which describes the addition of several numbers contained in storage locations for which the code letters are *x, y, z* and so on. It is–

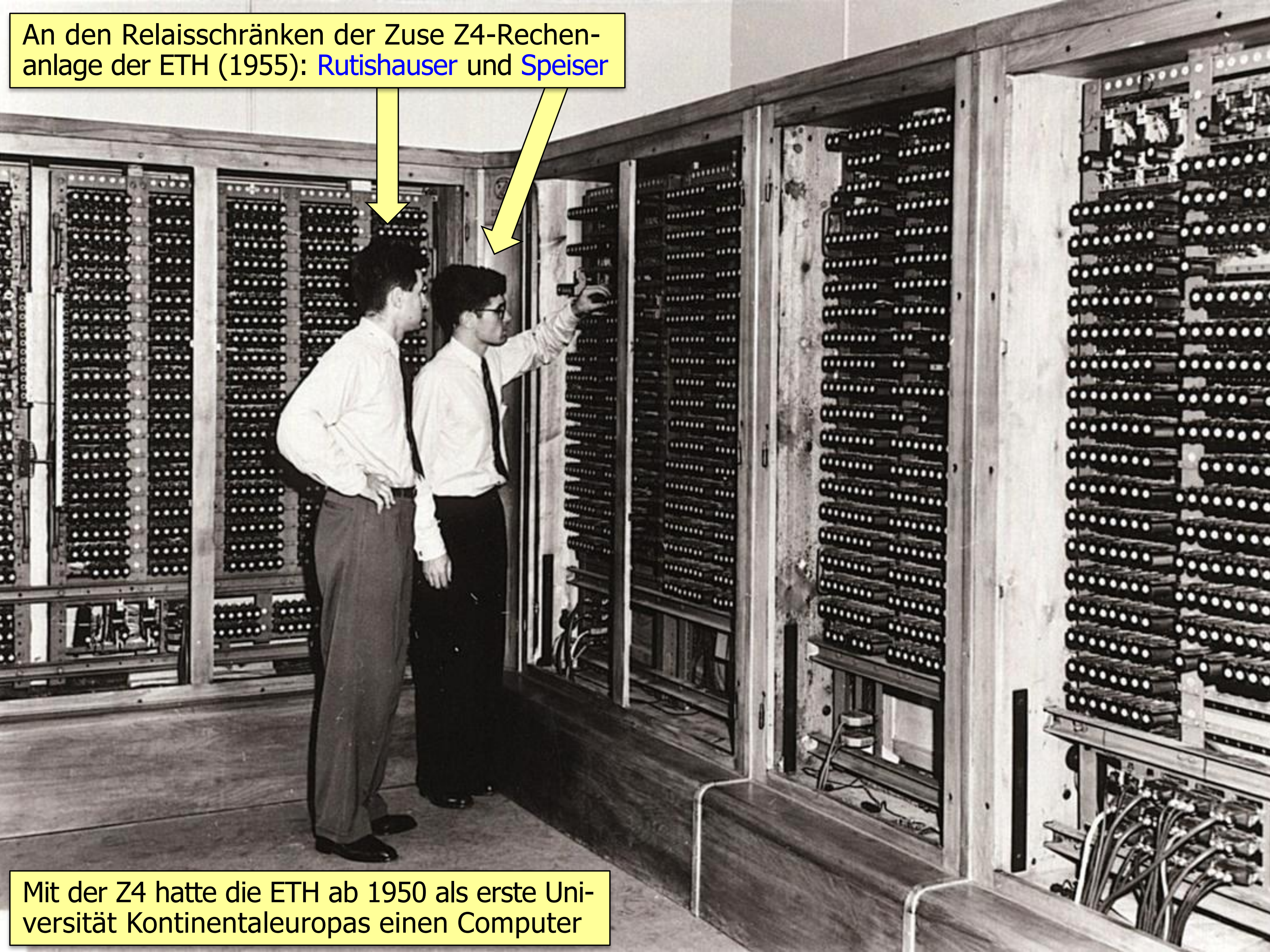
$$+ x + y + z + a + b \rightarrow c$$

The result of the sum is to be found in the storage location *c*. These locations are not fixed, but may be defined according to need. This type of notation is sufficient for the description of most numerical calculations.

For the description of the organization, which forms a considerable part of any programme, instructions take the form of words (in English) which, when interpreted by the machine, cause the correct instructions in the machine's code to be synthesized. Thus if a subroutine is required during the calculation, for printing the results or the calculation of auxiliary functions, it is sufficient to write the word *subroutine* followed by a number describing which subroutine is meant. By an extension of this technique it would be possible to call for the particular subroutine by name (e.g. *cosine* for a subroutine for calculating cosines). This has not yet been done as the gain in convenience would be too small to warrant the trouble. In the system now in use, English words are used to specify transfers of control, counting and many of the more common programme tricks. The total number of descriptive words is 13, and this has been found adequate for most purposes.

Programming with such a system for making the machine do its own coding does not lead to the most economical or fastest programmes, but the loss in "efficiency" is not more than about 10 per cent and is a small price for the convenience that results.

An den Relaisschränken der Zuse Z4-Rechen-
anlage der ETH (1955): Rutishauser und Speiser



Mit der Z4 hatte die ETH ab 1950 als erste Uni-
versität Kontinentaleuropas einen Computer

Heinz Rutishauser (1918 – 1970)

- Geboren 1918 in Weinfelden
- 1924 – 1936 Kantonsschule Frauenfeld
- Ab 1936 Studium an der ETH
- 1942 Diplom in Mathematik

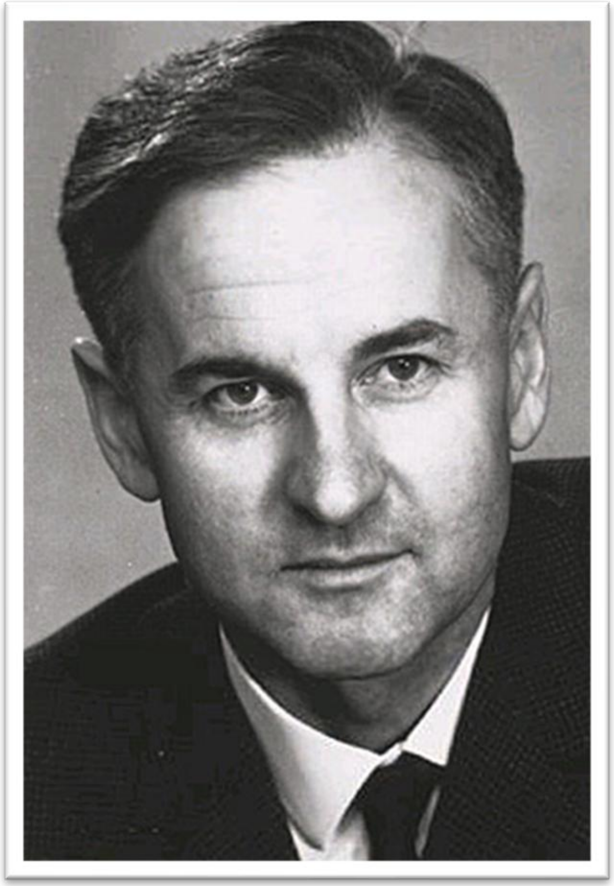
Heinz Rutishauser (1918 – 1970)

- 1948 Dissertation an der ETH
- 1949 – 1955 ERMETH-Entwicklung (Elektronische Rechenmaschine der ETH; mit Ambros Speiser bei Prof. Stiefel)
  - Ab 1955 Professor an der ETH
  - Entscheidende Beiträge zur Programmiersprache ALGOL
- Ab 1968 Leiter der neu gegründeten ETH-Fachgruppe „Computerwissenschaften"

Heinz Rutishauser an der Konsole von Zuses Z4-Rechenanlage, 1950 (Bild: ETH-Bibliothek).

Heinz Rutishauser

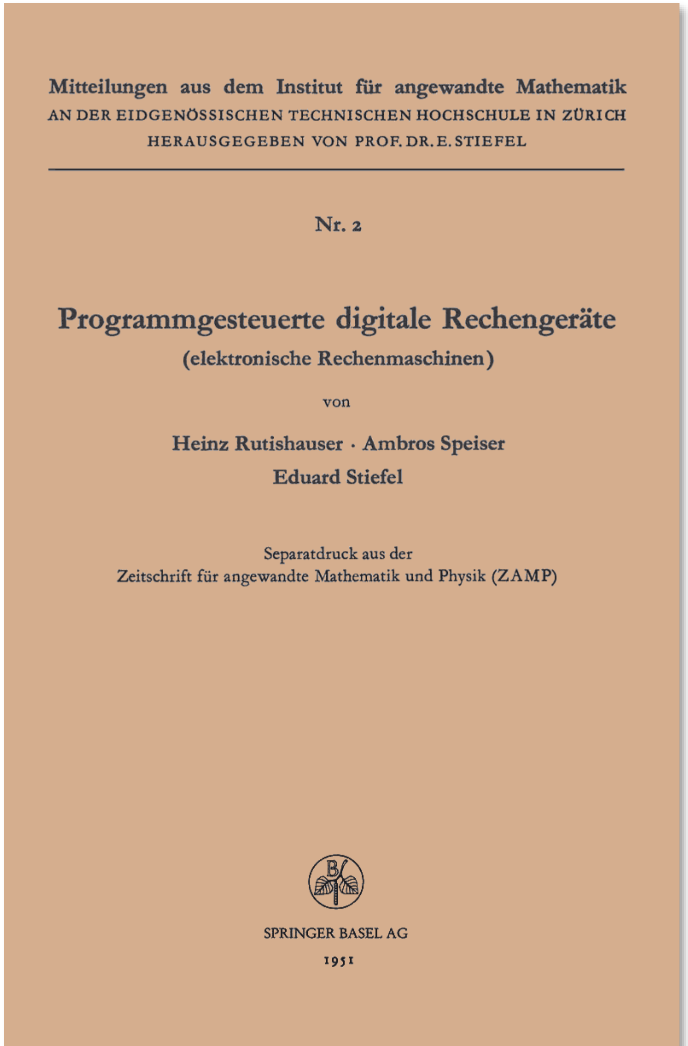
„1968 war Rutishauser im Besitz eines Rufes nach München auf eine Professur, die mit der Leitung des Leibniz-Rechenzentrums verbunden war. Es gelang mir im Mai 1968 nicht, ihn zu überreden, den Ruf anzunehmen; er nannte mir damals gesundheitliche Gründe und seine Befürchtungen waren, wie sich leider herausstellte, nicht grundlos. Dass er in Zürich verblieb, hat dann dem Aufbau der zunächst Computerwissenschaften genannten Informatik sehr geholfen."



Aus F.L. Bauer „Computer und Algebra" (in: *Zwanzig Jahre Institut für Informatik*, Bericht des Instituts für Informatik, ETH Zürich, 1988)

Heinz Rutishauser

„Er gehörte zu den ersten, die die über die Numerik hinausreichenden Fähigkeiten der digitalen Rechenanlage erkannten und nutzten – und damit halfen, das Gesicht der Informatik zu formen.“ -- F. L. Bauer



Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mathematik
AN DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH
HERAUSGEGEBEN VON PROF. DR. E. STIEFEL

Nr. 2

Programmgesteuerte digitale Rechengeräte
(elektronische Rechenmaschinen)

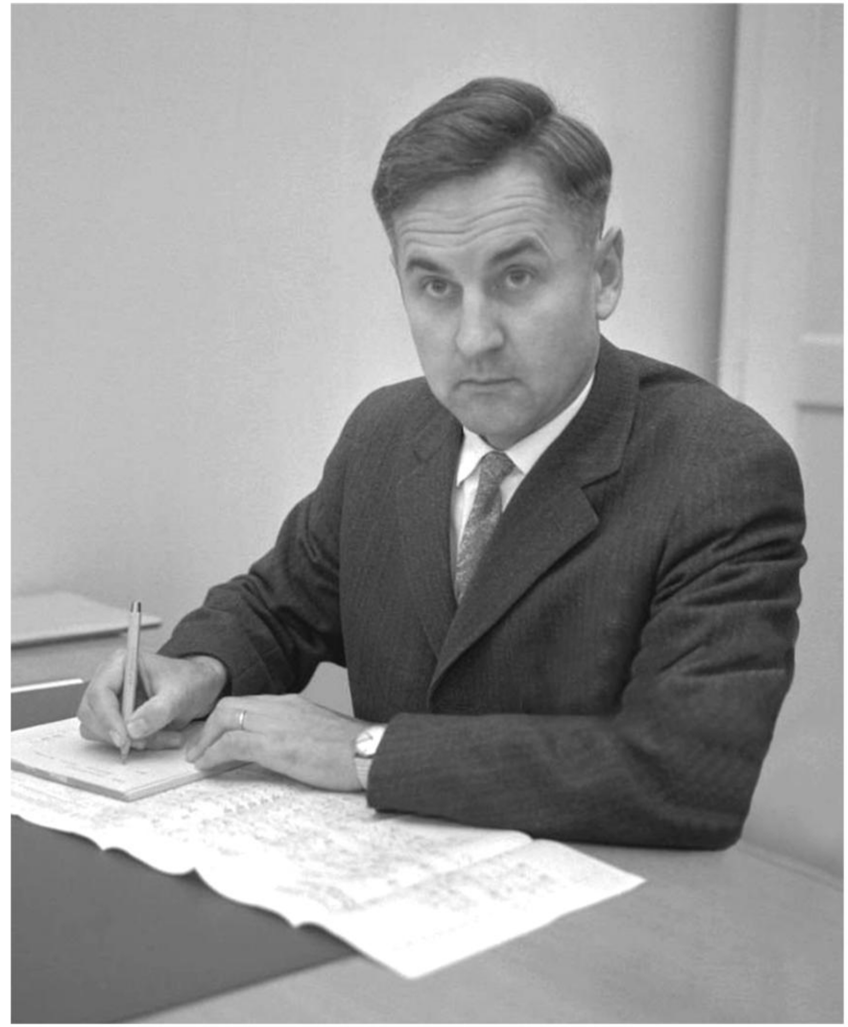
von

Heinz Rutishauser · Ambros Speiser
Eduard Stiefel

Separatdruck aus der
Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik (ZAMP)

SPRINGER BASEL AG
1951

„Jahrelang die beste Dokumentation über den Computer in deutscher Sprache“ – H. Zemanek



Heinz Rutishauser bei seiner Arbeit am Institutsschreibtisch

https://inf.ethz.ch/de/departement/geschichte/meilensteine-forschung.html

Informationsverarbeitung und ETH Zürich haben einen unersetzlichen Verlust erlitten: am 10. November 1970 starb Prof. Dr. Heinz Rutishauser, mitten in seiner Arbeit am Institutsschreibtisch an einem Herzleiden, das ihn schon lange gequält hatte, und dennoch völlig unerwartet. Nicht nur seine Familie bleibt in tiefem Schmerz zurück: wohl selten hat ein Mensch eine solche Lücke hinterlassen und soviel Empfindung bei Mitarbeitern und Kollegen. Heinz Rutishauser war eine ungewöhnliche Mischung von Genialität und Menschlichkeit; seine Bescheidenheit und Güte hielten ihn so sehr in der Unauffälligkeit, daß die Fachwelt erst allmählich bemerken wird, was sie an ihm verloren hat. [...]

Die besondere Liebe Rutishausers, schreibt sein Lehrer Walter Saxer, galt den Algorithmen; in ihrer Erfindung war er ein wahrer Meister. Tatsächlich bilden viele von ihm aufgestellten Algorithmen den Grundbestand jedes einschlägigen Lehrbuchs. Von dieser Basis aus wurde Rutishauser zum Pionier der numerischen Analysis. [...]

Rutishausers Habilitation „Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen“ ist der Beginn der Programmierungssprachen und der Ausgangspunkt für ALGOL. Sein Vorschlag, die Rechenmaschine selbst für die Rechenplanfertigung heranzuziehen, erscheint uns heute so selbstverständlich, daß wir uns nicht vorstellen können, welchen Fortschritt gegenüber den Programmboxes der frühen Maschinen dieser Gedanke bedeutet hat. [...]

Wer ihn in seiner bedächtigen, aber urteilssicheren, wortkargen, aber gedankenreichen Art gekannt hat, seinen feinen Humor und seine behutsame Geschicklichkeit, Differenzen zu bereinigen, weiß, daß wir einen genialen und charakterstarken Menschen verloren haben.

Nachruf, verfasst von H. Zemanek, Elektronische Rechenanlagen 12, S. 305, Dezember 1970

Am 10. November 1970, an seinem Schreibtisch in der ETH sitzend, starb an einem akuten Herzversagen Dr. HEINZ RUTISHAUSER, ord. Professor für Angewandte Mathematik, der große Meister der Numerischen Mathematik und der Computer-Wissenschaften, der Informatik. Die Eidgenössische Technische Hochschule zu Zürich, die so viele bedeutende Gelehrte hervor- und zum Wirken gebracht hat, besaß in RUTISHAUSER einen Mann, dessen Ruhm über die Welt verbreitet ist.

Die ungewöhnlichen Fähigkeiten RUTISHAUSERS zeigten sich seinen akademischen Lehrern schon während des Studiums, und mehr noch in seiner ausgezeichneten Dissertation, die er unter SAXER auf dem Gebiet der Funktionentheorie fertigte. Seine Habilitationsschrift im Jahre 1951 brachte dann sogleich den ganz großen Wurf: Unter dem Titel *„Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen"* legte er die Grundlage für die Entwicklung höherer Programmiersprachen und deren Übersetzung. Es heißt darin: „…*gewann … die Überzeugung, daß es möglich sein müsse, die programmgesteuerte Rechenmaschine selbst dank ihrer Vielseitigkeit als Planfertigungsgerät zu verwenden. Dies würde also bedeuten, daß man mit diesen Rechenmaschinen nicht nur numerische Probleme löst, sondern auch Rechenpläne ‚berechnet'.*" In genialer Weise die Anregung aufgreifend, die ZUSE mit seinem „Plankalkül" gegeben hatte, zeigt RUTISHAUSER sogleich die Lösung durch die Maschine selbst und stößt darin, weit über VON NEUMANN hinaus, zur vollständigen Abschaffung des Unterschieds zwischen Daten und Programm vor.

Nachruf, verfasst von F.L. Bauer, Computing 7, 129-130 (1971)

Mehr zu Heinz Rutishauser:

Hanna Rutishauser: Numerik, ALGOL und die Schweizer Hochalpen. Zur Arbeit an der Biografie von Heinz Rutishauser (1918–1970). Informatik-Spektrum, Okt. 2013, 36(5), 463-468, http://dx.doi.org/10.1007/s00287-013-0730-z

Konrad Zuse (1910 – 1995) präsentiert seinen Z4-Computer

„Immerhin besass das verschlafene Zürich durch die ratternde Z4 ein, wenn auch bescheidenes, Nachtleben. Ich selbst besass einen Schlüssel zum Hauptgebäude der ETH, und manches Mal bin ich spät in der Nacht durch die einsamen Züricher Gassen gegangen, um nach der Z4 zu sehen. Es war ein eigenartiges Gefühl, in die menschenleere ETH einzutreten und bereits im Parterre zu hören, dass die Z4 im obersten Stock noch einwandfrei arbeitete.“

Die Z4 an der ETH Zürich

I regard the computing machine as being not in the category of the large astronomical telescope, which is a pleasant but optional luxury for a university, but rather in the category of the electronuclear particle accelerator, which is a necessity for any university.
-- Louis N. Ridenour, Vice President Lockheed, 1947

„Bei längeren Rechenprozessen werden der Maschine Befehle über die Art und Aufeinanderfolge der auszuführenden arithmetischen Operationen gegeben, indem die nötigen Instruktionen in einem einfachen Code auf dem im Bild sichtbaren Lochstreifen vom Mathematiker eingelocht werden. Das Gerät führt dann die ganze Rechnung vollautomatisch durch, indem Zwischenresultate in dem Speicherwerk hinten links aufbewahrt und Schlußresultate auf der elektrischen Schreibmaschine gedruckt werden." -- Eduard Stiefel

„Programmgesteuertes Rechengerät" ist eine treffende Bezeichnung früher Computer

NEUE ZÜRCHER ZEITUNG

TECHNIK

Mittwoch, 30. August 1950 Blatt 15
Mittagausgabe Nr. 1796 (50)

Das programmgesteuerte Rechengerät an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

Die Entwicklung programmgesteuerter Rechenmaschinen in den Vereinigten Staaten von Amerika wurde in den Artikeln „Elektronische Rechenmaschinen" (vgl. Nr. 2140 der „N. Z. Z." vom 13. Oktober 1948) und „Die neueste elektronische Rechenmaschine" (vgl. Nr. 871 der „N. Z. Z." vom 26. April 1950) behandelt. Nachstehend soll von einem Gerät deutscher Herkunft — Zuse K.-G., Neukirchen — die Rede sein, welches im Juli dieses Jahres am Institut für angewandte Mathematik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, das unter der Leitung von Prof. Dr. E. Stiefel steht, in Betrieb genommen wurde. Damit ist dieses Institut in der Lage, dem in der Schweiz immer stärker werdenden Bedürfnis nach einer leistungsfähigen Zentralstelle für numerische Rechnungen wenigstens teilweise gerecht zu werden. Bereits sind einige mathematische Probleme behandelt worden, und die Erledigung vieler anderer Aufgaben ist vorbereitet.

Merkmale des Gerätes

Das Gerät ist ein Glied in dem längeren Entwicklungsprogramm des Ingenieurs *Konrad Zuse;* es wurde im Auftrag des *Institutes für angewandte Mathematik* der E. T. H. unter Berücksichtigung von dessen Wünschen und Ideen von Zuse als *„Modell Z 4"* konstruiert. Die ursprüngliche Entwicklung in Deutschland erfolgte in den Kriegsjahren und verlief völlig unabhängig von den Untersuchungen in den Vereinigten Staaten. Es ist überaus interessant festzustellen, wie für die meisten wichtigen funktionellen Probleme beiderorts genau dieselbe Lösung gefunden wurde, wie aber anderseits gewissen Fragen sekundärer Wichtigkeit eine ganz unterschiedliche Bedeutung beigemessen wurde.

Eine kurze technische Charakterisierung lautet wie folgt: Elektromechanisch arbeitendes Gerät mit 2200 Relais, 21 Schrittschaltern und einem Speicher für 64 Zahlen, welcher mit neuartigen, mechanischen Schaltgliedern arbeitet; Verwendung des Dualsystems und der halblogarithmischen Darstellung; Multiplikationszeit 2,5 Sekunden; Programmsteuerung mit Hilfe zweier Lochstreifen, auf die wahlweise umgeschaltet werden kann; Eingabe von Zahlen durch eine Tastatur oder durch einen Lochstreifen; Abgabe der Resultate durch Lampenfeld, Lochstreifen oder Druckwerk.

Das duale Zahlsystem

Allgemein wird programmgesteuerten Rechengeräten häufig das duale Zahlsystem zugrunde gelegt, welches nur die zwei Zahlsymbole 0 und 1 verwendet, während das bekannte Dezimalsystem

Lesen wir eine Dezimalzahl von rechts nach links, so erhöht sich das Gewicht von Stelle zu Stelle um den Faktor 10. Im *Dualsystem* ist nun einfach dieser Faktor 10 durch 2 zu ersetzen. Also bedeutet die (nunmehr duale) Zahl abcd,efg den Ausdruck:

$$a \cdot 2^3 + b \cdot 2^2 + c \cdot 2^1 + d \cdot 2^0 + e \cdot 2^{-1} + f \cdot 2^{-2} + g \cdot 2^{-3}$$

Die Zahl 1 wird in beiden Systemen gleich dargestellt. Um jedoch duale von dezimalen Zahlen deutlich zu trennen, schreiben wir die duale 1 als L. — Dagegen weicht schon die 2 ab, indem sie dual L0 lautet; denn dies bedeutet ja $1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 2$. Wenn einer Zahl (ohne Stellen nach dem Komma) rechts eine Null zugefügt wird, so vergrößert sie sich um den Faktor 2 (und nicht, wie im Dezimalsystem, um den Faktor 10). Auf diese Weise kann aus L0 = 2 auf einfachste Weise gebildet werden: L00 = 4, L000 = 8, L0000 = 16, usw.

Die Dualzahl L0L0L bedeutet nun also:

$$1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 21$$

Ganz analog sind etwaige Stellen nach dem Komma zu interpretieren; so wird L, 0LL wie folgt übersetzt:

$$1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = 1 + 1/4 + 1/8 = 1,375$$

Der große Vorteil, der das Dualsystem für Rechenautomaten so geeignet macht, nämlich die Reduktion der Anzahl der verwendeten Symbole auf nur zwei, wird allerdings durch einen Nachteil erkauft: Es braucht mehr Stellen, um eine bestimmte Zahl darzustellen. Die einstellige Zahl 8

Aenderung des Maßstabes durchgerechnet werden können.

Die beschriebene Darstellung bringt eine gewisse Komplikation der Rechenoperationen mit sich. So müssen vor einer Addition die beiden Summanden zunächst so verschoben werden, daß ihre Kommata untereinander zu liegen kommen, was an Hand eines Beispiels erläutert werden soll. Damit der Leser nicht durch das ungewohnte duale Zahlsystem verwirrt wird, ist das Beispiel im Dezimalsystem durchgeführt; doch wird daran erinnert, daß das Gerät in Wirklichkeit mit dualen Zahlen rechnet.

Es soll also etwa addiert werden: $2,345678 \times 10^2 + 9,876543 \times 10^{-1}$ (Man beachte, daß die eigentliche Zahl stets zwischen 1 und 10 liegt, also das Komma nach der ersten Stelle hat.) Nun müssen die beiden Summanden „ausgerichtet" werden, d. h. die beiden Exponenten sind einander gleich zu machen, und zwar erhält der kleinere Exponent den Wert des größeren, also 2. Die Zahlen lauten nun, richtig untereinander geschrieben und addiert, wie folgt:

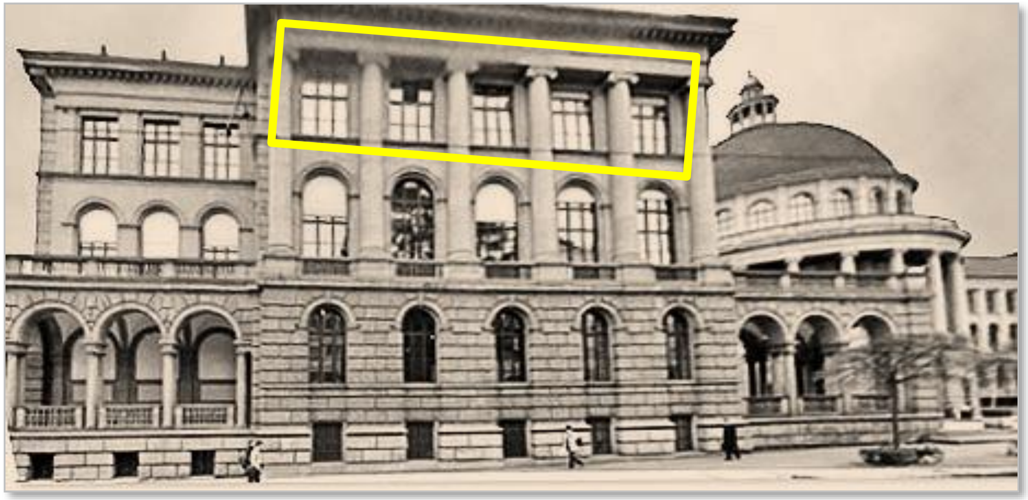
$$\begin{array}{r} 2,345678 \times 10^2 \\ 0,009876 \times 10^2 \\ \hline 2,355554 \times 10^2 \end{array}$$

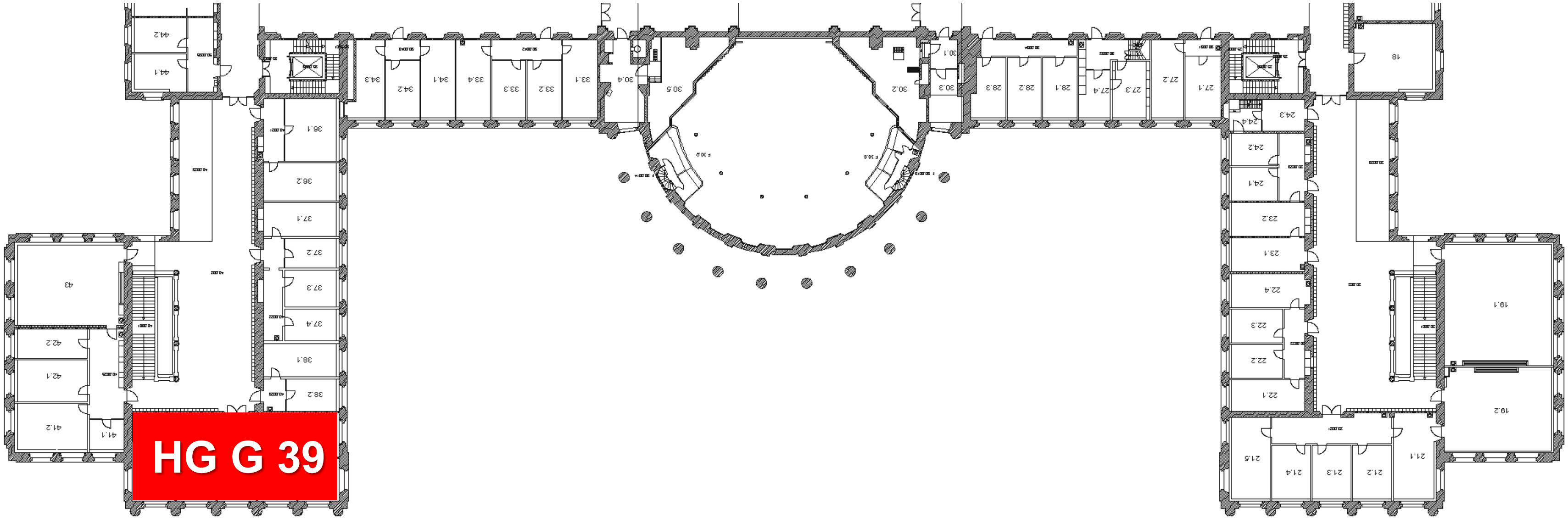
Es ist ersichtlich, daß bei der kleineren der beiden Zahlen rechts einige Stellen abgeschnitten werden mußten; denn wenn die Summanden siebenstellig gegeben waren, so soll auch das Resultat nicht mehr als sieben Stellen enthalten.

Abb. 2. Der Schaltpult bei der Fertigung eines Rechenplanes. Die Abtaster für den Lochstreifen sind deutlich sichtbar.

Befehle können „bedingt" gegeben werden, d. h. ihre Ausführung wird von der Natur eines errechneten Resultates abhängig gemacht. Erst dadurch werden die außerordentlich weiten Perspek-

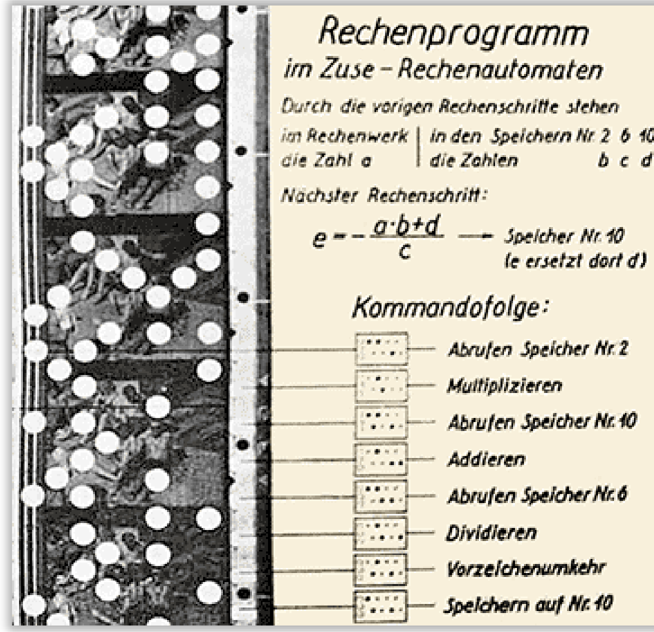
Die Z4 an der ETH Zürich





Der elektromechanische Computer Z4 von Zuse

- Konstruiert 1942 – 1945 in Berlin
- 2200 Telefonrelais, Gewicht ca. 1 t
- 64 mechanische Speicherplätze für Zahlen
  - Aber kein Speicher für Befehle
- Programme („Rechenpläne“) wurden auf Lochstreifen (alte Kinofilme) gestanzt
- Rechenwerk im Dualsystem, Zahlen in Gleitpunktdarstellung
- Ca. 1 s / Befehl; ca. 3 s / arithm. Operation
  - Programmieren mit Herstellen der Lochstreifen benötigte oft sowieso den grössten Zeitanteil, → geringe Geschwindigkeit kein grosses Problem



„Das Programm wurde auf ausgedienten Kinofilmstreifen gelocht, die wir oft auf interessante Bilder abgesucht haben. Doch wesentlich war, dass man diese Filme zu Schleifen zusammenkleben konnte und damit die Möglichkeit hatte, da es zwei Abtaststellen gab, bis zu zwei Programmschleifen zu bilden und ineinander zu schachteln.“

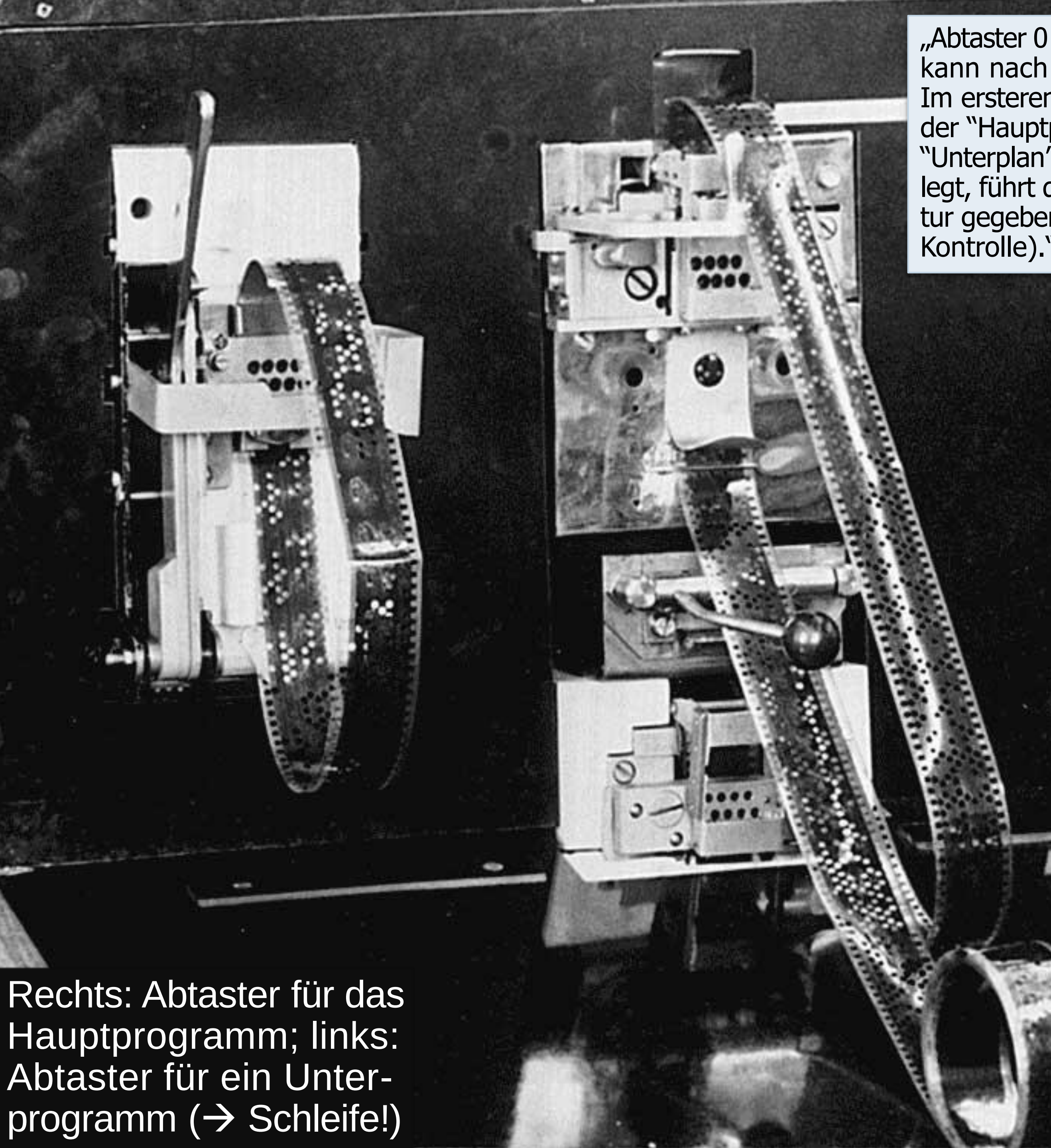
-- Peter Läuchli, ab 1953 Assistent bei Eduard Stiefel

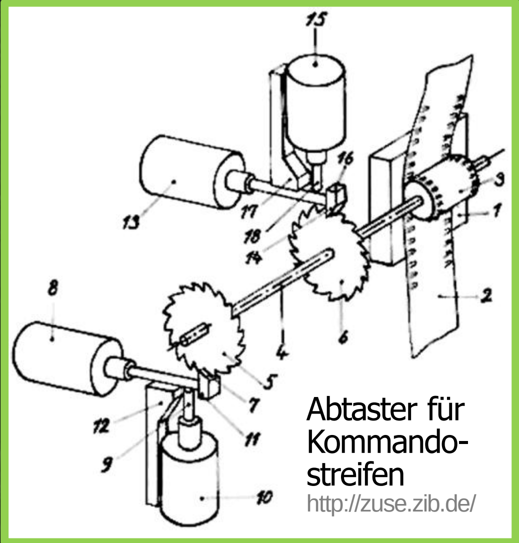
Einlegen des Films: Bild aufrecht, Tonstreifen links. (Schicht gegen den Beschauer). Abtastung der Befehle durch 8 Nadeln im Abtaster, die einen Kontakt schliessen, wenn sich an der betreffenden Stelle ein Loch befindet. Die entstehenden Impulse werden dem Leitwerk zugeführt, welches Befehle entschlüsselt und deren Ausfuhrung veranlasst.

Aus: Gebrauchsanweisung Z4, ETH Zürich, 1952

Bildquellen (auch nächste Seite): www.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-56183-3.html, www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk/bilder/1951_z4-lochstreifen.jpg

„Abtaster 0 hat nur Befehle abzulesen. Abtaster 1 kann nach Wahl Befehle oder Zahlen ablesen. Im ersteren Fall heisst der Streifen in Abtaster 0 der “Hauptplan” und derjenige in Abtaster 1 der “Unterplan”. Wenn in Abtaster 0 kein Film eingelegt, führt die Maschine die auf der Befehlstastatur gegebenen Befehle sofort aus. (Fehlersuche, Kontrolle).“ Aus: Gebrauchsanweisung Z4.



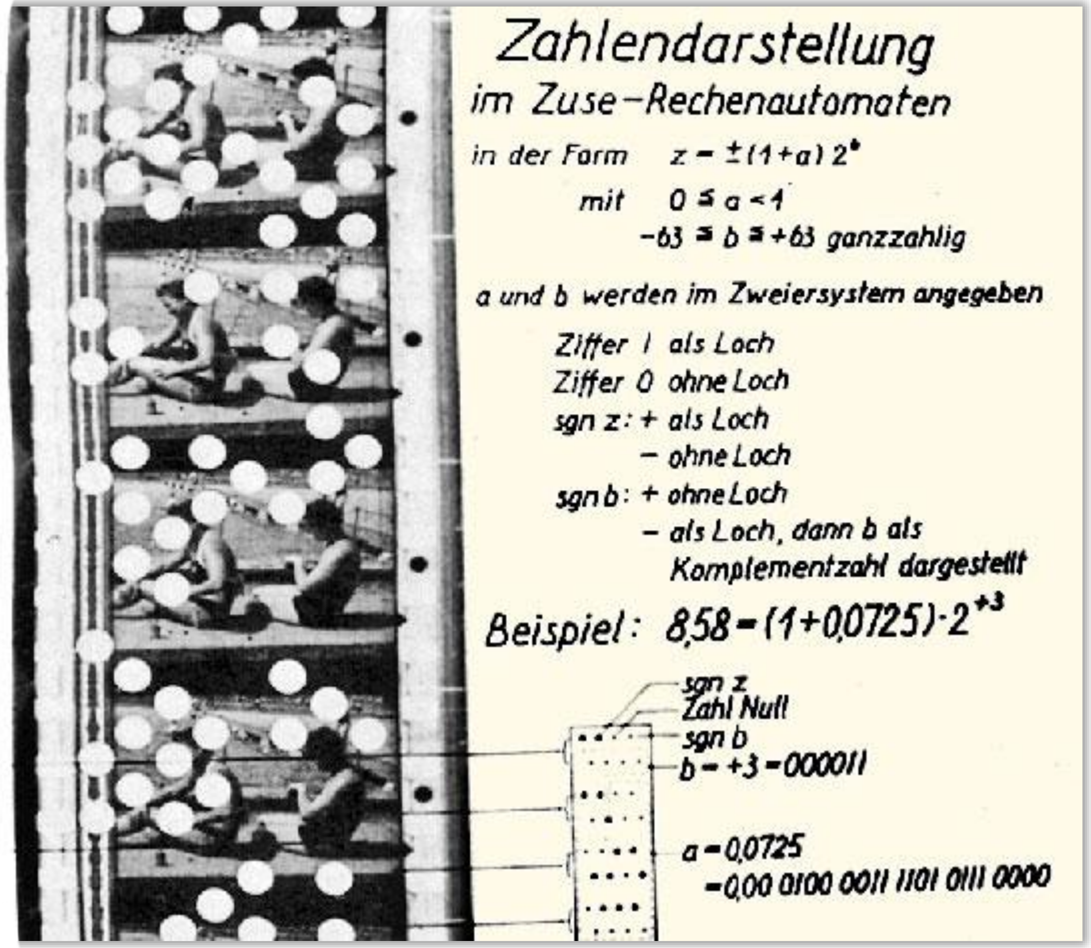


Abtaster für Kommando-streifen
http://zuse.zib.de/

Rechts: Abtaster für das Hauptprogramm; links: Abtaster für ein Unterprogramm (→ Schleife!)

Z4: Lochfilm-Zahlencode

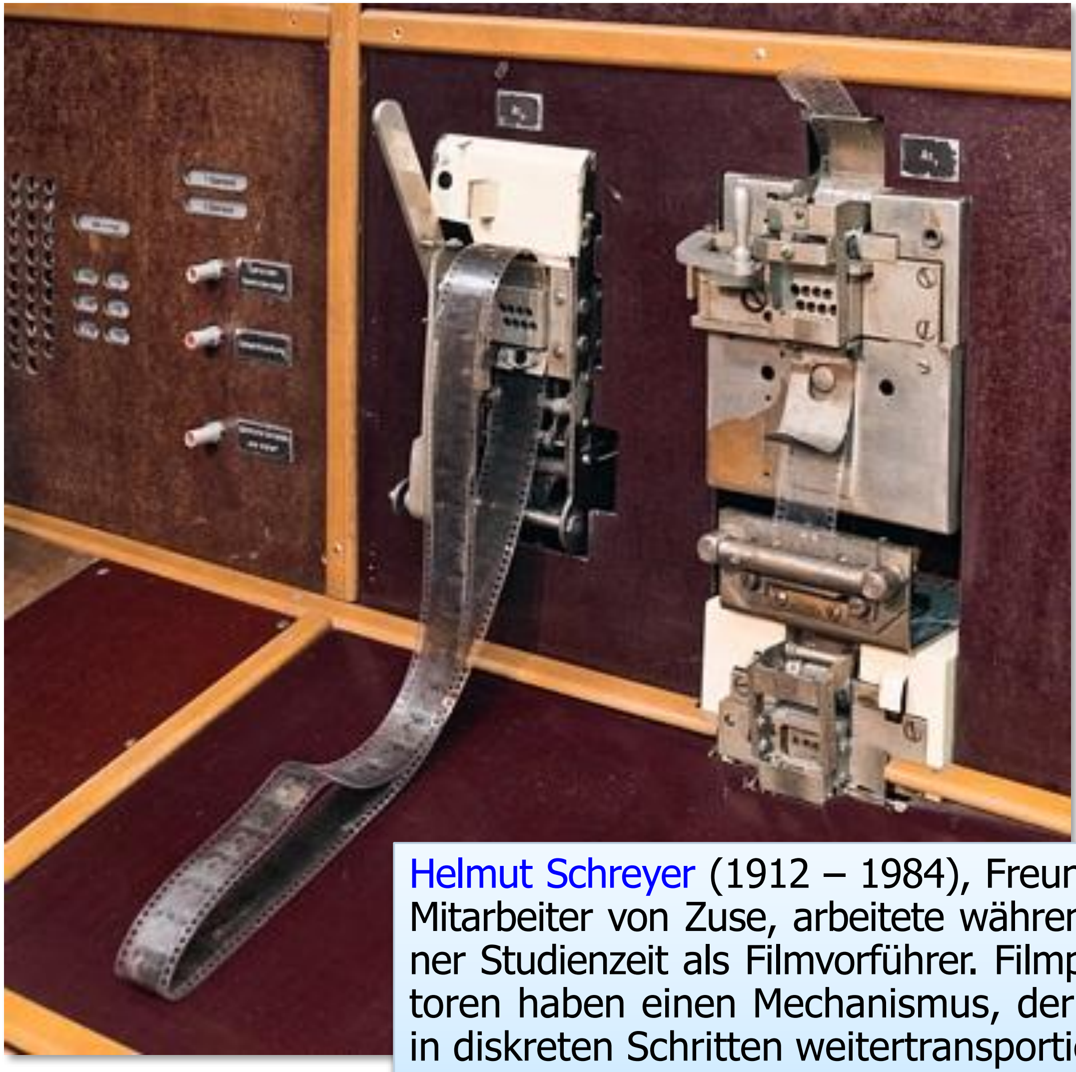
„Heute weiss jeder Programmierer, wie Programmschleifen zu schreiben sind. Aber keiner weiss mehr, dass Schleifen nicht einfach mit Uhu zusammengeklebt werden dürfen, weil sie sonst in den Lesegeräten stecken bleiben. Man muss den Klebstoff mit Aceton verdünnen.“ [Rudolf Kippenhahn]



Um grosse Löcher und sicheres Abtasten zu erreichen, wurden je 4 Codelochungen in einer Spalte zu den benachbarten versetzt angeordnet, und die 8 Lochspalten einer Zahl in halblogarithmischer Notation ineinander geschachtelt.

Eine Schwimmbadszene (in der Tat meldet cloud.google.com/vision/ von Google “Sun Tanning 95%”; dagegen findet www.captionbot.ai von Microsoft “I think it’s a group of people sitting in a field”)

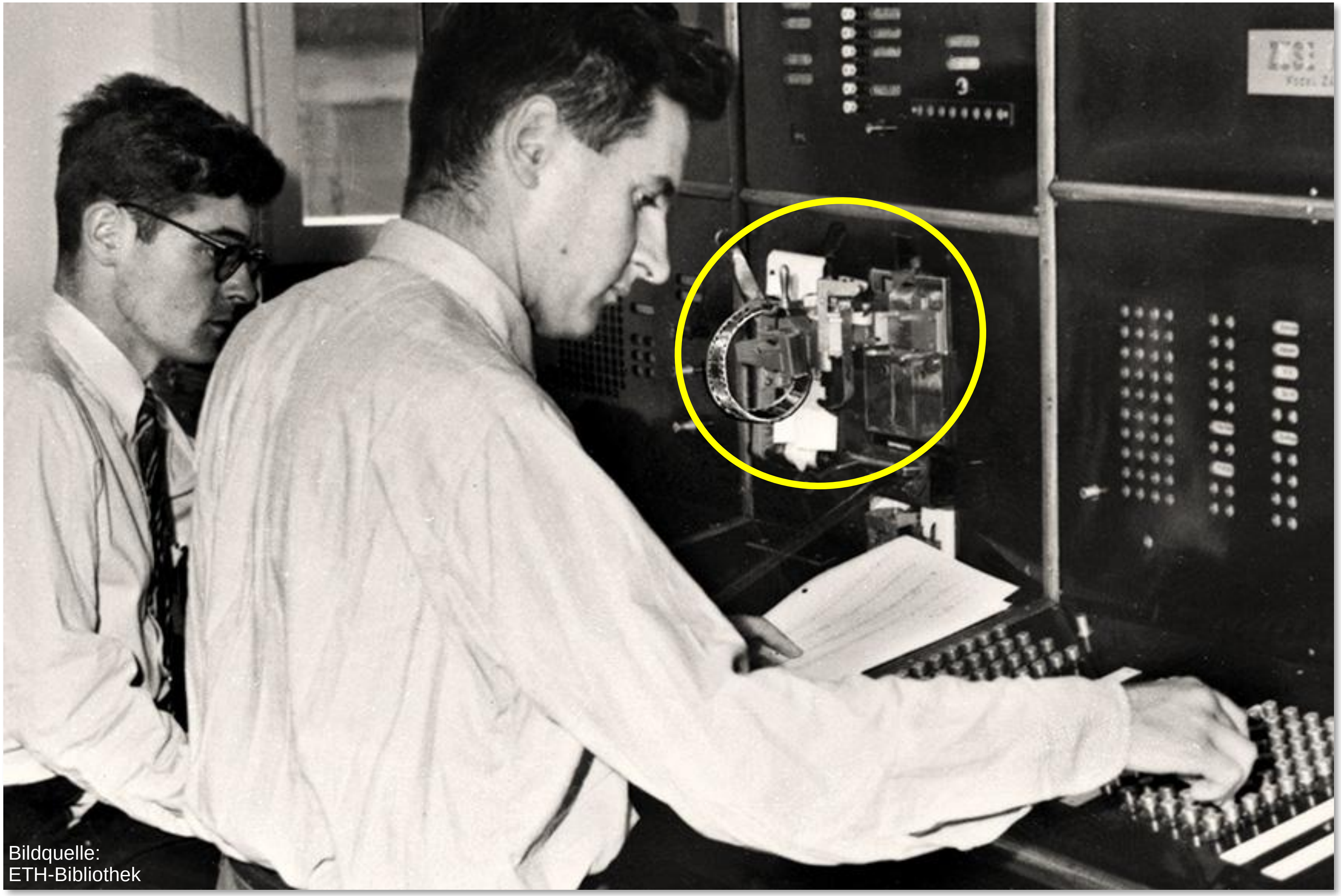
Z4: Programmbefehle auf gelochten Kinofilmstreifen



Helmut Schreyer (1912 – 1984), Freund und Mitarbeiter von Zuse, arbeitete während seiner Studienzeit als Filmvorführer. Filmprojektoren haben einen Mechanismus, der Filme in diskreten Schritten weitertransportiert.

Bildquelle: www.deutsches-museum.de/en/exhibitions/communication/computers/universal-computers/

Z4: Programm auf gelochten Kinofilmstreifen



Speiser und Rutishauser an der Konsole der Z4; Film-Lochstreifenabtaster in Bildmitte

Z4: Rechenplanfertigung

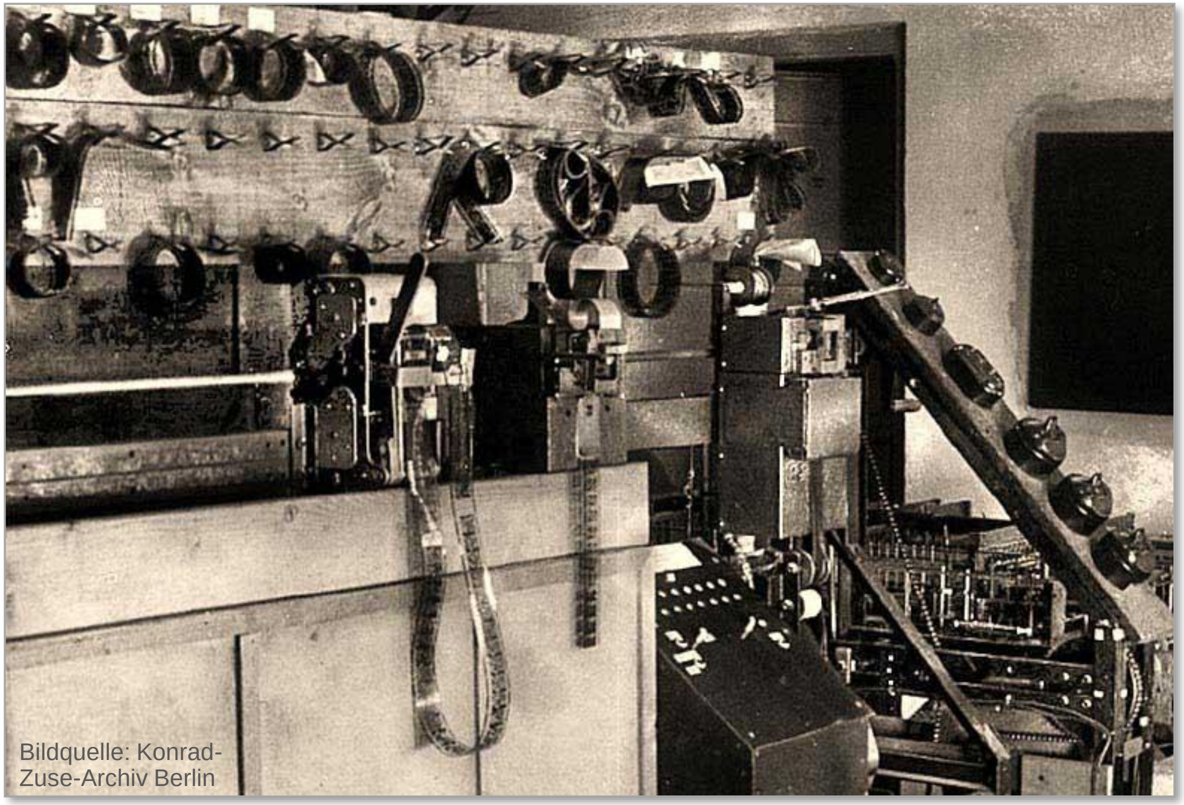
Mit der Z4 konnten Programme („Rechenpläne") mit dem Lochstreifenstanzer ausgegeben werden. Die Bedienungsanweisung der Z4 sagt dazu folgendes:

```
3. Kapitel: Die Rechenplanfertigung
===================================

§ 1. Allgemeines
  Zur Rechenplanfertigung ist die Maschine auf Gangart 2 zu schalten.
  Brennt die Lampe "Zahlenstreifen im Locher", so ist der Knopf
  "Auslauf" zu betätigen, worauf die Maschine bereit ist.
  Filmvorrat: Sinkt der Vorrat auf der Trommel (hinten, unterhalb
  der Mitte des Schaltpultes) unter 50 m, so leuchtet eine Warn-
  lampe "Film < 50 m" auf. Dementsprechend muss bald eine neue
  Rolle eingelegt werden, wofür nur das Personal des Instituts
  zuständig ist.
```

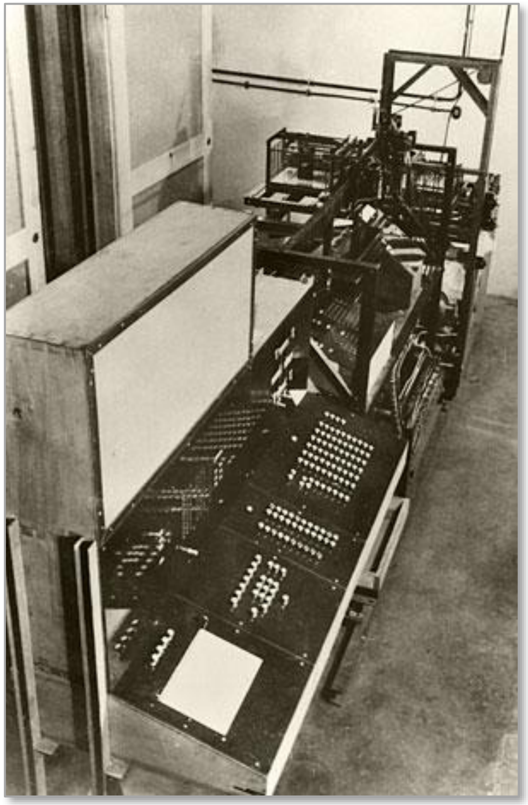
Die gesamte Bedienungsanweisung der Z4 findet man hier:
www.e-manuscripta.ch/zut/content/titleinfo/2856520

Z4: Programmlager statt Programmbibliothek

Die Z4 war von Zuse nach der Flucht aus Berlin in Hopferau bei Füssen (Allgäu) aufgestellt worden; zunächst in einer Scheune, dann in einem ehemaligen Mehllager



Z4-Programme, aufgehängt an Nägeln im Mehllager

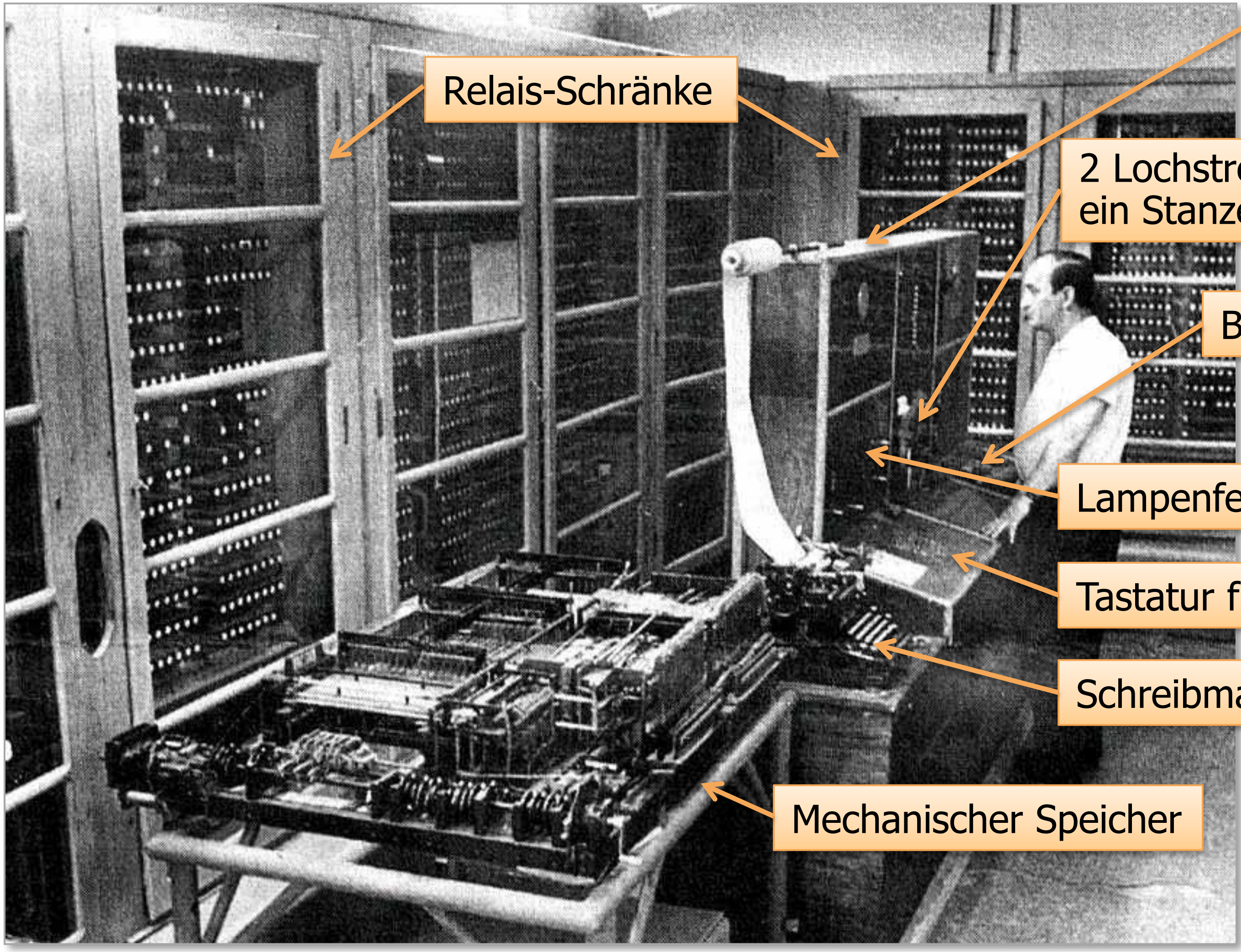


Bildarchiv der ETH Zürich (Ans_0368)

Die Z4, wie E. Stiefel sie bei seinem Besuch in Hopferau antraf

Die Konfiguration der Z4

Die verzwickte Programmierung dieser Maschinen zog hauptsächlich Leute mit Vorliebe für Rätsel, Denksportaufgaben und Zauberei an. -- Niklaus Wirth



http://farm3.staticflickr.com/2208/1814569165_5348377b80_o_d.jpg

Z4: Ein-/Ausgabe einzelner Zahlen

§ 6. Tastatur, Lampenfeld, Druckwerk, Protokoll

Die eingetastete Zahl erscheint zur Kontrolle im Lampenfeld. Wenn diese Kontrolle nicht stimmt: Taste "Irrtum" drücken und korrigieren. Stimmt die Kontrolle: Taste "Fertig" drücken;dies bewirkt Ueberführung der Zahl ins Rechenwerk und verunmöglicht jede Korrektur. Man kann genau 6 wesentliche Dezimalen eintasten, wobei man mit dem Komma beginnen (,370501) aber nicht aufhören darf. Eine ganze Zahl ist also ohne nachfolgendes Komma einzugeben. Dauert das Eintasten länger als 25 sc, so schaltet der Impulsgeber aus. Wiederingangsetzung: Alle Filme abnehmen, Knopf "Start" betätigen und Rechnung von vorne beginnen. Die Aufforderung an die Bedienungsperson zum Eintasten (beim Rechnen mit eingelegtem Rechenplan) ist ein rotes Blinksignal, oder das Aufleuchten einer Protokoll-Lampe.

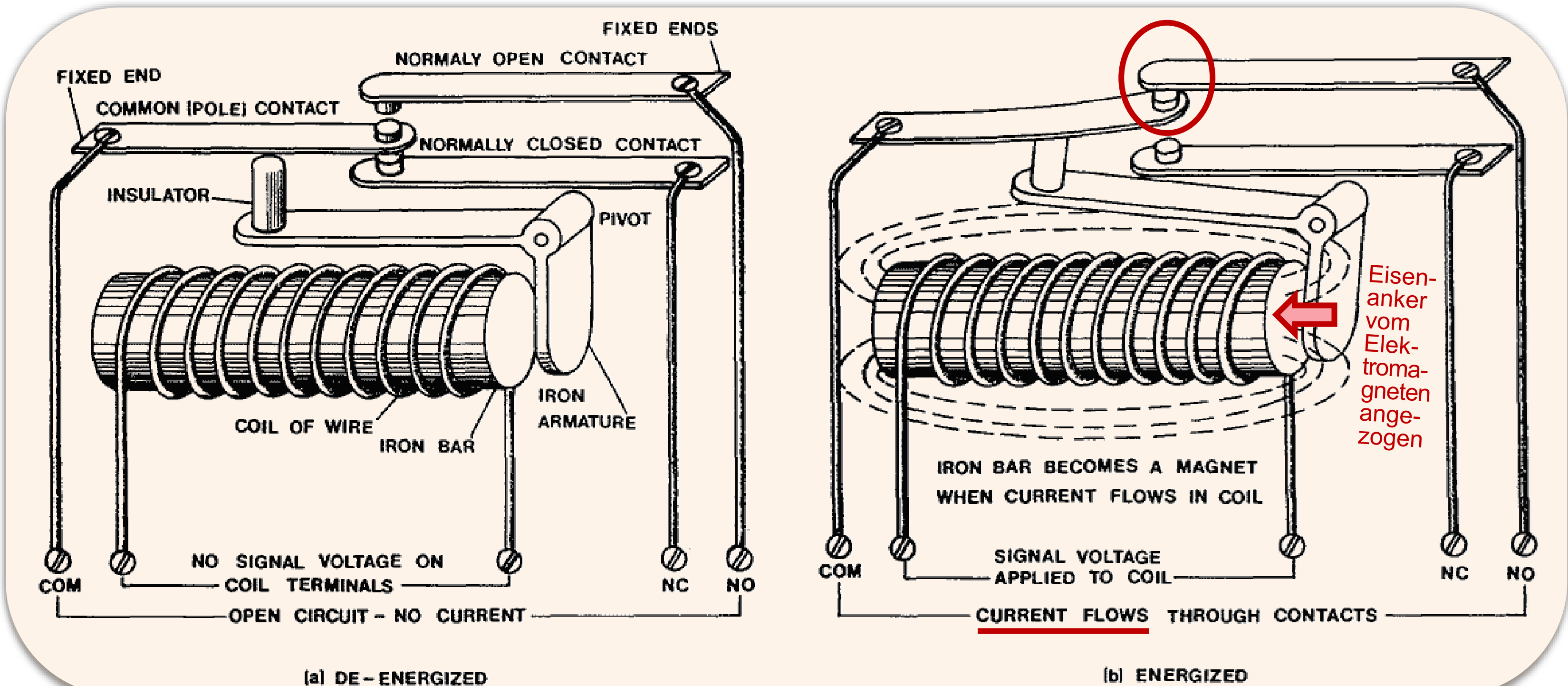
Errechnete Resultate können durch einen Befehl während des programmgesteuerten Rechnens (oder Gangart 5) ins Lampenfeld gegeben werden. Nach Kontrolle der erscheinenden muss durch Drücken der Taste "Lampenfeldlöschung" das Lampenfeld wieder freigegeben werden. Beim Ablesen des Lampenfelds ist auf die Faktoren $10^{\pm 6}$, $10^{\pm 12}$, $10^{\pm 18}$ zu achten. Beim Eintasten können diese Zehnerpotenzen auch eingegeben werden.

Aus: Gebrauchsanweisung Z4, ETH Zürich, 1952

Elektromechanische Relais

Zum weiter Nachforschen: Wann und zu welchem Zweck wurden Relais erstmalig genutzt? Wie kam es zu dem Namen?

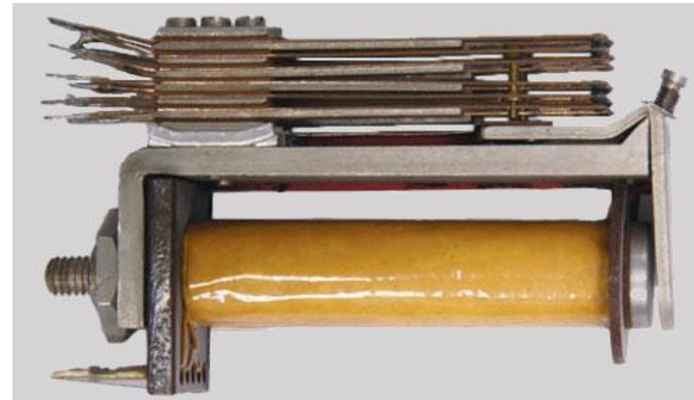
Ein Relais ist ein durch elektrischen Strom betriebener, elektromagnetisch wirkender, fernbetätigter Schalter mit in der Regel zwei Schaltstellungen. Ein Steuerstrom in der Erregerspule erzeugt einen magnetischen Fluss durch den ferromagnetischen Kern und einen daran befindlichen, beweglich gelagerten, ebenfalls ferromagnetischen Anker. An einem Luftspalt kommt es zur Krafteinwirkung auf den Anker, wodurch dieser einen oder mehrere Kontakte in Laststromkreisen schaltet. Der Anker wird durch Federkraft in die Ausgangslage zurückversetzt, sobald die Spule nicht mehr erregt ist. [Wikipedia]



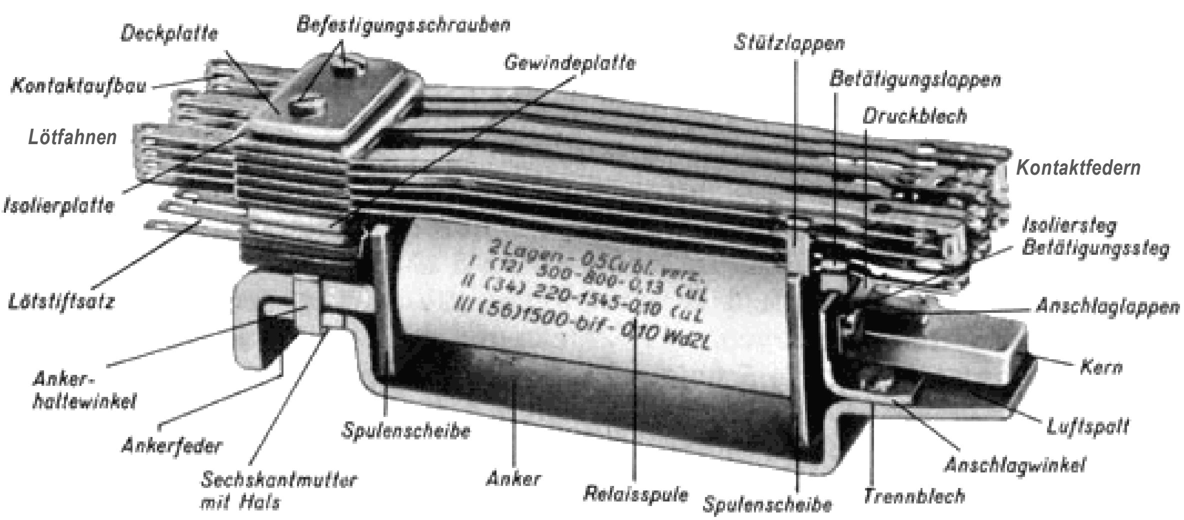
Prinzip eines klassischen Telefonrelais (Bild: Edwin Collen); solche Relais wurden in grosser Zahl in elektro-mechanischen Vermittlungsstellen und Telefonanlagen verwendet (Auf- und Abbau der Wählverbindungen).

Elektromechanische Relais (2)

Das „Flachrelais 48“ (entwickelt von Siemens & Halske) war in der elektromechanischen Vermittlungstechnik ein universell eingesetztes Schaltelement.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:004_2021_09_17_Lichtzeltfotografie.jpg



Von Zuse verwendetes Relais (Typ „Schneidanker“: Der magnetisch bewegte Anker lagert auf einer Schneide).
www.gwdg.de/documents/20182/27257/gn1002.pdf



http://galerie.ig-ftf.de/data/media//306/Relais02.jpg

Eine wichtige Rolle spielt das sogen. Trennblech; es besteht aus nichtmagnetischem Material und ist zwischen Eisenkern und beweglichem Anker angeordnet. Es garantiert das sichere Abfallen des Ankers nach Wegfall des Erregerstromes. Ohne dieses Trennblech könnte der Restmagnetismus den Anker „kleben“ lassen.

Im Gegensatz dazu besitzt ein sogen. „Haftrelais“ statt des Trennblechs einen in den Eisenkern eingelassenen „Remanenzniet“. Dieser wird bei Erregung des Relais magnetisiert und hält es auch nach Wegfall des Erregerstromes in Arbeitslage. Um so ein Relais wieder in die Ruhelage zu bringen, muss ein Erregerstrom mit umgekehrter Polarität angelegt werden oder (kurzzeitig) Strom durch eine gesonderte „Abwurfwicklung“ fliessen, die gegensinnig zur Erregerwicklung geschaltet wird. Ein Haftrelais ist bistabil und fungiert wie ein RS-Flip-Flop. Typische Anwendungsfälle sind z.B. bei der Eisenbahntechnik Weichenschalter, die ihre Stellung auch bei Unterbruch der Stromversorgung nicht ändern dürfen.

Elektromechanische Relais in der Z4

https://digital.deutsches-museum.de/fmedia/images/hero_74692_0019.2e16d0ba.fill-1920x1080.jpg

Kein bedingter Sprung

- Die Z4 besass ursprünglich keinen bedingten Sprung oder bedingte Verzweigung, was im Vorfeld von den ETH-Experten kritisiert wurde:

c) Bei sehr vielen längeren Rechnungen hängt der Gang der Rechnung vom numerischen Wert der Zwischenresultate ab. Die Rechenresultate der Maschine beeinflussen also die später zu gebenden Befehle (bedingte Befehle). Die Zusesche Maschine ist dafür nicht besonders eingerichtet, d.h. besitzt keine Einrichtung, zwischen verschieden möglichen Befehlsfolgen automatisch auszuwählen. In Amerika wird dem grösstes Gewicht gegeben. Dieser Nachteil beeinträchtigt die mathematische Flexibilität der Maschine.

10. Es ist ein neuer Befehl (Teilschlusszeichen) vorzusehen, der bewirkt, dass der Streifen bis zum nächsten Startzeichen läuft, so dass die eventuell dazwischenliegenden Befehle vom Abtaster nicht abgenommen werden. Die Ausführung dieses Befehls sollte durch den Ablauf der Rechnung gesteuert werden können. (Bedingte Befehle.) Auch dieser

c) Einbau eines richtigen bedingten Befehls, der ausgelöst wird, wenn ein Rechenresultat positiv (oder auch imaginär, oder genau Null) ist, und der je nach Wahl entweder "Teilschluss" oder "Stop" oder Uebergang auf den andern Abtaster, gemäss b), bewirkt.

- Daraufhin baute Zuse vor der Auslieferung der Z4 an die ETH noch den bedingten Sprungbefehl ein

Die Z4, beschrieben von Eduard Stiefel

„Im Vordergrund steht das Schaltpult; es enthält in seinem Mittelstück zwei Abtaster und einen Locher für die Lochstreifen, links die Tastatur zum Eingeben von Zahlen und ein Lampenfeld zum Ablesen von solchen. Der rechte Teil dient der Herstellung von Programmen; durch Betätigung der unten sichtbaren Tasten werden die Befehle auf einen Filmstreifen gelocht.

Hinter der elektrisch gesteuerten Schreibmaschine ist das Speicherwerk angebracht […]. Rechts und im Hintergrund stehen die Schränke für Rechenwerk und Speicherwerk; die Z_4 verwendet als Schaltelemente gewöhnliche Telefon-Relais und Schrittschalter.

[…] zeigt die beiden Abtaster während des Durchrechnens eines mathematischen Problems. Im rechten Abtaster liegt das Hauptprogramm, auf welchem etwa ein Integrationsschritt zur Lösung einer Differentialgleichung programmiert ist. Der linke Abtaster verarbeitet ein Unterprogramm, und zwar das Ausziehen einer Wurzel auf iterativem Weg. Man beachte, daß dieses Programm eine endlose Schleife ist; ein einmaliger Umlauf desselben ergibt einen Iterationsschritt. Während die Rechnung automatisch abläuft, kann man nun folgendes Spiel beobachten. Sobald das Hauptprogramm an die Stelle kommt, wo eine Wurzel berechnet werden muß, bleibt es stehen und veranlaßt durch einen Sprungbefehl das Anlaufen des Unterprogramms. (Unbedingter Sprung.) Dieses macht so viele Umläufe, das heißt berechnet so viele immer bessere Annäherungen an den Wurzelwert, bis die Rechnung steht; dann nimmt das Hauptprogramm seine Arbeit wieder auf.“

In: Rechenautomaten im Dienste der Technik. Erfahrungen mit dem Zuse-Rechenautomaten Z4. Sonderdruck aus Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bd. 45, Köln 1954.

Eduard Stiefel (1909 – 1978)

http://ba.e-pics.ethz.ch/#1517139612819_3

Studium der Mathematik und Physik an der ETH Zürich, Diplom 1931. Danach in Hamburg sowie Göttingen. Später Assistent von Walter Saxer an der ETH, dort 1935 Promotion bei Heinz Hopf. Ordentlicher Professor für höhere Mathematik an der ETH 1943; Leitung des 1948 von ihm gegründeten Instituts für angewandte Mathematik. Verfasste u.a. das Standardwerk „Einführung in die Numerische Mathematik“.

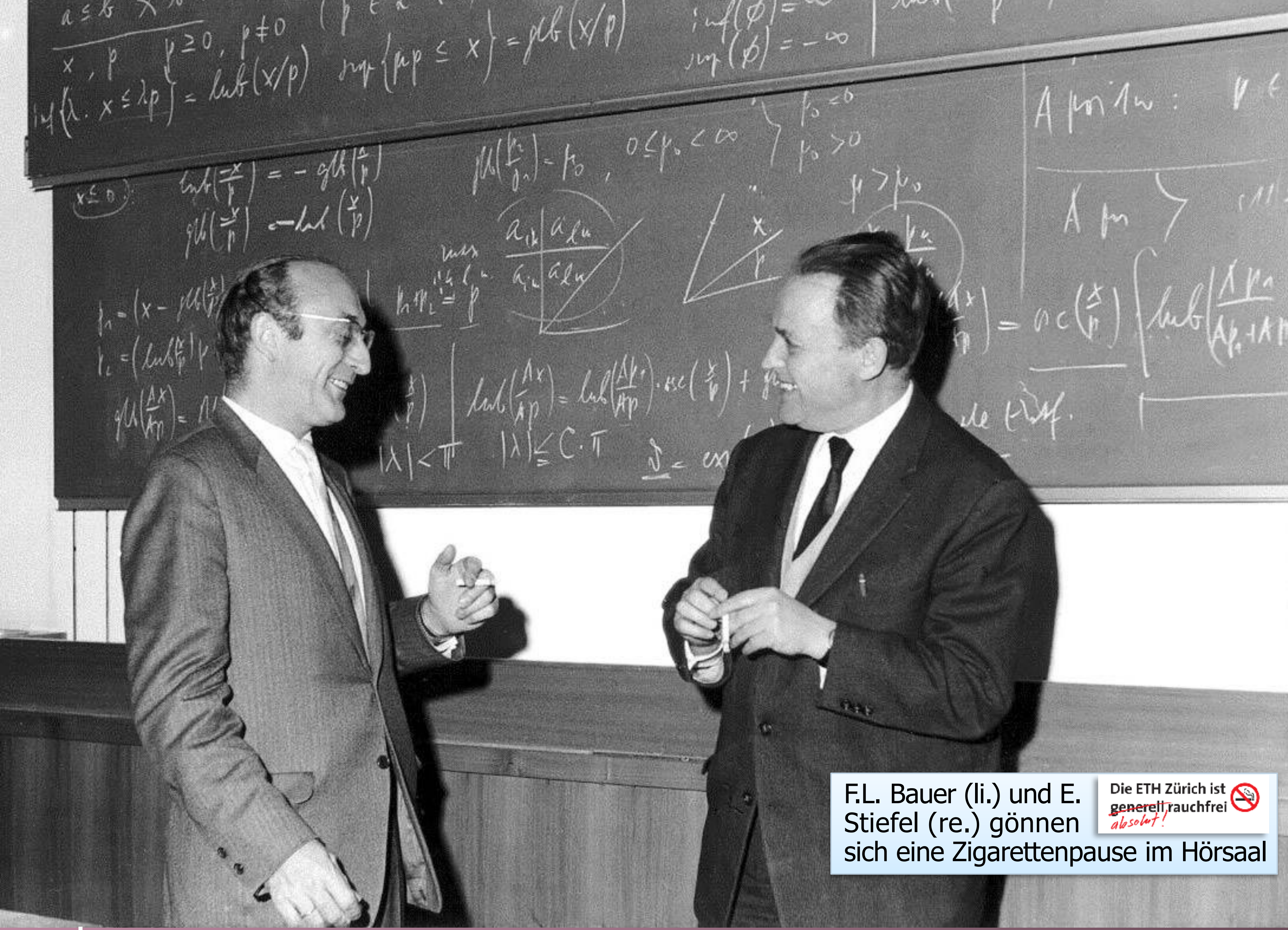
Laut www.genealogy.math.ndsu.nodak.edu haben bei Eduard Stiefel mindestens 63 Doktoranden promoviert, darunter Ambros Speiser, Peter Henrici, Corrado Böhm, Urs Hochstrasser, Peter Läuchli, Carl August Zehnder und Jörg Waldvogel. Er war Ehrendoktor der Universitäten von Louvain, Würzburg und Braunschweig.

Ambros Speiser über Eduard Stiefel

The discovery, acquisition and operation of the Z4, as well as the remarkable success of its operation, can only be understood in the light of Stiefel's personality, which was, in many respects, unusual. Stiefel was born in 1909. He studied in Zurich, Hamburg and Göttingen. He was a topologist and group theorist, and by 1948, at the age of 38, he had acquired an international reputation. At that time he decided to make a complete change in his scientific career and to move into numerical analysis. I remember one day when he came into the assistants' room and told us he had just thrown away the stock of reprints of his topology publications – he had kept only one or two copies of each article. What prompted him to make this move, unexpected by most of his colleagues? Numerical analysis, or applied mathematics, was regarded with skepticism by the scientific establishment. It enjoyed less social regard than "pure mathematics". What prompted him to make the change? Of course, we will never know – but what happened was proof of Stiefel's remarkable intuitive insight into what was to become important in the near future, an insight to which he remained faithful for the rest of his life.

[Ambros Speiser: Die Z4 an der ETH Zürich. Ein Stück Technik- und Mathematikgeschichte. Elemente der Mathematik 36 (1981), 145-153]

Die Lehrverpflichtung eines Professors war für Stiefel nicht lästige Pflicht, sondern vielmehr integraler und erfüllender Bestandteil seiner Tätigkeit. Und in der Tat, er war ein begnadeter, begeisterter und begeisternder Lehrer. Bei einem Stand der Dinge, wo selbst die Kommunikation zwischen Mathematikern verschiedener Richtungen schwierig geworden ist, ist es deshalb bemerkenswert, dass Professor Stiefel eine Sprache sprach, die nicht nur von Mathematikern, sondern auch von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern verstanden werden konnte. -- Joerg Waldvogel, Urs Kirchgräber, Hans-Rudolf Schwarz, Peter Henrici (1979)



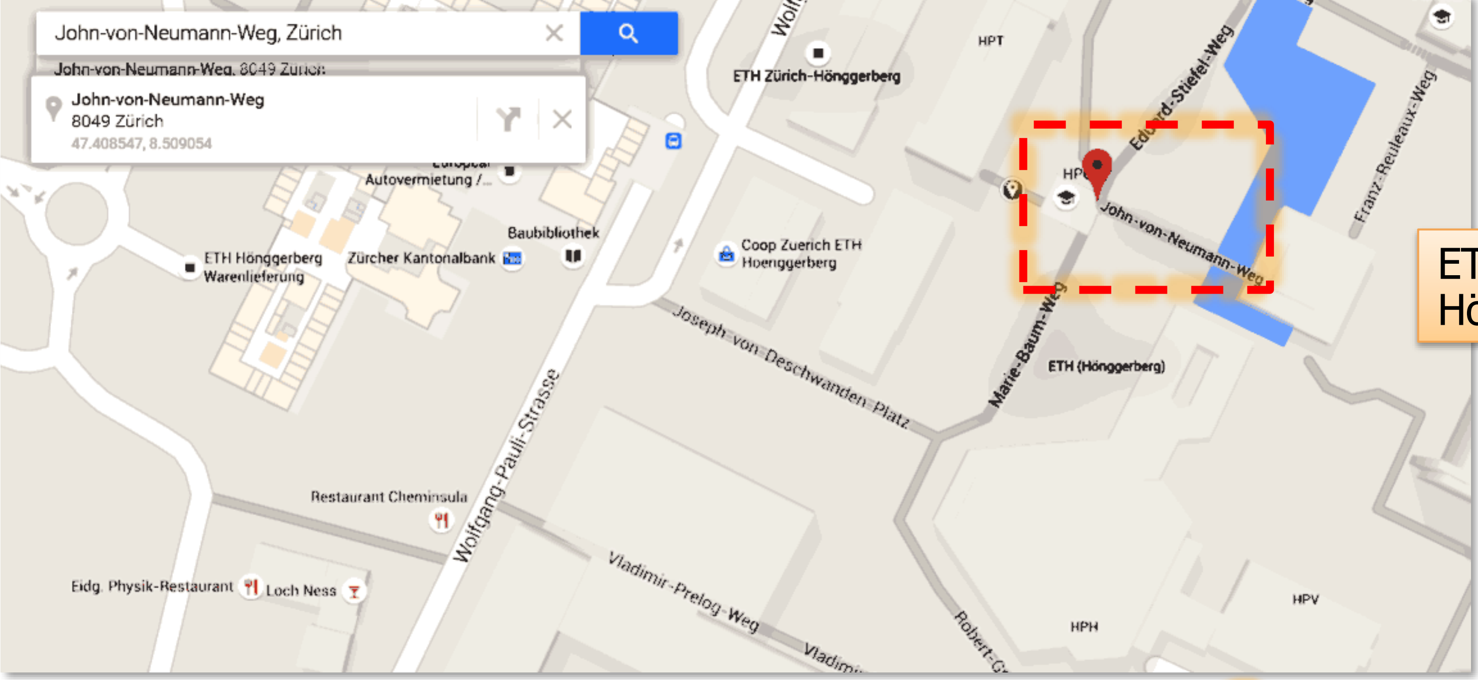
F.L. Bauer (li.) und E. Stiefel (re.) gönnen sich eine Zigarettenpause im Hörsaal

Die ETH Zürich ist ~~generell~~ rauchfrei
absolut!

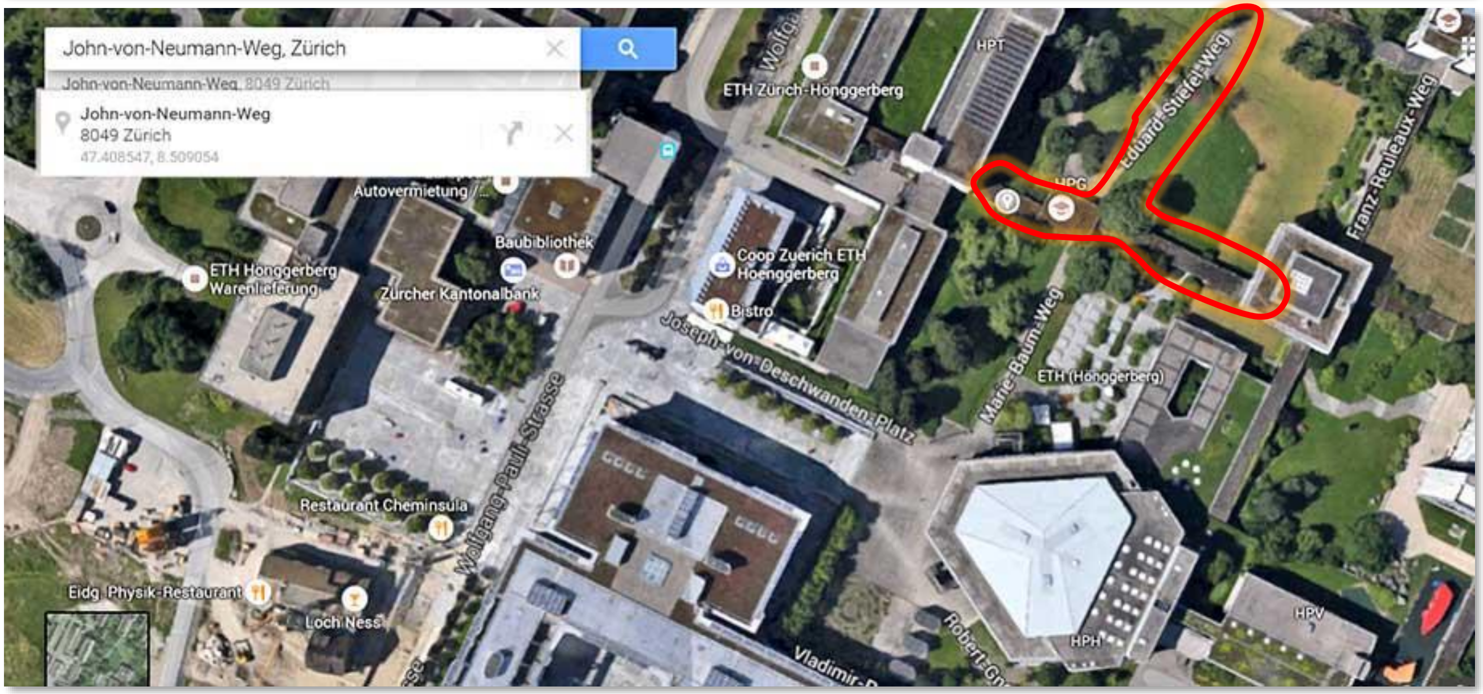
Eduard-Stiefel-Weg ✕ John-von-Neumann-Weg

Wo befindet sich diese Strassenkreuzung?

Foto: www.alt-zueri.ch/turicum/strassen/j/john_von_neumann_weg/john_von_neumann_weg.html, Bildarchiv Dürst, Zürich (cc)

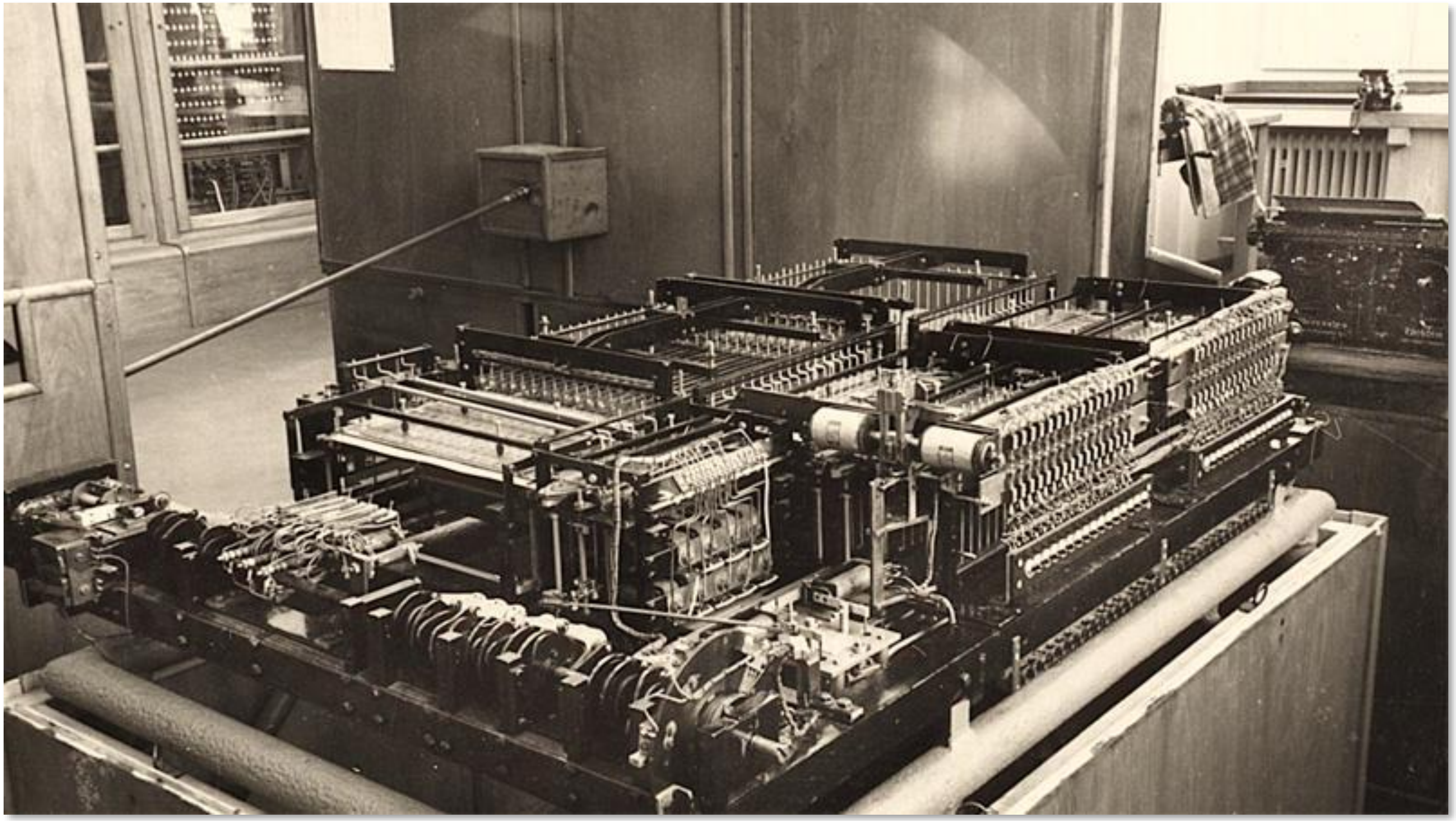


ETH Zürich,
Hönggerberg



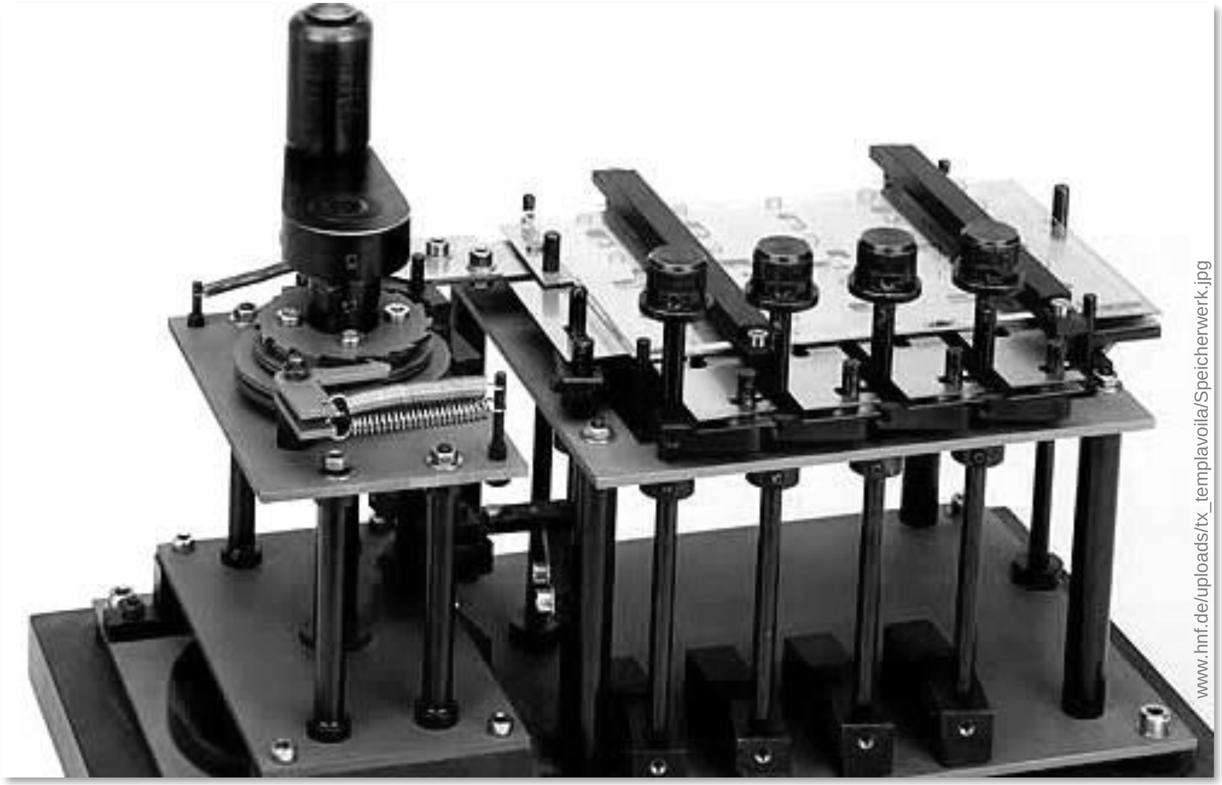
Der mechanische Speicher der Z4

www.e-pics.ethz.ch/index/ETHBIB.Bildarchiv/ETHBIB.Bildarchiv_Ans_03676_8398.html



Vorne links die mechanische Antriebswelle, Mitte links das Wählwerk (zum Auswählen der gewünschten Speicherzelle), hinten links der eigentliche Speicher (2048 Bit), rechts die Einstell- und Ablesevorrichtung

Ein Teil des mechanischen Speichers der Z4



„Am Dienstag, dem 11. Juli 1950, wurde eine Sendung von schweren Gestellen und Kästen, die mit einem Eisenbahnwagen von Deutschland gekommen war, in die ETH getragen... Ein Stück dieser Sendung war absonderlich in jeder Beziehung: Ein Apparat, dicht gepackt mit Hebeln, Blechen, Federn, und gefüllt mit etwa 3000 präzis gearbeiteten Stahlstiften. Es ist anzunehmen, dass ausserhalb Deutschlands nicht mehr als ein halbes Dutzend Menschen in ihrem Leben je etwas auch nur entfernt Ähnliches gesehen hatten. Die Sendung war der Relais-Rechner Z4 des deutschen Computer-Pioniers Konrad Zuse, der seltsame Apparat war der mechanische Speicher. Mit diesem Tag nahm die Informatik an der ETH ihren Anfang."

Ambrosius Speiser: 95 Semester ETH – der Weg zur Informatik, ETH Zürich, 1992

Zuhören beim Programmablauf

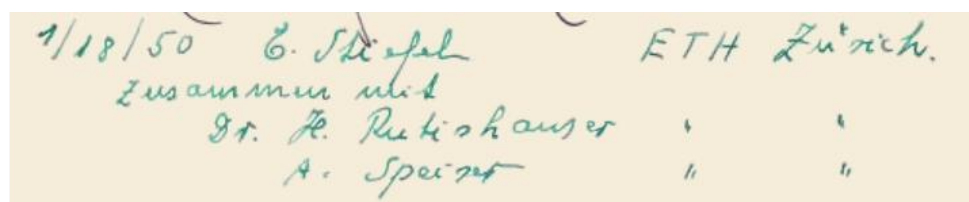
Durch genaues Zuhören bekam man manche Aufschlüsse über den Programmablauf. Deutlich konnte man das Ticken des Programmabtasters, das Klappern der Relais im Rechenwerk und das Klirren der Speicheroperationen unterscheiden. Mit einiger Übung konnte man zu jeder Zeit sagen, ob eine Addition, eine Multiplikation oder eine Division im Gang war. Längere Umspeichervorgänge oder Sprünge – also das Überspringen einer Folge von Befehlen – waren sofort erkenntlich. Ein Blick durch die Glasfront auf zwei Schrittschalter half, Divisionen von Quadratwurzeln zu unterscheiden. Ein Steckenbleiben des Programmes – etwa wegen falscher Befehlsfolgen – war sofort hörbar.

Ambrosius Speiser: Die Z4 an der ETH Zürich: ein Stück Technik- und Mathematikgeschichte. In: Elemente der Mathematik 36 (1981), Heft 6, Seiten 145-176.

Konrad Zuse

> In Deutschland blieb es einem Einzelgänger vorbehalten, sich durch die Konstruktion des ersten arbeitsfähigen Computers der Welt in die Annalen der Informatik einzuschreiben. -- Gisela Buchheim / Rolf Sonnemann.

- Konrad Zuse (1910 – 1995) schloss 1935 sein Ingenieurstudium in Berlin ab. Danach arbeitete er zunächst als Statiker in der Flugzeugindustrie, gab diese Stelle jedoch bald auf und richtete eine Erfinderwerkstatt in der elterlichen Wohnung ein.
- Mit seiner Entwicklung der Z3 im Jahre 1941 baute er den ersten vollautomatischen, programmgesteuerten und frei programmierbaren, in binärer Gleitkommarechnung arbeitenden Computer.
- Zu Kriegsende 1945 Flucht aus Berlin via Göttingen in das Allgäu, wobei er den zuletzt entstandenen Rechner Z4 retten konnte.
- Am 13. Juli 1949 besuchte Prof. Eduard Stiefel von der ETH Zürich Zuse im Allgäu und liess sich die Z4 vorführen. Durch ihn kam ein Mietvertrag mit der ETH zustande, der Zuse die notwendigen Mittel verschaffte, um die Firma Zuse KG zu gründen.
- Zuse erhielt 1991 die Ehrendoktorwürde der ETH Zürich.



Aus Zuses Gästebuch: Am 18. Januar 1950 besucht Stiefel zusammen mit Rutishauser und Speiser erneut Zuse; zu dieser Zeit hat Zuse bereits seine Firma in Neukirchen (Hessen)

Quelle u.a. Wikipedia

K. Zuse: „Die Rechenmaschine des Ingenieurs"
(Unveröffentlichtes Manuskript, 30.1.1936, Auszug)

Die Anforderungen, die an die ideale Rechenmaschine des Ingenieurs gestellt werden müssen, gehen aus den folgenden Überlegungen hervor:

Der Ingenieur hat viel mit festen Formeln zu arbeiten, die immer wiederkehren. Man hat gewisse Ausgangswerte, und die Arbeit besteht nun darin, durch bestimmte, für eine Formel immer gleiche Aufeinanderfolge von Grundrechenarten zwischen bestimmten Zahlen das Resultat zu berechnen. [...]

In dieser Art läßt sich für jede beliebig lange Rechnung ein „Rechnungsplan" aufstellen, indem im voraus die aufeinanderfolgenden Rechenoperationen dem Charakter und der Reihe nach aufgezeichnet werden und die im Verlauf der Rechnung auftretenden Zahlen fortlaufend numeriert, oder nach einem anderen Schema geordnet werden. [...]

Der Ingenieur braucht Rechenmaschinen, die diese Rechenoperationen automatisch ausführen, indem der Rechenplan auf einem Lochstreifen festgehalten wird, der die Befehle für die einzelnen Rechenoperationen selbsttätig und nacheinander an die Maschine gibt.

Die Maschine muß auf „Befehl" des Lochstreifens jede verlangte Grundrechnung vollautomatisch ausführen. Ferner muß die Maschine über ein Speicherwerk verfügen, in welchem die während der Rechnung auftretenden Zahlen der Nummer nach geordnet werden können, und aus denen durch ein mechanisches Wählwerk jede gewünschte Zahl abgelesen werden kann. Das Speichern und Ablesen der Zahlen wird ebenfalls durch den Befehlslochstreifen dirigiert. [...]

Pläne von allgemeiner Bedeutung entsprechen den heutigen Formelsammlungen und gehören zum dauernden Planbestand eines Büros. [...] Ein bestimmter Einzelplan kann seine Ausgangswerte von verschiedenen anderen Plänen beziehen und seine Resultatwerte weitergeben. [...] Die Beziehungen der Pläne untereinander müssen wie elektrische Stecker aneinander passen.

Zuses Notizen für eine Doktorarbeit
(um 1944)

Während des Zweiten Weltkriegs arbeitete Zuse nebenbei an einer Doktorarbeit „Ansätze einer Theorie des allgemeinen Rechnens unter besonderer Berücksichtigung des Aussagenkalküls und dessen Anwendung auf Relaisschaltungen". 1963 schrieb er rückblickend: „Die ungünstigen Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse brachten es jedoch mit sich, dass die Arbeit diesen Verwendungszweck nicht gefunden hat." Einige interessante Passagen aus dem Manuskript seien hier dennoch zitiert – sie zeigen, dass Zuse seinerzeit schon die Notwendigkeit eines „allgemeinen Rechenkalküls" – heute würde man dies vielleicht mit „algorithmische Programmiersprache" umschreiben – sah:

„Während meines Bauingenieurstudiums wurde ich durch die umfangreichen Arbeiten insbesondere auf dem Gebiet der statisch unbestimmten Rechnungen auf die Idee gebracht, die hierbei häufig wiederkehrenden Rechnungen automatisch zu lösen. In Verfolgung dieser Idee habe ich durch Bau mehrerer Versuchsgeräte dieses Problem mathematisch und konstruktiv bis zu einem gewissen Abschluss gebracht. [...] Bestand mein ursprüngliches Programm darin, Rechenmaschinen für reine Zahlenrechnungen zu konstruieren, so kamen mir darüber hinaus im Laufe der Konstruktion des Gerätes wichtige Gedanken über kombinatorische Rechenmethoden. Besonders die Entwicklung der komplizierten Steuerungsorgane des Gerätes und die Entdeckung, dass grundsätzlich alle Rechenoperationen lediglich mit Relais gelöst werden können, veranlassten mich, eine Bedingungskombinatorik und ihre Gesetze aufzustellen.

Ich entdeckte dann später, dass diese Bedingungskombinatorik im wesentlichen mit dem Aussagenkalkül übereinstimmt. Mit diesen logistischen Formalismen arbeitete ich dann später [...] Ansätze einer Theorie des allgemeinen Rechnens aus, unter besonderer Anwendung auf Relaisschaltungen.

Zuses Notizen für eine Doktorarbeit (2)
(um 1944)

Praktisch treten ausserhalb des Zahlenrechnens liegende Rechnungen sehr viel auf. Z.B. ist die Bildung der Ableitung einer mathematischen Formel eine Rechnung, die sich nach einem strengen Schema ergibt. [...] Überhaupt kann man eine Reihe von mathematischen Umformungen von Ausdrücken, Gleichungen und Formelsystemen als schematische Rechenarbeit betrachten, soweit hierfür klare Regeln vorgeschrieben sind, anhand derer sich für die gegebenen Daten klare Resultate ergeben.

Man hat es bisher nicht für erforderlich gehalten, diese Dinge in einem Formalismus zu erfassen und zu untersuchen, ob nicht all diese Rechnungen ebenso, wie die Zahlenrechnungen in gewisse, überall wiederkehrende Grundoperationen auflösbar sind. Man spricht wohl von einer neuen ‚Steuerformel' aber noch niemand hat hierfür tatsächlich eine Formel angegeben, d.h. unter Vermeidung der Wortsprache die bei der Verrechnung der Steuer mitwirkenden Umstände durch eine strenge Zeichensprache so zu kombinieren, dass hiernach in jedem Falle das Resultat eindeutig bestimmbar ist. Selbst so einfache Beziehungen, wie die Angabe, ob ein Kalenderjahr ein Schaltjahr ist, sind bisher ohne die Wortsprache nicht darstellbar, wenn man von den praktisch nicht in Gebrauch befindlichen logischen Formeln absieht. […]"

Nach dieser Einleitung und Motivation zu seiner Arbeit nennt Zuse das eigentliche Thema:

„Der Begriff des Rechnens wird umfassend definiert. Rechnen heisst: ‚Aus gegebenen Angaben nach einer Vorschrift neue Angaben bilden'. Nach dieser Definition stellt das Rechnen mit Zahlen nur einen Spezialfall dar. […] Es wird nachgewiesen, dass grundsätzlich alle Rechenoperationen mit Relais lösbar sind."

„Mechanisierung schematischer Denkaufgaben“
(K. Zuse in einem Informationsblatt von 1947)

Die von Dipl. Ing. Konrad Zuse begonnene Gerätentwicklung ermöglicht es, über das Rechnen mit Zahlen hinausgehend, das gesamte Gebiet der schematischen kombinatorischen Denkoperationen zu mechanisieren.

Wir erkennen, welches große Aufgabengebiet der maschinellen Lösung erschlossen wird, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass eine der wichtigsten geistigen Funktionen die Auswertung irgendwelcher gegebener Angaben, wie Beobachtungen, Daten usw. ist, welche man z.B. nach bestimmten Gesichtspunkten ordnet, aus ihnen nach gewissen Vorschriften Schlüsse zieht, und auf diese Weise durch Ausführen „kombinatorischer Denkaufgaben“ zu folgerichtigen Ergebnissen kommt.

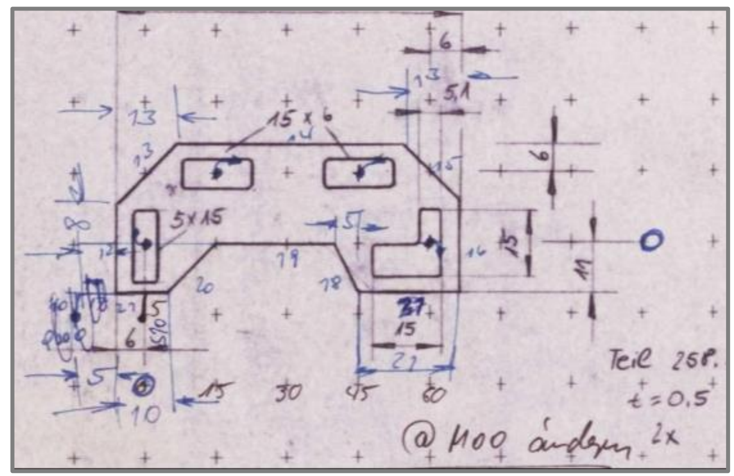
Zuse hat mit der von ihm begonnenen Entwicklung den Weg zur Konstruktion von Geräten beschritten, die nach den Anweisungen einer allgemeinen mathematischen „Zeichensprache“ rechnen können. Diese Zeichensprache ist auf kein bestimmtes Anwendungsgebiet spezialisiert, indem sie z.B. die Gesetzmäßigkeiten der Addition und der anderen Operationen der Zahlenrechnung mit den gleichen Mitteln darstellt, wie etwa die Bewegungsgesetze der Figuren des Schachspiels oder die Gedankengänge beim Entwurf einer Brücke.

Wie der Begriff „Rechnen“ in der Umgangssprache auch auf Operationen angewendet wird, die mit Zahlen nichts zu tun haben brauchen, indem wir z.B. sagen, dass wir mit dem Eintreten dieser und jener Ereignisse „rechnen“, so ist auch der Aufgabenbereich der Zuse-Rechenmaschinen ein allgemeiner, in welchem die Zahlenrechnung zwar eine große Bedeutung hat, sie aber nur einen Teil der mechanisierbaren schematischen Denkaufgaben darstellt. [...]

Mit der Mechanisierung schematischer geistiger Arbeiten auf breiter Grundlage beginnt ein neuer Abschnitt der Technik. Die in diesem Zusammenhang auftretenden Probleme sind so umfangreich, dass eine Generation von Wissenschaftlern, Technikern und Wirtschaftlern erforderlich sein wird, um sie erschöpfend zu bearbeiten.

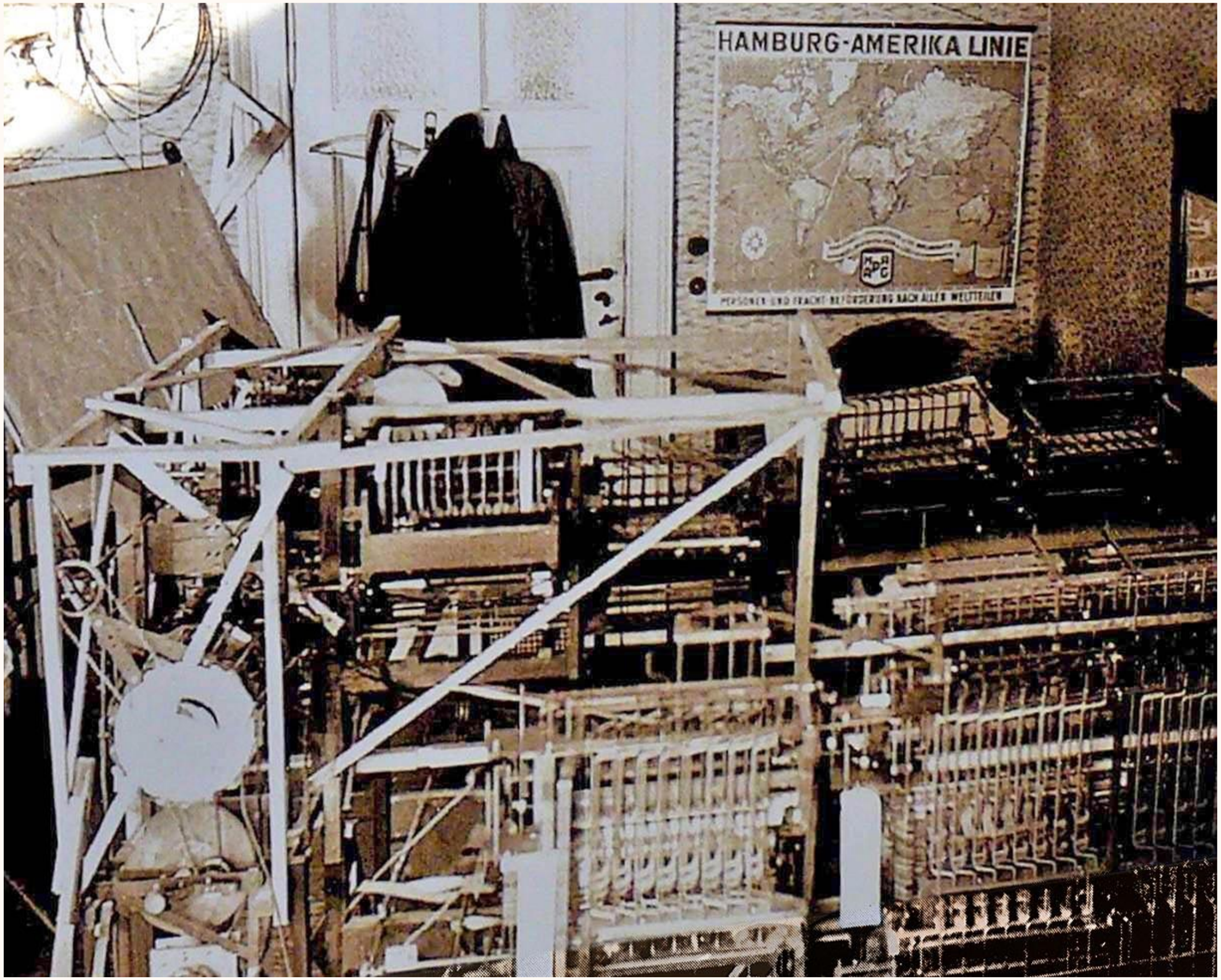
Vor der Z4: Die Z1, Zuses erste Maschine (1936 – '38)

- Motivation: Automatisierung zeitaufwändiger baustatischer Berechnungen (Zuse studierte bis 1935 Bauingenieurswesen in Berlin)
- Merkmale der Z1 als Vorläufer moderner Computer
  - Bistabile mechanische Schaltglieder in Form beweglicher Metallplatten
  - Antrieb durch Staubsaugermotor
  - Von-Neumann-Architektur
  - Zahlendarstellung: dual und Gleitpunkt
  - Automat. Umwandlung Dezimal → Dual
  - Binär verschlüsselte 8-Bit-Befehle
  - Programme von gelochten Filmstreifen
  - Kein bedingter Sprungbefehl
  - Taktfrequenz: 1Hz (→ Multiplikation ca. 20s)
  - Ca. 30000 Bauteile (Weichbleche)
  - Mechanischer Speicher: 16 24-Bit-Worte (ähnlich zum Speicher der Z4)
- Rechenwerk unzuverlässig (Verhaken mechanischer Schaltglieder)
  - Spätere Z3 (1941) analoge Architektur, aber elektromechanisch mit Relais



Bauteilskizze von Zuse (http://zuse-z1.zib.de)

Die Z1 im Wohnzimmer der Eltern



https://heureka-stories.de/images/Zuse/Zuse-Wohnzimmer.JPG

„Die Leistungen Konrad Zuses sind deshalb besonders hoch einzuschätzen, weil er aus eigenen Mitteln, in der elterlichen Wohnstube seine grundlegende Entwicklung durchführte, zeitweise noch zum Militärdienst eingezogen wurde und trotzdem nicht verzagte, bis er schließlich die Realisierungsmöglichkeit programmgesteuerter Rechenautomaten mit seinem funktionierenden Modell nachgewiesen hatte." [Karl Steinbuch]

„Wer vor der Maschine steht, kapituliert auch heute noch beim Versuch, die Funktionsweise von mehreren Hundert Blechen, Stangen und Rädern allein durch Anschauung verstehen zu wollen. Die Z1 wirkt wie ein versteinertes, unergründliches Uhrwerk."
[Rojas; Röder; Nguyen]

Die Konstruktion der Z1

„In einem großen Wohnzimmer, im Jugendstil möbliert, stand ein mechanisches, undefinierbares Etwas, zusammengebaut aus Blech, Stabilbaukasten-Einzelteilen, Glasplatten, Kurbelarmen, Zahnrädern und einer Programmwalze wie bei einem Glockenspiel, in der Größe eines Eßtisches für 8 Personen.“ [Karl-Ernst Hoestermann]

Der 26-jährige Konrad Zuse (re.) mit seinem Studienfreund Helmut Schreyer beim Bau der Z1 in der Wohnung der Eltern in Berlin im Jahr 1936; ein lauter Staubsaugermotor dient als Antrieb.

http://zuse.zib.de/resources/images/z1/zusez1livingroom.jpg

Der zwei Jahre jüngere Schreyer half Zuse auch beim Bau der Z3; 1941 wurde er mit einer Arbeit zum Thema „Das Röhrenrelais und seine Schaltungstechnik“ an der TH Berlin promoviert.

Schreyer drängte Zuse, Elektronenröhren statt Relais zu verwenden; von potentiellen Förderinstitutionen wurde eine elektronische Rechenmaschine allerdings als „Phantasterei“ abgelehnt.

Deutsches Museum, München

„Auf dem Schrank in meinem Zimmer baute ich einen riesigen Greiferkran, der über Schnüre in allen seinen Bewegungen von meinem Schreibtisch aus bedient werden konnte.“ Das karikaturartige Selbstbildnis von Zuse belegt, dass in seiner Jugend das Konstruieren mit Metallbaukästen eine Lieblingsbeschäftigung war. Die Fertigkeit kam ihm dann später bei der Konstruktion der Z1 zugute. Schon mit 14 erhielt Zuse eine Ehrenurkunde beim Wettbewerb mit Stabilbaukästen.

Z1-Nachbau

Nachbau der Z1 (Bild: Raúl Rojas) von Zuse selbst vorgenommen; das Original wurde bei einem Bombenangriff auf Berlin im Dezember 1943 zerstört. Rechts die acht Speicherebenen, links die zwölf Ebenen für den Prozessor. Im unteren Teil das Hebelwerk, das den Takt an alle Maschinenkomponenten weiterleitet. „Im einzigen überlebenden Video der laufenden Maschine erweckt dies den Anschein von beweglichen Teilen eines Webstuhls. Allerdings webte diese Maschine Zahlen“ [Rojas]

Dadurch, dass Zuse das Dualsystem verwendete, konnte er im Unterschied zu den Konstrukteuren klassischer mechanischer Rechenmaschinen (wie Leibniz oder Babbage) auf Zahnräder und Getriebe zugunsten einfacherer bistabiler Schalt- und Speicherelemente verzichten.

Zuse und die Z1

„Es ist für uns heute noch erstaunlich, wie dem jungen Diplomingenieur Konrad Zuse 1936 eine solch moderne Konstruktion gelang. Die Erbauer der ENIAC waren eine Schar von Ingenieuren, darunter gestandene Professoren. Was sie erschufen, ist aber im Vergleich zur Z1 ein Dinosaurier. Die Z1 ist, trotz der mechanischen Ausführung, eine ausgereiftere Konstruktion als vieles, was bis 1945 gebaut wurde. Noch schlankere Rechnerarchitekturen wurden erst beim Nachfolger der ENIAC, der EDVAC, konzipiert, aber da hatte schon ein John von Neumann seine Finger im Spiel. Er lebte von 1926 bis 1929 in Berlin und war der jüngste Privatdozent an der Berliner Universität. Vielleicht sind der Erstsemestler Zuse und der Privatdozent sich irgendwann über den Weg gelaufen?“

Raúl Rojas, Julian Röder, Hai Nguyen: Die Prozessorarchitektur der Rechenmaschine Z1. Informatik-Spektrum (2014) 37: 341-347

Bild: Zuse an der von ihm 1986-89 nachbauten Z1
http://people.idsia.ch/~juergen/zuse4.jpg

Besichtigung der Z2

Bei der Z2 (Fertigstellung 1939) ersetzte Zuse die unzuverlässig arbeitenden mechanischen Schaltglieder des Rechenwerks der Z1 durch elektromechanische Relais. Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt konnte dadurch überzeugt werden und gab Zuse 25000 Reichsmark, damit er das Nachfolgemodell Z3 bauen konnte. Die Z3 wurde 1941 fertig, sie bestand aus 2000 Relais. Sowohl die Z2 als auch die Z3 wurden inklusive fast aller Unterlagen durch Bombenangriffe auf Berlin zerstört. Die Z4 schliesslich war eine Weiterentwicklung der Z3.

Karl-Ernst Hoestermann, Fernsprechtechniker beim Oberkommando der Wehrmacht (OKW) in Berlin und Nachrichtentechnikstudent im Zivilleben, der später beim Bau der Z4 mitarbeitete und nach dem Krieg bei der Firma Siemens beschäftigt war, erinnert sich an die Z2:

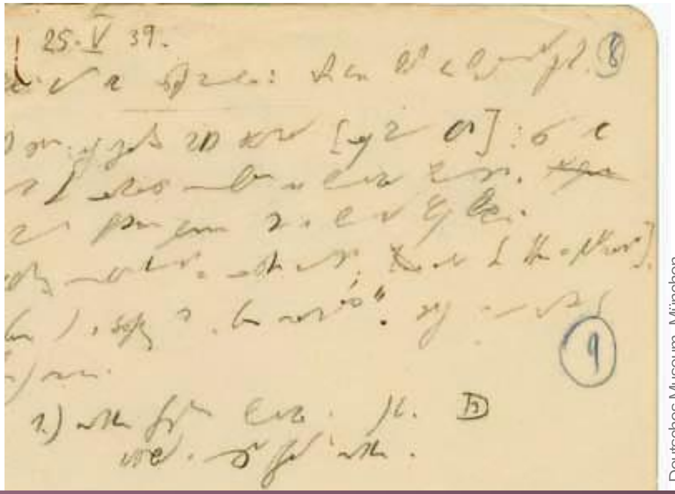
„Konrad Zuse hatte mich im Herbst 1940 zu einer Vorführung seiner ersten Relais-Maschine Z2 zusammen mit Helmut Schreyer und Alfred Eckhard in die elterliche Wohnung in der Methfesselstraße eingeladen. Das Haus im Stil der hochherrschaftlichen Wohnhäuser aus der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts mit Marmortreppe und Stuckdecken stand im krassen Gegensatz zu der nüchternen Atmosphäre, die man von Instituten und Entwicklungslabors gewohnt war. Meine erste Reaktion: Hat sich die Bande einen Ulk mit mir gemacht? Meine Zweifel wurden jedoch bald beseitigt. […] Auf einem alten Küchentisch war ein Gestell aufgebaut von ca. 1m Höhe und 0,6m Breite, voller Relais, Drehwähler und mit einem grausamen Drahtverhau, die erste programmgesteuerte Rechenmaschine mit einem Relais-Rechenwerk. Wie jeder Besucher, musste auch ich den Wert einer Determinante 3. Grades aus selbstgewählten vierstelligen Zahlen mit Hilfe von Bleistift und Papier ausrechnen. Dann wurde feierlich ein Einankerumformer angelassen (Zuse wohnte in einer Berliner Gleichstromgegend), ein motorgetriebener Drehschalter mit Segmenten und Schleifkontakten eingeschaltet, die von mir gewählten Zahlen mit Drucktasten in den Rechner eingegeben, und dann begann ein Klicken und Klappern von Relais, Stampfen und Rattern von Drehwählern und nach ca. 1 Minute wurde an einem Lampenfeld angezeigt, mit dem Resultat, daß ich falsch gerechnet hatte. Als mir dann nach weiteren Manipulationen am Rechner auch noch nachgewiesen wurde, wo ich mich verrechnet hatte, schlug meine anfängliche Skepsis in helle Begeisterung um.“

Zuses Nachlass

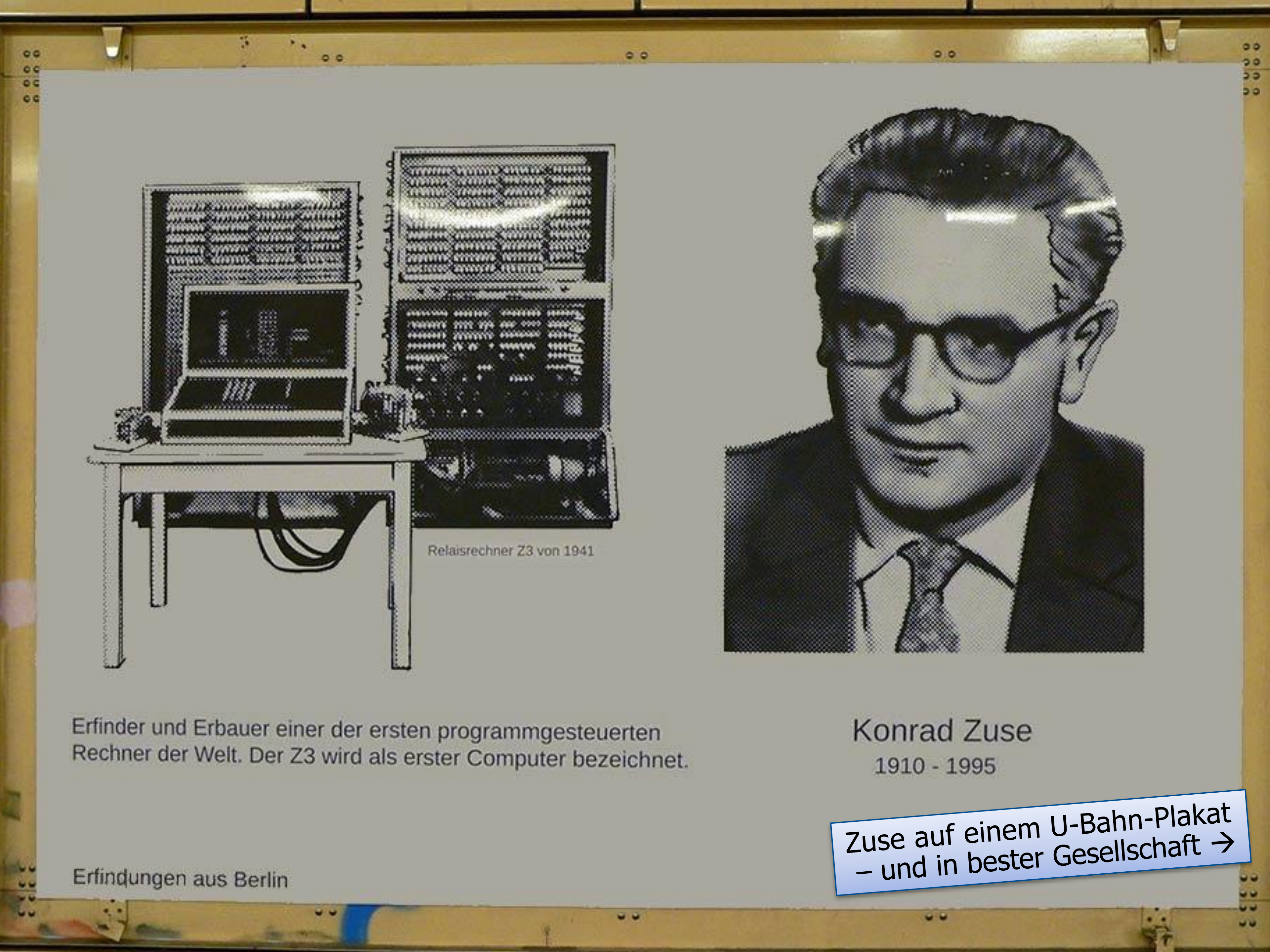
> Zuse war ein Lebenskünstler. Und er hatte das Zeug zu einem Langzeitstudenten. -- Raúl Rojas

Konrad Zuse ist in gewisser Weise auch eine etwas tragische historische Figur. Er erfand und konstruierte sehr viel, erlangte dafür aber oft nicht den richtigen Ruhm. Einerseits hatte er Pech, dass das Patentamt ihm die Anerkennung auf die Erfindung des Computers versagte und dass es kriegsbedingt und vor allem auch nach dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland kaum Entwicklungsmöglichkeiten und Geschäftsfelder gab, andererseits veröffentlichte er selten etwas von seinen Ideen und kam kaum in Kontakt mit den relevanten zeitgenössischen Geistesgrössen.

Das Wissenschaftsmagazin der FU Berlin berichtete 2012 über die Schwierigkeit mit Zuses Notizen in dessen Nachlass: „Er pflegte seine Gedanken in Kurzschrift aufs Papier zu bringen: ‚Etwa 80 Prozent seiner Notizen sind stenografiert‘, erklärt Wilhelm Füßl. Bisher eines der Hauptprobleme der Zuse-Forschung. Denn selbst am Deutschen Museum, wo einige Mitarbeiter selbst noch die Kunst der Kurzschrift-Entzifferung beherrschen, konnte man mit Zuses Notizen wenig anfangen. ‚Er hat über die Jahre eine eigene Schrift entwickelt‘, erklärt Füßl.“ Es mussten erst Fachleute gefunden werden, die Zuses Aufzeichnungen in die allgemeinverständliche Langschrift zurückübersetzen konnten: „Zwei Stenografie-Experten bearbeiten nun schon seit langem die umfangreichen Dokumente. ‚Vor allem der Anfang war schwierig‘, sagt die Stenografin Petra Dischinger. Denn wie geht man mit manuskriptartigen Aufzeichnungen um, in denen es vor Durchstreichungen, Wortänderungen und Neuanfängen wimmelt? […] Dazu kam seine Eigenart, Zettel mehrfach zu nutzen und spontan zu beschriften. Zahlenfolgen, in denen man vielleicht Teile einer Formel vermutete, stellten sich nachträglich als Zugverbindungen heraus.“


Deutsches Museum, München

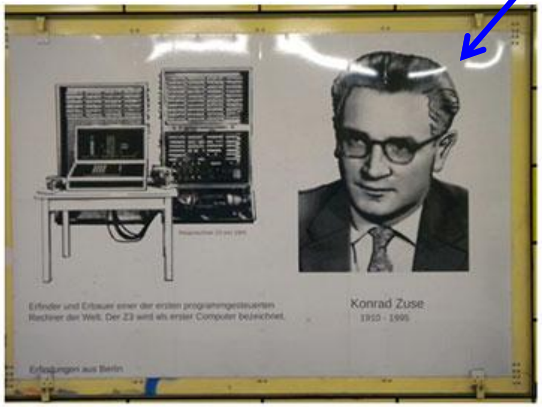
Zuses Stenogramm vom 25. Mai 1939 zu seinen Gedanken rund um einen Versuchsrechner lässt erahnen, wie mühselig die Aufarbeitung seines Nachlasses ist. Transkription (Auszug): *Stand der Arbeiten am Versuchsmodell: Rechenwerk fertig aber funktioniert schlecht. Mech. Hirn: Inzwischen Schaltungsmathematik* [Lesart unsicher] *entwickelt. Seit etwa einem Jahr allmähliches Einfühlen in formale Logik. Viele meiner früheren Gedanken habe ich dort wiedergefunden.*

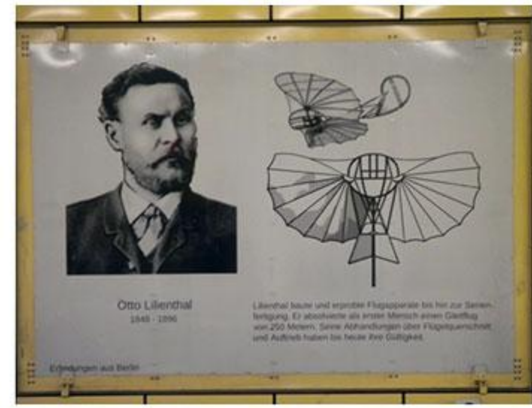


Zuse auf einem U-Bahn-Plakat
– und in bester Gesellschaft →

Berliner Erfindergalerie: Im U-Bahnhof Weberwiese in Berlin-Friedrichshain werden auf 18 Wandtafeln Porträts von Erfindern und Erfinderinnen gezeigt und ihrer „knorken“ Erfindungen skizziert; hier eine Auswahl der Plakate. Natürlich ist Konrad Zuse dabei. Daniel Düsentrieb ist der einzige Nicht-Berliner.

Manfred Baron von Ardenne: Fernsehbildröhre
August Borsig: Lokomotive
Cord Broihan: Berliner Weiße
Reinhard Burger: Thermosflasche
Hans Haupt: faltbarer Regenschirm
Rudolf Hell: schreibender Telegraf
Otto Lilienthal: Flugapparat
Ernst Litfaß: Litfaßsäule
Lise Meitner: Proaktinium (mit Otto Hahn)
Katharina Paulus: Paketfallschirm
Oskar Picht: Punktschreibmaschine
Johann Heinrich Leberecht Pistorius: Brennapparat
Werner v. Siemens: Zeigertelegraf
Max Skladanowsky: Filmvorführgerät
Carl Auer von Welsbach: Gas-Glühstrumpf- und Metallfadenlampe
Wilhelm Friedrich Wieprecht: Tuba
Konrad Zuse: Computer





www.math.berlin/orte/u-bhf-weberwiese.html

Im Blog der FAZ hiess es dazu: „Sehen wir einmal von seinen maroden Schulen ab, so überkommt Berlin manchmal ein kleiner Rappel, seinen Bildungsauftrag an der Bevölkerung doch nicht ganz zu vernachlässigen. Und dann entsteht so etwas, wie der Erfinderbahnhof Weberwiese, wo derzeit auf großen Tafeln den Wartenden Informationen über jene gegeben werden, die einmal Großes geleistet haben für die Stadt. […] Das Ziel der Plakatkampagne soll ja vermutlich sein, dass wir Berliner wieder daran erinnert werden, dass hier in Berlin einmal Erfindergeist bestand. Vielleicht ist die Idee angesichts der Arbeitslosenzahlen in der Stadt und angesichts der Verwahrlosung an vielen Ecken und Enden, vor allem der Zerfall der Infrastruktur, gar keine blöde Idee."

www.notesofberlin.com/notes-of-berlin-ausstellung-im-u-bahnhof/

Hier wird gerade das Plakat zu Werner von Siemens überdeckt.

Nichts ist für die Ewigkeit. Die „Berliner Woche" meldet im Juni 2018: „Im Bahnhof Weberwiese wurden bisher Berliner Persönlichkeiten gewürdigt, die bahnbrechende Erfindung gemacht und damit häufig Weltruhm erlangt haben. Diese ‚Galerie der Erfinder' ist seit Anfang Juni verschwunden. Ersetzt wurde sie durch eine Ausstellung mit dem Titel ‚Berlin in ganz groß'". Ausgestellt werden geschriebene oder gezeichnete private Notizen im öffentlichen Raum. Im U-Bahnhof sei nun die „größte Zettelausstellung der Welt" zu sehen. Die Erfinder seien immer noch da, sagen die Berliner Verkehrsbetriebe. Allerdings seien sie jetzt von den neuen Plakaten verdeckt und deshalb nicht zu sehen.

Wer erfand den Computer?

- Das hängt davon ab, was man unter „Computer" versteht:

> Most people in the US would say that the computer was invented by Eckert and Mauchley, whereas a German would give the credit to Konrad Zuse and a British may point out Alan Turing (or perhaps Charles Babbage). This depends not just on geographical context; for example, teenagers may widely think of Steve Jobs as the inventor of the (mobile) computer.
> -- Gerhard Weikum

- Funktionsfähig oder nur Konzept (wie z.B. Babbages Analytical Engine)?
- Digital (binär, dezimal,...) oder auch analog?
- Mechanisch, elektromechanisch, elektronisch (Röhren, Transistoren)?
- Universalrechner, d.h. frei programmierbar und Ausführung beliebiger Algorithmen im Rahmen des verfügbaren Speicherplatzes (sog. „Turing-Vollständigkeit") oder konstruiert speziell für eine bestimmte Aufgabenklasse?
- Programm: Auf (auswechselbarem) Steckbrett, auf Lochstreifen (als Nur-Lese-Speicher) oder zur Laufzeit im Speicher und damit im Prinzip durch Software selbst veränderbar (Speicher-programmierung: Programm = Daten, Von-Neumann-Prinzip)?

OPREMA-Computer mit Programmstecktafeln (Zeiss Jena)

Wer erfand den Computer?

The fundamental law of invention and discovery is the *infinite chain of priority*, which ensures that someone else always did it first. -- Tony Rothman

- Das hängt davon ab, was man unter „Computer“ versteht:

Tabelle bei https://de.wikipedia.org/wiki/Zuse_Z3:

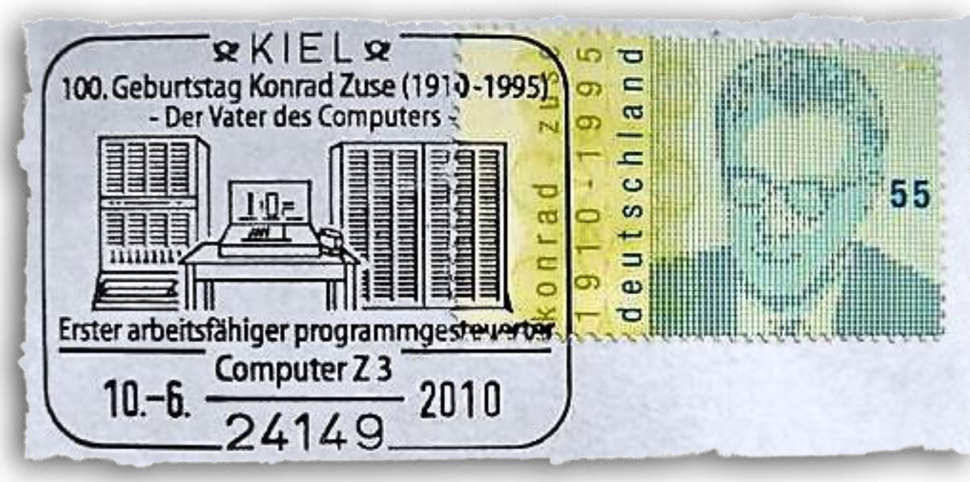
Computer	Land	Inbetrieb-nahme	Gleitkomma-arithmetik	Binär	Elektro-nisch	Programmierbar	Turing-mächtig
Zuse Z3	Deutschland	Mai 1941	Ja	Ja	Nein	Ja, mittels Lochstreifen	Über Umwege
Atanasoff-Berry-Comp.	USA	Sommer 1941	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein
Colossus	UK	1943	Nein	Ja	Ja	Teilweise, durch Neuverkabelung	Nein
Mark I	USA	1944	Nein	Nein	Nein	Ja, mittels Lochstreifen	Ja
Zuse Z4	Deutschland	März 1945	Ja	Ja	Nein	Ja, mittels Lochstreifen	Ab 1950
ENIAC	USA	1946	Nein	Nein	Ja	Teilweise, durch Neuverkabelung	Ja
		1948	Nein	Nein	Ja	Ja, mittels Wider-standsmatrix	Ja

“Any ‘first’ is problematical. What ‘first’ means depends on precise definitions of fuzzy concepts. Historian of computing and former Computer History Museum chief curator Michael Williams famously said that anything can be a first if you put enough adjectives before the noun. Does the ‘first computer’ need to be electronic? Have a program stored in memory? Have been built? Be general-purpose?”

https://computerhistory.org/blog/programming-the-eniac-an-example-of-why-computer-history-is-hard/

Wer erfand den digitalen Universalcomputer?

- Zuse: Z3 (am 21. Dez. 1943 durch Bombentreffer zerstört; funktionsfähiger Nachbau von 1962 im Deutschen Museum); elektromechanisch
- „Als erster funktionierender Digitalrechner der Welt gilt die Z3, die der Berliner Bauingenieur Konrad Zuse im Jahr 1941 baute. Der Rechner bestand aus 30 000 Kabeln und rund 2500 Relais, also elektrischen Schaltern, wie sie in damaligen Telefonanlagen benutzt wurden. Sie wog etwa eine Tonne und war gross wie eine Schrankwand. Die Z3 verwendete das binäre im Gegensatz zum dezimalen System, also nur die Ziffern Null und Eins. Das Binärsystem galt seither als Grundlage für jeden modernen Computer. Der Zuse-Rechner konnte 64 Wörter speichern und benötigte drei Sekunden für eine Multiplikation.“ [Süddeutsche Zeitung, 23. Oktober 2019]



Wer erfand den digitalen Universalcomputer?

- Zuse: Z3 (am 21. Dez. 1943 durch Bombentreffer zerstört; funktionsfähiger Nachbau von 1962 im Deutschen Museum); elektromechanisch
  - Patentanmeldung von 1941 durch Zuse, Ablehnung durch das deutsche Bundespatentgericht „mangels Erfindungshöhe“: Die Bauteile wie Relais und Schrittschalter seien bereits vorhanden gewesen, Zuse habe sie einfach auf eine neue Art zusammengebaut
- 1944: Mark I (bzw. ASCC – Automatic Sequence Controlled Computer) durch Howard Aiken; elektromechanisch
- 1946: ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) durch John Presper Eckert und John William Mauchly; elektronisch (Elektronenröhren)

- 1973 wurde durch ein umstrittenes, aber unangefochtenes US-Gerichtsurteil in einem Patentstreit John Atanasoff zum Erfinder des ersten automatischen elektronischen digitalen Computers bestimmt, er konstruierte 1937 – 1941 eine nicht programmierbare Maschine zum Lösen linearer Gleichungssysteme (Atanasoff-Berry-Computer, „ABC“)
- Colossus (1943, Max Newman und Tommy Flowers) war ebenfalls kein Universalrechner, sondern speziell zur Dechiffrierung geheimer Nachrichten des deutschen Militärs im Zweiten Weltkrieg konstruiert

Höhere Mathematik auf Knöpfen

DER SPIEGEL, 7. Juli 1949 (Auszug)

Gewerbeausweis vom Nov. 1942
(Deutsches Museum, München)


Lichtbild des Inhabers bzw. gesetzlichen Vertreters des nebengenannten Unternehmens

Stempel

Stempel

Eigenhändige Unterschrift

Konrad Zuse

Es wird hierdurch bescheinigt, daß der durch obiges Bild ausgewiesene Inhaber des Gewerberollen-Ausweises – Gewerbekarte – die Unterschrift selbst vollzogen hat.

, den 20. 11. 1942

Die Industrie- und Handelskammer zu Berlin.

Unterschrift (Amtsstelle)

Anm.: Jeder Wohnungswechsel ist der Kammer sofort mitzuteilen. Wer sein Gewerbe aufgibt, aus der Firma ausscheidet oder aus dem Bezirk der Industrie- u. Handelskammer zu Berlin verzieht, muß diesen Ausweis unverzüglich der Industrie- und Handelskammer zurückgeben.

Bei nicht rechtzeitiger Beitragszahlung, sowie bei einem den Stand schädigenden Verhalten usw., kann der Gewerberollen-Ausweis wieder eingezogen werden.

Als er sich als Berliner TH-Student mit langen statischen Berechnungen herumquälte, kam ihm der Gedanke, „die geistigen Kräfte des Menschen zu verstärken, indem Maschinen zur Lösung von Aufgaben herangezogen werden, die bisher einen großen Teil der geistigen Arbeitskraft gebunden hatten".

„Ich war zu faul zum Berechnen", interpretiert der lange Mann in den geflickten Mechanikerhosen heute seinen eigenen Broschürentext.

Aus 15 000 Meter Draht, 20 000 Lötstellen, 2000 Telephonrelais, 2500 kg Material, 250 000 Mark und 100 000 Arbeitsstunden entstand ein Gerät, das einen normalen Möbelwagen bequem ausfüllt. In diesem Möbelwagen fährt V 4 jetzt nach Hünfeld (Kreis Fulda). Dort soll sie der deutschen Wissenschaft rechnen helfen.

Originalname der Z4

In den USA existieren ähnliche Geräte wie V 4 unter dem Namen „Maschinen-Gehirn". Sie arbeiten aber auf anderer Basis. Zuse ersetzte 18 000 US-Elektronenröhren durch mechanische Einrichtungen. Die amerikanische Maschine kostet 400 000 Dollar, wiegt 20 Tonnen und hat Stromlinienform.

Auf den 149 Knöpfen und Tasten des V-4-Kommandostandes spielt Zuse höhere Mathematik. Daneben hängen unzählige verschieden gelochte Filmstreifen. Jede Lochung bedeutet eine mathematische Formel, von der einfachsten Wurzel bis zur schwierigsten Gleichung mit zehn Unbekannten.

Höhere Mathematik auf Knöpfen

Um eine Rechenaufgabe zu lösen, wird der entsprechende Streifen in V 4 eingehängt. Paulas flinke Hände tippen auf der Tastatur die jeweiligen Zahlen, die je nach Bedarf von der V 4 addiert, subtrahiert, multipliziert, dividiert oder gewurzelt oder alles auf einmal werden.

Wenn die 60 Volt Gleichstrom durch die 20 Kilometer Draht gejagt sind, leuchtet das Ergebnis hinter weißen Glasscheiben auf. Eine schwierige Berechnung, zu der ein Stab von Wissenschaftlern Tage braucht, löst V 4 in Minuten.

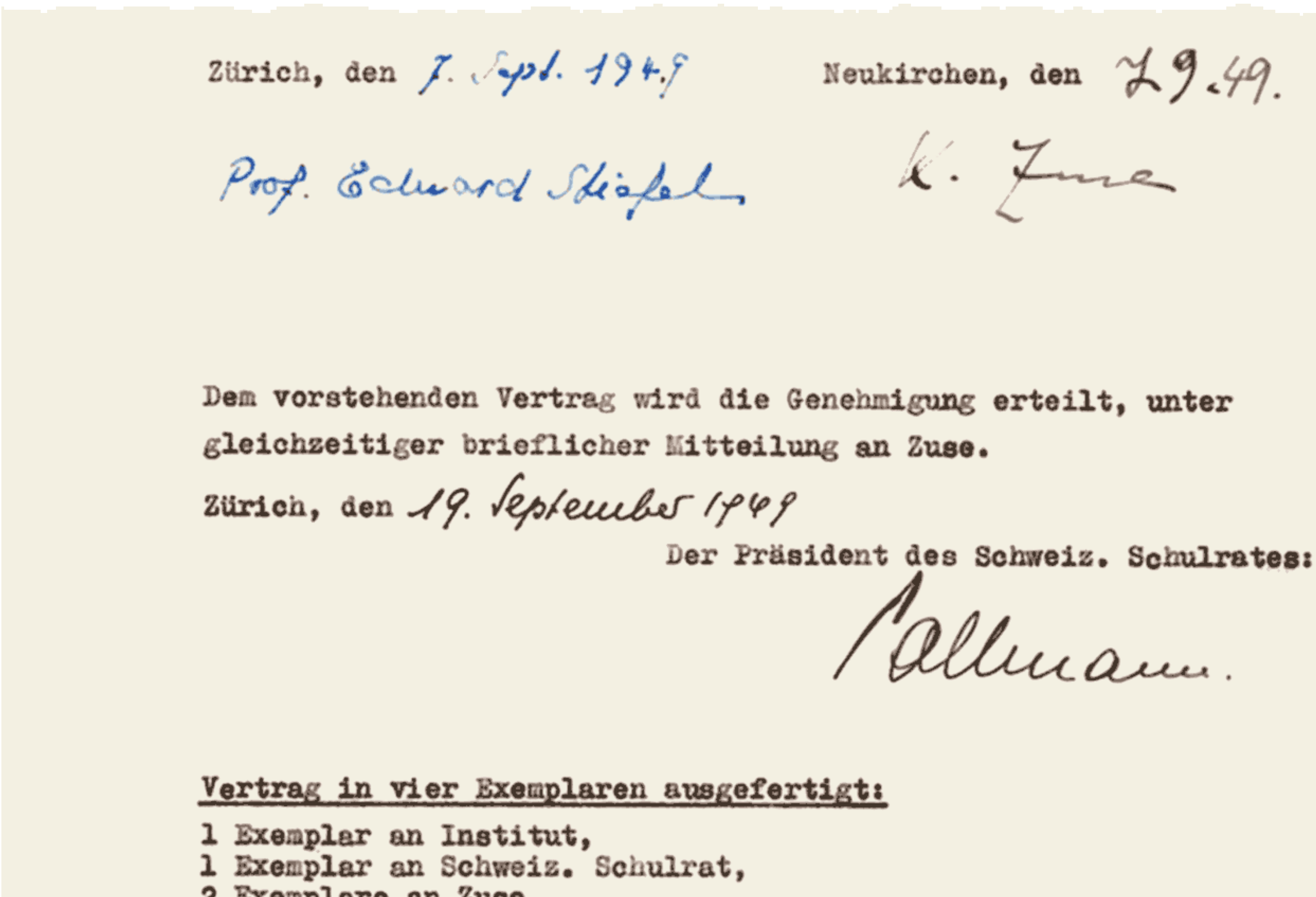
Zur V 4 gehört noch ein „mechanisches Gedächtnis" in der Größe eines mittleren Kleiderschrankes. Dessen Einzelteile schnitt Zuse aus US-Konservenblech. Das Gedächtnis „notiert" automatisch Zwischenergebnisse.

Konrad Zuse braucht 20 000 DM, um der V 4 ein New-Look-Kleid zu geben. Im Augenblick sieht sie aus wie eine Großstadttelephonzentrale nach einem Erdbeben. Außerdem sucht er Geldgeber, um den Serienbau der Rechen- und der Problemmaschine zu beginnen. „20 000 DM zum Weiterexperimentieren täten es auch schon."

Das Ausland zeigt sich an V 4 interessiert. Aber Zuse wartet ab.

„Eines Tages im Jahr 1949 entsteigt ein Herr einem vornehmen Automobil mit Schweizer Nummer. Professor Eduard Stiefel ist Vorsteher des neugegründeten Instituts für Angewandte Mathematik der ETH in Zürich, er hat von der Rechenmaschine Wind bekommen, die irgendwo im Allgäu herumstehen soll. Stiefel diktiert Zuse eine Differentialgleichung, Zuse knipst das Programm auf einen Filmstreifen, legt ihn in den Leser, die Z4 klappert und rattert, das Resultat ist richtig." [Emil Zopfi in*: Zuse Z4, der Computer aus der Asche*, http://zopfi.ch/zusez4/]

Der Mietvertrag mit der ETH wurde am 7.9.1949 im Bahnhofbuffet des Badischen Bahnhofs in Basel unterzeichnet; ein ETH-Schulratsprotokoll vom Okt. 1949 notiert: „Im Juli 1949 erfuhr die Kommission von einer Rechenmaschine des deutschen Ingenieurs Zuse, die von der ETH zu aussergewöhnlich günstigen Bedingungen übernommen werden konnte. Prof. Stiefel und Dr. Lattmann besichtigten die Apparatur. Sie rühmten besonders deren mathematische Disposition…"



Zürich, den 7. Sept. 1949 Neukirchen, den 7.9.49.

Prof. Eduard Stiefel K. Zuse

Dem vorstehenden Vertrag wird die Genehmigung erteilt, unter gleichzeitiger brieflicher Mitteilung an Zuse.

Zürich, den 19. September 1949

Der Präsident des Schweiz. Schulrates:

Pallmann.

Vertrag in vier Exemplaren ausgefertigt:

1 Exemplar an Institut,
1 Exemplar an Schweiz. Schulrat,
2 Exemplare an Zuse.

Quelle: Archiv der ETH Zürich

Die Existenz der Z4 war entscheidenden Leuten in der Schweiz und der ETH allerdings schon vor Juli 1949 bekannt. Max Lattmann (1910-2011), technischer Direktor der Oerlikoner Rüstungsfirma Contraves („contra aves"; spe-spezialisiert auf Flugabwehr) sowie Mitglied der Kommission zur Entwicklung von Rechengeräten in der Schweiz (deren Präsident Eduard Stiefel war), hatte in den 1930er-Jahren in Berlin studiert und dort Zuse kennengelernt. Er besuchte ihn schon im Februar 1949 im Allgäu. Im Juli hat sich dann auch der Direktor von Contraves, Hans Brändli, die Z4 dort vorführen lassen.

2. Die im Vertrag unter Ziff. 3 erwähnten Instandstellungs- und Ergänzungsarbeiten, die von Zuse bis zur Uebernahme der Maschine ausgeführt werden müssen, sind:

a) Ueberholung und Instandstellung aller elektrischen und mechanischen Einrichtungen;

b) Ersetzung abgenützter Teile (Relais, Schrittschalter, usw.), sodass der Zustand des Materials für einen dauernden Betrieb an der ETH genügt;

c) Ausbau des Registers auf eine Kapazität von 64 Worten;

d) Erhöhung der Rechengeschwindigkeit ~~auf 60 Operationen pro Minute;~~ entsprechend den techn. Möglichkeiten. Stiefel.

e) Einbau einer Vorrichtung für die Eingabe numerischer Werte auf Lochstreifen (input);

f) Einbau einer Vorrichtung für das Stanzen von Resultaten auf Lochstreifen (output);

g) Einbau eines Schreibwerkes zum Drucken der Resultate;

h) Herstellung einer für den Transport und die Aufstellung in Zürich geeigneten äusseren Form.

Quelle: Archiv der ETH Zürich

Am 11.7.1950 wurde die generalüberholte Z4 schliesslich an der ETH Zürich installiert.

Erst im März 1967 macht Zuse rückblickend offizielle Angaben zu seinen Besitzverhältnissen während und nach dem Zweiten Weltkrieg. In welchem Sinne er 1949 den Mietvertrag über die Z4 mit der ETH unterschrieb und die Einnahmen für seine Firma verwendete, war etwas unklar; hier sieht er sich in der Rolle eines Treuhänders:

> Etwa im Jahre 1942 bekam ich vom Reichsluftfahrtministerium den Auftrag
> zur Konstruktion und Baues für ein programmgesteuertes Rechengerät in
> elektromechanischer Technik. Dieses Gerät wurde von mir bis zur Flucht
> aus Berlin dort entwickelt und im Bauzustande und im Auftrage des Reichs-
> luftfahrtministerium in unfertigem Zustande von Berlin nach Göttingen
> gebracht und s~~t~~päter dann von Göttingen nach Hinter~~au~~stein. Das Gerät war
> sicherheitsübereignet an das Reichsluftfahrtministerium. Vom Reichsluft-
> fahrtministerium wurden Vorauszahlungen geleistet, die die Kosten nicht
> deckten. Eine Endabrechnung war nicht mehr durchführbar, da ein Rechts-
> nachfolger fehlte. Das Gerät wurde zunächst auf eigene Kosten und später
> mit Unterstützung der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich fertigge-
> und dort 195o mietweise aufgestellt. Es wurde später dem Deuteschen Museum /stellt
> in München gestiftet. Ich habe mich nur als Treuhänder~~x~~ betrachtet.

Quelle: Deutsches Museum München

Zuse erinnert sich an die Inbetriebnahme der Z4

„Eine besondere Episode stellt die Inbetriebnahme der Z4 an der ETH in Zürich dar. Die Eröffnung erregte in der Schweiz allgemeines Interesse. Stiefel hatte alles gut vorbereitet und etwa 100 Gäste aus Industrie und Wissenschaft eingeladen. Wie üblich, wurde bis zum Vortage an dem Gerät eifrig gebastelt. Am Vormittage des Eröffnungstages wurden noch einmal alle wichtigen Programme durchgespielt. Alles lief einwandfrei. Die Vorführung sollte nachmittags 16.00 Uhr stattfinden, und so fanden wir noch Zeit zu einem ruhigen Mittagessen, das, wie in der Schweiz üblich, sehr gut war.

Nach dem Essen passierte nun allerdings etwas zunächst völlig Unerklärliches. Bereits nach Einstellung der einfachsten Aufgaben fing das Gerät plötzlich an zu bocken. Funken sprühten hier und dort, und es verbreitete sich allmählich der bekannte Geruch von 'Elektrikerbraten'. So etwas war mir in meiner ganzen Praxis mit Computern noch nicht passiert. Fassungslos standen wir vor diesen Erscheinungen. Um 16.00 Uhr sollte die Vorführung stattfinden. Stiefel hat in diesen Augenblicken sich sicher innerlich gefragt, ob es denn wirklich richtig war, eine deutsche Maschine nach Zürich zu holen.

Schliesslich hatte Speiser die rettende Idee [...]. Nachdem dieser Fehler entdeckt war, hatten wir noch eine halbe Stunde Zeit, die Folgen zu beseitigen. In aller Eile wurden die durchgeschmorten Drähte durch fliegende Leitungen ersetzt. Der brenzliche Geruch konnte durch Öffnen der Fenster und Hereinlassen der schönen Schweizer Luft beseitigt werden. Um 16.00 Uhr begann pünktlich die Vorführung und alles lief einwandfrei.

All das gehört noch zur Pionierzeit des Computers. Die Jahre in Zürich habe ich in bester Erinnerung. Aus der anfänglichen Zusammenarbeit entwickelte sich eine echte Freundschaft. Speiser sorgte für eine erstklassige technische Wartung des Gerätes. Rutishauser entwickelte sich zu einem routinierten Programmierer und sicher haben seine Arbeiten über die ETH und die Z4 hinaus Bedeutung erlangt.“

[Aus: ZAMP, Vol. 30, 1979, S. 399-403]

Reglement für die Bedienung der programmgesteuerten Rechenmaschine

Institut für angewandte Mathematik
E.T.H.

<u>Reglement für die Bedienung der programmgesteuerten Rechenmaschine</u>

Um das einwandfreie Arbeiten des Rechengerätes nicht unnötig zu beeinträchtigen, und um Unfälle auszuschliessen, sind folgende Punkte zu beachten:

1) Das Rauchen im Maschinenraum ist verboten.

2) Filmabfälle sind in die dafür vorgesehenen Behälter zu werfen; sie müssen von andern Abfällen strikte getrennt gehalten werden.

3) Das Einschalten des Gerätes geschieht wie folgt:
a) Die vier Schalter der oberen Reihe an der Schalttafel werden in der Reihenfolge von links nach rechts eingeschaltet.
b) Der Schlüsselschalter am Schaltpult wird betätigt.
c) Der Impulsgeber wird eingeschaltet. Das Ausschalten erfolgt in der umgekehrten Reihenfolge.

4) Oeffnen der Schränke und des Speicherwerks ist verboten; wenn die Maschine Fehler macht, so ist das reguläre Personal zu rufen.

5) Das Auswechseln von Filmrollen ist im Journal zu vermerken (mit ungefährer Angabe der Grösse der neuen Rolle).

Zürich, den 25. September 1953 Prof. Dr. E. Stiefel

Abenteuerliche Geräte aus Altmaterial

DER SPIEGEL, 17. Juni 1985 (Auszug)


SPIEGEL Gespräch

„Wir gehen einen gefährlichen Weg“

Rechner-Erfinder Konrad Zuse über Computer und die Angst der Menschen vor der Technik

Abenteuerliche Geräte aus Altmaterial

Konrad Zuses Konstruktionen fanden in Deutschland wenig Förderer

Zuse (M.), SPIEGEL-Redakteure*: „Man könnte zu Systemen kommen, die der Natur ähneln“

72

Zuse war in den 30er-Jahren in Berlin so etwas Ähnliches wie heute die Garagen-Genies des Silicon Valley in den USA, die aus dem Brut-Klima der kalifornischen Hippie-Kultur zu Milliardenunternehmern aufstiegen. Doch seiner Karriere fehlt das dollarschwere Happy-End.

Er war ein begabter Laienschauspieler und Maler, versuchte sich vergeblich als Reklamezeichner und trieb sich in kommunistischen Jugendgruppen herum. Ohne große Begeisterung absolvierte er ein Studium als Bauingenieur. Von Rechenmaschinen hatte er keine Ahnung. Die endlosen Rechnereien, die sein Studium ihm abverlangte, waren ihm ein Gräuel. So entwickelte sich die Idee, einen Rechenautomaten zu bauen.

Im Jugendstil-Wohnzimmer seiner Eltern bastelte Zuse sein erstes Gerät zusammen. Die abenteuerliche Konstruktion, mit einem mechanischen Rechenwerk, war mit der Laubsäge aus Blech geschnitten und füllte den Esstisch. Hauptamtlich arbeitete er als Statiker der Flugzeugwerke an Flugabwehrraketen.

Die Mannschaft seiner eigenen Firma war eine kriegsbedingt merkwürdige Auslese. Ein Konstrukteur kam aus dem Irrenhaus, der Buchhalter war wegen Betrügereien vorbestraft. Der erste Programmierer Deutschlands, wenn nicht der Welt, war ein Blinder.

1967 ging die Zuse KG an Siemens. Der deutsche Elektro-Multi ließ die Entwicklungslinie der Zuse-Rechner einschlafen. Der Firmenname Zuse wurde gelöscht. Reich ist der Computer-Erfinder mit dem Verkauf seiner hochverschuldeten Firma nicht geworden. Seinen Lebensunterhalt sicherte er fortan durch Berater-Verträge und den Verkauf seiner Ölbilder.

1991: Ehrendoktorwürde der ETH für Zuse

https://inf.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/spotlights/infk-news-channel/2021/07/walter-gander-video-interview/_jcr_content/news_content/slideshow_1844165316/images/image-2.imageformat.slideshow.987134804.jpg

Rechts:
Konrad Zuse

Links:
Prof. Walter Gander, 1991 Vorsteher der Abteilung IIIC (Informatik) der ETH Zürich

Portrait Prof. Dr. K. Zuse
Von Prof. Walter Gander, Vorsteher der Abteilung für Informatik

Konrad Zuse ist am 22. Juni 1910 in Berlin geboren. 1927 studierte er an der technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg Maschinenbau, dann Architektur, und 1935 schloss er als Bauingenieur ab. Während des Studiums hatte er sich über den Aufwand ausgedehnter statischer Berechnungen geärgert. Er begann deshalb schon 1933 mit Überlegungen, wie man solche Berechnungen mechanisieren könnte. 1936 richtete er eine Erfinderwerkstatt in der Wohnung seiner Eltern ein, mit dem Ziel, einen programmgesteuerten Rechner zu konstruieren.

Prof. Dr. Konrad Zuse ist der Erbauer des ersten frei programmierbaren, in binärer Gleitpunktarithmetik arbeitenden Computers, der Z3. Sie wurde 1941, am 25. November, vor 50 Jahren, Fachleuten vorgestellt. Es gibt keine andere Wissenschaft als die Informatik, deren Begründer noch am Leben ist und die in so kurzer Zeit eine so grosse Bedeutung erlangt hat.

Im Bereich der Wissenschaft hatte die Schweiz mit der ETH Persönlichkeiten, die nicht nach innen geschaut haben, wie das in der Politik der Fall war. Prof. Stiefel erkannte an der ETH Zürich die grosse zukünftige Bedeutung der Computer, und es gelang ihm, sowohl den damaligen ETH-Präsidenten davon zu überzeugen als auch von Prof. Zuse die Z4 für 5 Jahre zu mieten.

Die ETH war damit die einzige Hochschule in Europa, die einen Computer in Betrieb hatte. Dies führte zu Zusammenarbeit von Prof. Zuse mit den späteren Professoren Rutishauser und Speiser. Es war der Grundstein für die erfolgreiche Entwicklung der numerischen Mathematik und Informatik der ETH Zürich.

Abgedruckt in: OUTPUT, Nr. 1/92, S. 25

ETH-Schulratsprotokoll vom 8.10.1949 zur Z4

Das Arbeiten mit modernen Rechenmaschinen nahm in den letzten Jahren einen ungeahnten Aufschwung. Es entwickelte sich geradezu eine neue Richtung der Mathematik, die experimentelle Mathematik. Zahlreiche mathematische Aufgaben lassen sich nur mit Hilfe der modernen Maschinen lösen. Die Forschung, die Industrie, die Banken und die Versicherungsgesellschaften beginnen heute mit solchen Rechenmaschinen zu arbeiten. Die Schweiz steht in der Entwicklung solcher Rechenmaschinen und in der Anwendung gegenüber dem Ausland in grossem Rückstand. Die schweizerische Präzisions-Industrie würde sich für dieses Gebiet ausserordentlich eignen. Die Kommission setzte sich am Anfang zwei Ziele:

a) die Entwicklung neuer Rechenmaschinen
b) die Weiterbildung bestehender Systeme.

Im Juli 1949 erfuhr die Kommission von einer Rechenmaschine des deutschen Ingenieurs Zuse, die von der E.T.H. zu aussergewöhnlich günstigen Bedingungen übernommen werden könnte. Prof. Stiefel und Dr. Lattmann besichtigten die Apparatur. Sie rühmten besonders deren mathematische Disposition und erklär-

ETH-Schulratsprotokoll vom 8.10.1949 zur Z4 (2)

Der Präsident: Die Rechenmaschine soll mehreren Zwecken dienen. Zunächst ist hervorzuheben, dass bestimmte mathematische Aufgaben nur maschinell in nützlicher Frist gelöst werden können. Das Institut kann mit der Maschine somit Aufträge von Professoren der E.T.H., aber auch von dritter Seite, z.B. von Banken, Versicherungen und Industriefirmen ausführen. Sodann aber hoffen wir, dass die Maschine der schweizerischen Industrie Anregungen für weitere Konstruktionen geben werde. Wenn auch in der Schweiz vielleicht der Bau von grossen Rechenmaschinen nicht in Frage kommt, so kann unsere Präzisionsinstrumenten-Industrie zweifellos doch direkt und indirekt aus der genauen Kenntnis moderner Rechenmaschinen Nutzen ziehen.

ETH-Schulratsprotokoll vom 12.7.1952 zur Z4

Die Maschine hat seither die gestellten Erwartungen in diesen drei Punkten erfüllt: So führte sie die mathematische Berechnung zahlreicher Probleme durch, die ohne Maschine nicht oder nur in gröberer Annäherung bzw. mit zu grossem Zeitaufwand hätten gelöst werden können. Wir erwähnen u.a.: Inversion von Matrizen, Integration von Schwingungsdifferentialgleichungen, spezielle Relaxationsverfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen, Berechnung gewisser elektrischer Netzwerke mit Potentiometern. Im Auftrag wurden u.a. folgende Aufgaben gelöst: Berechnungen der Spannungen in einer Talsperre, Raketenflug, quantenmechanische Untersuchung von Naphtalinmolekülen, Hilfsrechnung für die Hochfrequenztechnik, Strahlendurchgang durch optisches System, Ausgleich photogrammetrischer Streifenaufnahmen, Schwingungen vierachsiger Lokomotiven. Deformation von Flugzeugflügeln; kritische Drehzahlen von Turbinenaggregaten, Abflussregulierung der drei Juraseen. Einschwingvorgänge einer Servosteuerung, usw. - Im Institut liegen zahlreiche Aufträge vor, die mangels Zeit und Personal zurückgestellt werden mussten.

Z4: Nutzung

29. Berechnung von Geschossflugbahnen

div. Armeeaufträge (total 900 Std.Z4)

30. Berechnungen zum Sturzflug eines Flugzeugs (mit besonderer Berücksichtigung des Auffangens).

Industrieauftrag (ca. 120 Std.Z4)

31. Berechnung der Tabelle einer Funktion von 2 Variabeln (Vgl. Primas & Günthard, Helv.Chim.Acta Vol.37 (1954), S. 360-374)

Auftrag des org.-chem.Laboratoriums der ETH (ca. 60 Std.Z4)

32. Berechnungen zum Grenzschichtproblem

Auftrag der Univ.Freiburg i.Br. (ca. 90 Std.Z4)

33. Quantenmechanische Berechnungen bei aromatischen Verbindungen (Nullstellen von Polynomen) Vgl.Schmid & Heilbronner, Helv.Chim.Acta, Vol.37 (1954), S.1453-1466.

Auftrag des org.chem.Laboratoriums der ETH (insgesamt 50 Std.Z4)

34. Hilfsrechnungen für die Herstellung eines Analogierechengerätes.

Armeeauftrag. (ca. 60 Std. Z4)

35. Hilfsrechnungen für die Staumauer Zervreila (21 lineare Gleichungen mit 21 Unbekannten).

Auflösung mit dem Gauss'schen Algorithmus.
Industrieauftrag. (ca. 50 Std. Z4)

Die detaillierte Aufstellung zur Nutzung der Z4 zeigt, dass militärische Aufträge (im Bild: Nr. 29, 30 und 34; aber auch z.B. die Flatterrechnungen für den P16-Kampfjet mit 800 Stunden Rechenzeit) einen Grossteil der Rechenzeit in Anspruch nahmen.

Die Z4 war an der ETH Zürich von 1950 bis 1955 in Betrieb. 1981 schrieb A. Speiser dazu:

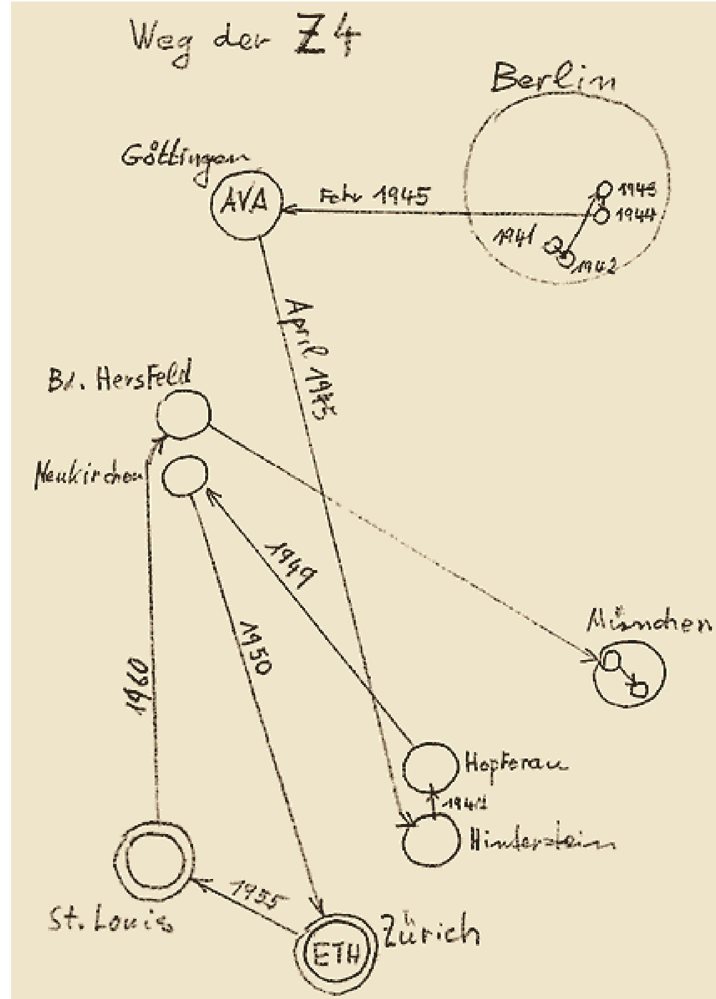
Wenn wir auf die Zürcher Zeit der Z4 zurückblicken, so können wir abschätzen, dass sie während dieser vier Jahre ungefähr 15 Millionen Rechenoperationen ausgeführt hat. Die heutige Anlage an der ETH erbringt – wenn man die zentralen und die peripheren Prozessoren zusammenrechnet – die gleiche Rechenleistung in einigen Sekunden. Es ist ganz klar, dass während der vier Z4-Jahre zusammengerechnet für die Programmierung mehr Sorgfalt aufgewendet wurde und dass auch mehr wissenschaftlich bedeutende und praktisch nützliche Ergebnisse entstanden sind als heute während einiger Sekunden Betriebszeit. Die Feststellung enthält im Grund eine Selbstverständlichkeit und ist nicht eine Kritik an den heutigen Benutzern. Der Vergleich zeigt aber, wie grundlegend sich das digitale Rechnen und die numerische Mathematik im Verlauf eines Vierteljahrhunderts gewandelt haben.

[Ambrosius Speiser: Die Z4 an der ETH Zürich: ein Stück Technik- und Mathematikgeschichte. In: Elemente der Mathematik 36 (1981), Heft 6, Seiten 145-176]

Z4: Rückblick

Externe Benutzer mussten übrigens einen Rappen pro ausgeführtem Befehl bezahlen*. Die Z4 geht nach ihrer Zeit an der ETH an das ISL, ein Rüstungsforschungsinstitut in St. Louis im elsässischen Dreiländereck (auf einem verlassenen Fabrikgelände in der Nähe des Flughafens Basel-Mulhouse), in dem Frankreich ab August 1945, also unmittelbar nach Ende des Zweiten Weltkriegs, einige zig deutsche Rüstungswissenschaftler vom ehemaligen Institut für Technische Physik und Ballistik der Technischen Akademie der Luftwaffe (in Berlin-Gatow) beschäftigt, die (sehr zum Missfallen der Lokalbevölkerung, die diesen Personen eine Mitschuld am gerade durchlittenen Krieg gab) mit ihren Familien auf der gegenüberliegenden deutschen Rheinseite, in Weil am Rhein (seinerzeit französische Besatzungszone) privilegiert untergebracht waren und täglich in einem verplombten Bus über Schweizer Gebiet zur Arbeit fuhren. Die Z4 wurde in St. Louis vermutlich für ballistische und gasdynamische Rechnungen eingesetzt.

Heute befindet sich die Z4 im Deutschen Museum in München.



https://digital.deutsches-museum.de/item/NL-207-0822/#0011

Skizze von Zuse „Weg der Z4"

*) Die Z4 benötigte etwa 0.4 Sekunden für eine Addition. Schon im Jahr 2000 führten Prozessoren wie der Intel Pentium III oder der AMD Athlon mehr als 2 Milliarden Operationen pro Sekunde aus – schon ein paar Millisekunden Rechenzeit zu diesem Preis wären sehr teuer gewesen!

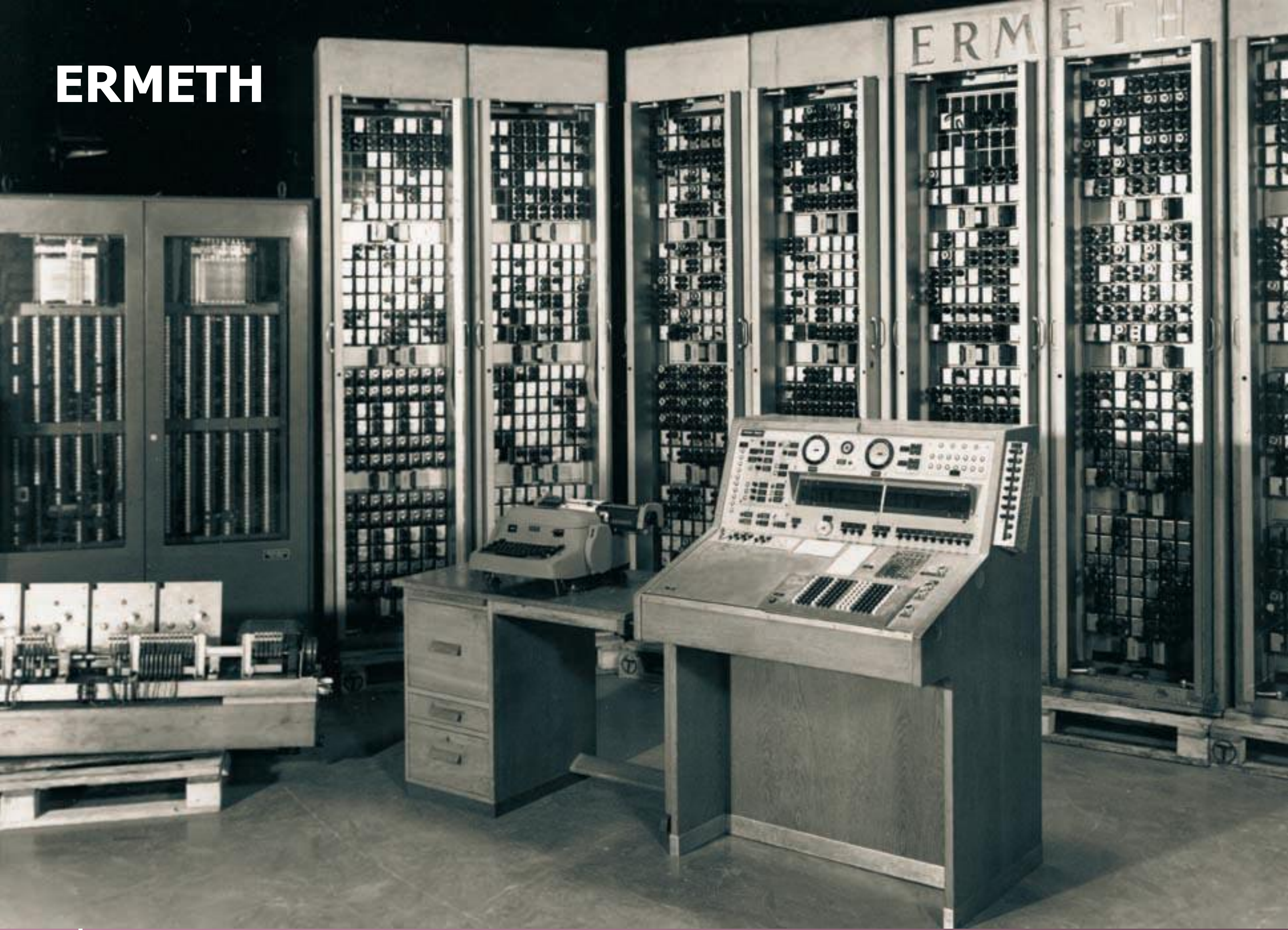
Z4: Rückblick (2)

When the scientific results started to flow out of Zurich in 1951 and 1952, some criticism was voiced in Germany to the effect that the Z4 should have been kept at home rather than letting it go abroad. In retrospect, the explanation for what happened is quite clear to me: In 1950, universities were still suffering from the consequences of the war. Buildings were badly damaged, equipment was almost non-existent and, accordingly, the limited funds had to be spent on the urgent needs of the day in order to keep university life at an acceptable level. The sum of 50,000 Swiss Francs that we paid for Z4 was clearly beyond the reach of any of the [German] universities.

But German interest in what was being done in Zurich had been awakened and our ERMETH plans, in particular, were closely followed. When the first industrial machines appeared in Germany, we found that a number of ERMETH ideas had been adopted. To us, it was a source of grief that our work was followed with much more interest in Germany than in our own country. To be sure, Swiss industry was polite and cooperative when we needed help, but they showed no interest in our results – nobody is a prophet in his own country!

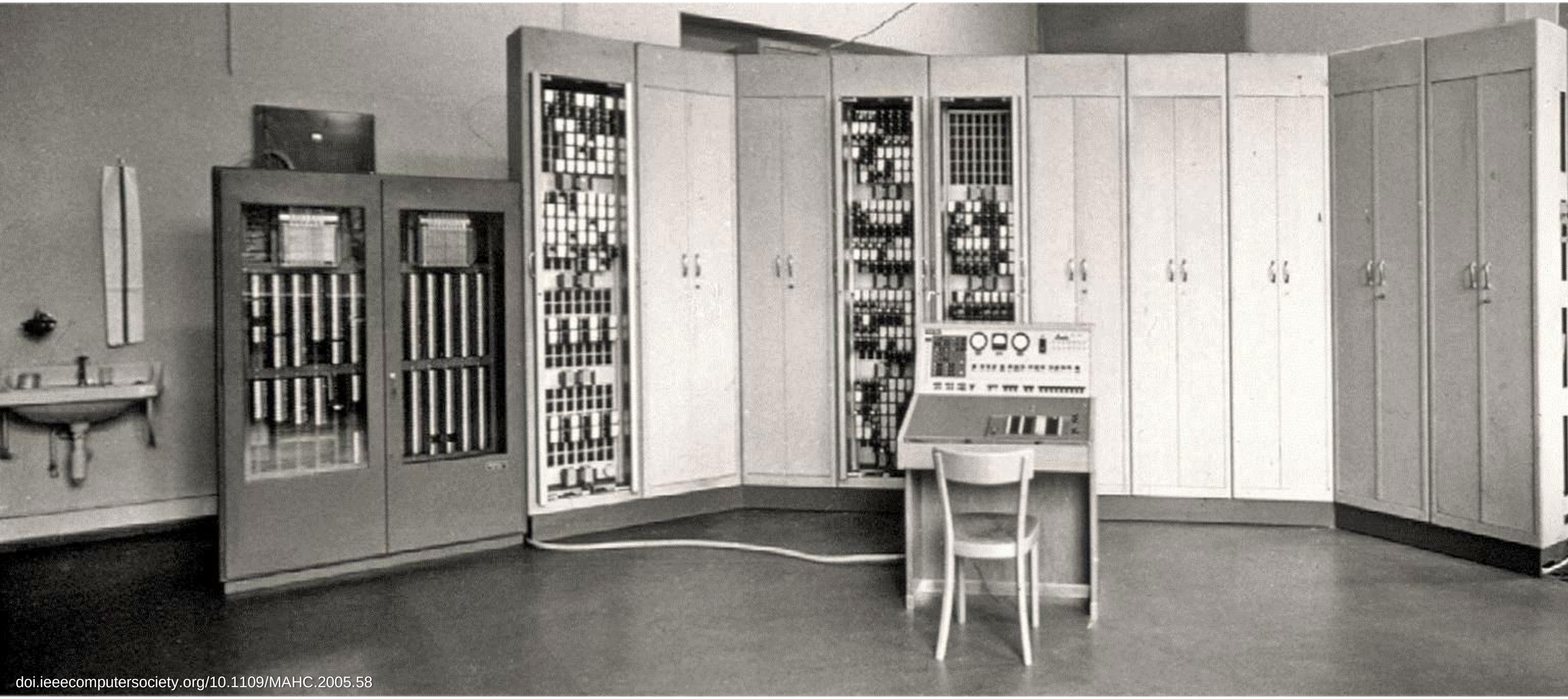
[Ambrosius Speiser: Konrad Zuse's Z4: Architecture, Programming, and Modifications at the ETH Zurich. In: The first computers (edited by Raúl Rojas and Ulf Hashagen). MIT Press, 2000, pp. 263-276.]

ERMETH



ERMETH – Elektronische Rechenmaschine der ETH

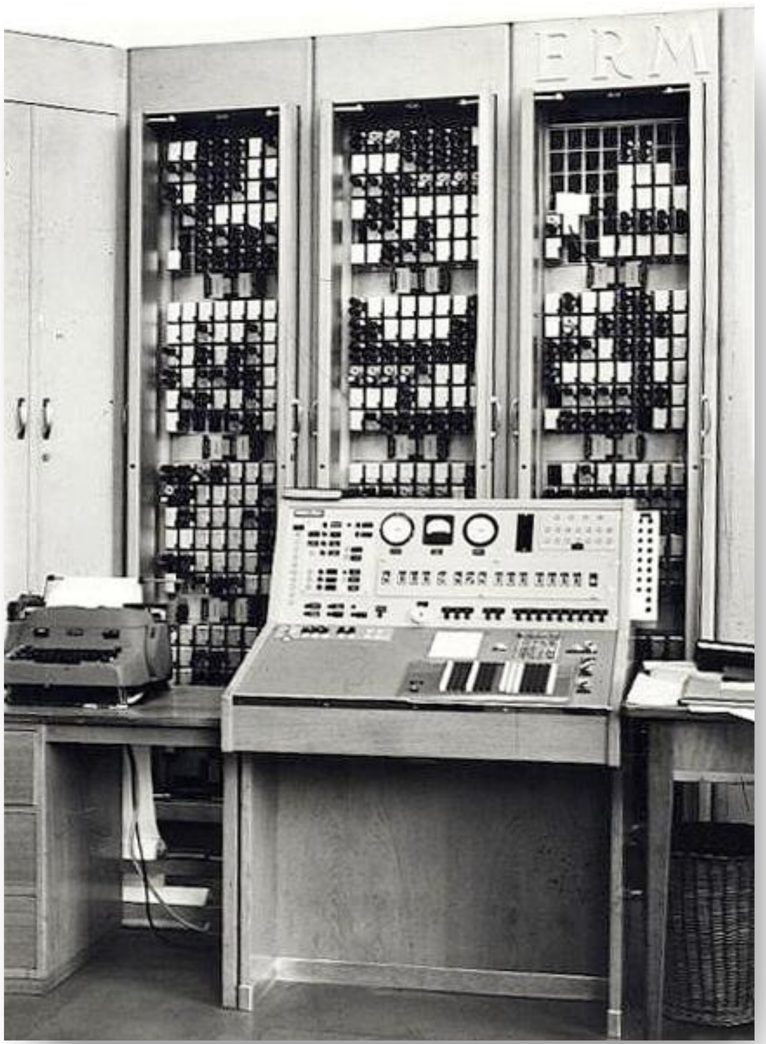
Nachfolger der Z4, gebaut 1952 – 1956 an der ETH Zürich und genutzt bis 1963



doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MAHC.2005.58

„Hinsichtlich der Organisation dieses Geräts war uns das Prinzip wegleitend, daß jeder Ingenieur nach einigen Stunden Instruktion in der Lage sein soll, sein Problem mit Hilfe dieser Maschine zu lösen, so daß das schädliche Staunen vor dem «elektronischen Hirn» durch nützliche Arbeit ohne speziell geschultes Personal abgelöst wird.“ -- Eduard Stiefel

ERMETH – Elektronische Rechenmaschine der ETH



„Bereits kurz nach der Gründung des Instituts für angewandte Mathematik im Jahr 1948 begann die Planung zum Bau eines eigenen Computers. Zu Beginn der 1950er-Jahre waren auf kommerzieller Basis noch keine programmierbaren Rechner mit Speicher erhältlich, die für wissenschaftliches Rechnen geeignet gewesen wären. Deshalb auch die Idee zu einer Eigenentwicklung von Grund auf…"

www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk/weitere_seiten/ermeth/index_DE

Das ERMETH-Entwicklungsteam 1963

Stehend von links: Youssef Boutros, Peter Gantenbein, Alfred (Fredy) Stofer, Tibor Siklossy, Eduard Stiefel, Max Rössler, Jörg Waldvogel, Dimitri Koutroufiotis, Paul Szigeti, Hans-Rudolf Schwarz, Alfred Schai, Carl August (Gusti) Zehnder, Alfed Ganz, Roshdi Abdel-Rahmann Amer; sitzend von links: Annemarie Meier, Josef Schär, Heinz Rutishauser, Peter Läuchli, Hans Amman.

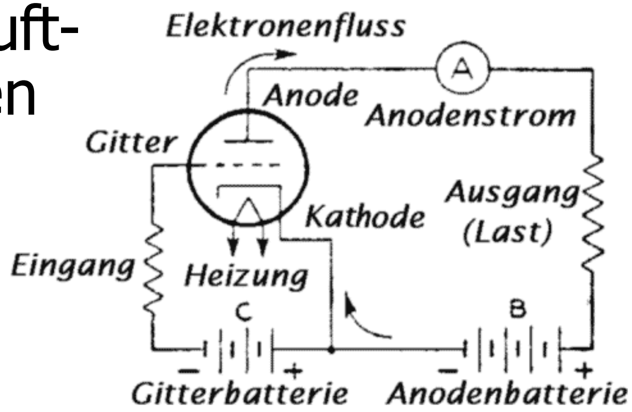
Bildarchiv der ETH Zürich

ERMETH

- 1800 Elektronenröhren
  - Doppeltrioden E90CC für Inverter, Flip-Flops und Verstärker
  - 6400 Germaniumdioden OA55 für AND- und OR-Gatter
  - 500 Relais für die Ein-/Ausgabe (Eingabe über Lochkarten)
- Magnettrommel: Arbeitsspeicher für 10000 Wörter à 14 Ziffern
  - 1.5 Tonnen, Ø 28 cm, 45 cm hoch, 6000 U/min, 200 Magnetspuren
- Ca. 60 Befehle / s → ca. 100-mal schneller als die Z4, aber einige Milliarden Mal langsamer als heutige Laptops
- 30 kW Leistungsaufnahme; Fläche von 50 m²
  - Die ERMETH reagierte empfindlich auf Schwankungen der Netzspannung, etwa wenn morgens die Trams den Betrieb aufnahmen
- Entwicklung kostete eine Million Franken

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten

(→ Bauelemente elektronischer Schaltungen → „Elektronik")



- Elektronenröhren bestehen aus einem luftleeren Glaskolben mit Metall-Elektroden
  - Am. Engl.: „vacuum tube" (vgl. dazu auch „YouTube" nach *cathode ray tube* = CRT)
  - Dioden als einfachste Elektronenröhren (mit nur einer Anode und einer Kathode als Elektroden) wirken als Gleichrichter
- Aus der elektrisch beheizten Kathode treten Elektronen aus und werden durch ein elektrisches Feld zur Anode bewegt
  - Trioden besitzen als weitere Elektrode ein Gitter, mit dem der Strom von der Kathode zur Anode gesteuert werden kann (Wirkung analog zu einem Transistor)
- Elektronenröhren dienen der Erzeugung, Verstärkung oder Modulation elektrischer Signale
  - Sie waren (ab ~1910) bis zur Einführung des Transistors die einzigen aktiven elektronischen Bauelemente
  - Wurden in Verstärkern, Radiogeräten, Sendern, Computern (*Elektronen-* bzw. *Röhrenrechner*) verwendet

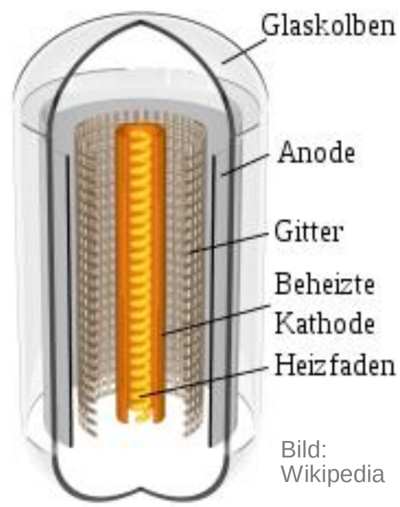


Bild: Wikipedia

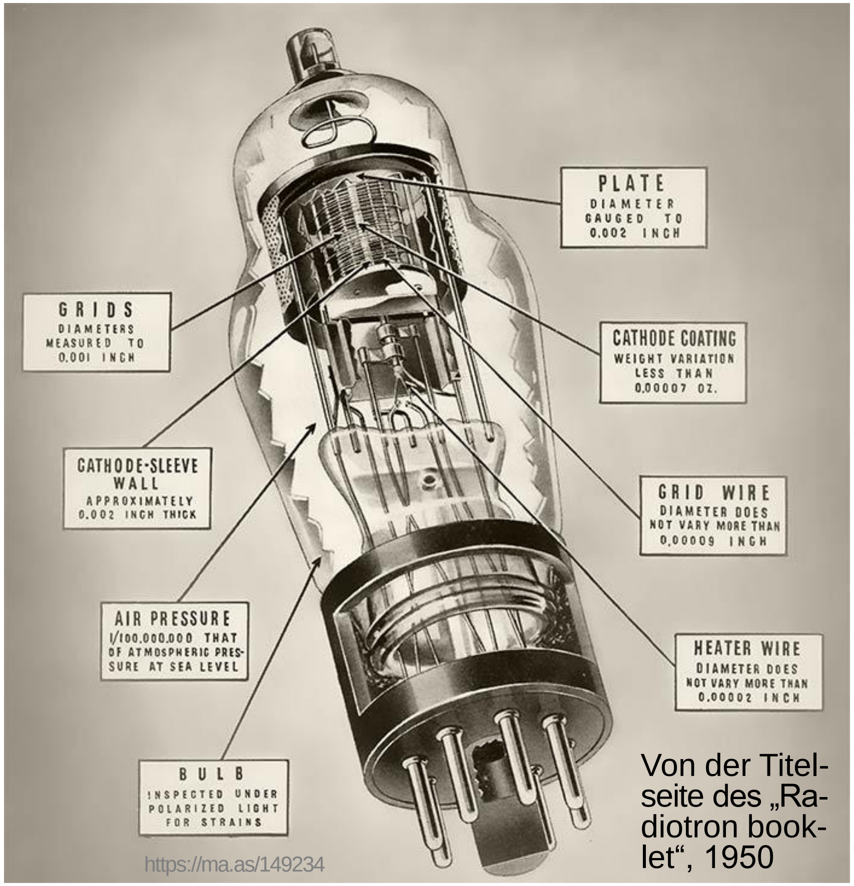
Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (2)

Brit. Engl. für „Elektronenröhre“

A valve consists of an evacuated glass envelope containing a number of electrodes. These are connected to the outside by wires passing though special seals. The innermost electrode is the cathode. This consists of a metal tube coated with a material that emits electrons when it is heated. The heat is provided by a tungsten wire, situated inside the cathode and connected to a 6 or 12 V supply.

In the simplest form of valve, called a diode, the cathode is surrounded by a metal cylinder called the anode. If the anode is connected to a voltage that is positive relative to the cathode, the anode attracts electrons from the cathode, and a current flows. Current cannot flow in the other direction.

In the type of valve called a triode, a grid of fine wires is inserted between the cathode and the anode. A voltage on this grid (normally a few volts negative relative to the cathode) can control the flow of electrons to the anode. This enables the valve to be used as an amplifier, the current depending on both the grid voltage and the anode voltage.

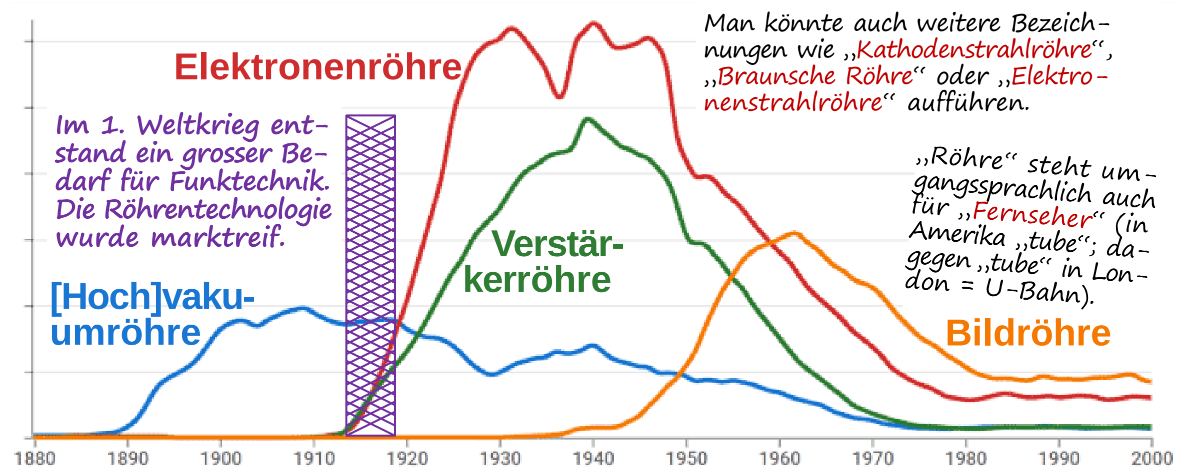


Von der Titelseite des „Radiotron booklet“, 1950

Valves were initially developed as linear amplifiers. When a valve is used in this way, the anode current is related to the grid voltage. For small signal amplitudes, the distortion is small. Valves are used either as radio frequency or as audio frequency amplifiers.

When television started in the 1930s, it was an easy step to use valves as on–off or change-over switches. When the valve is used in this way, the current is either on (at some controlled level) or off. This is how valves were used in digital computers. *[Auszug aus: David O. Clayden: How valves work.]*

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (3)

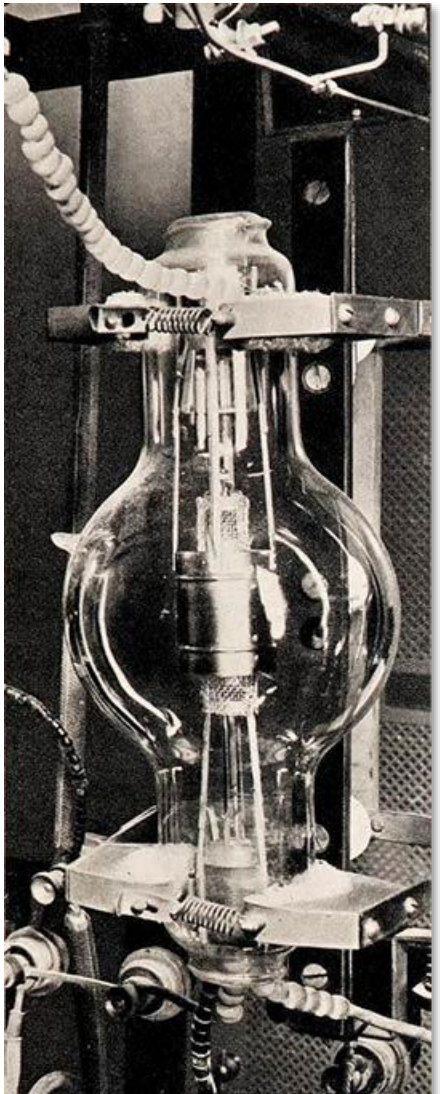


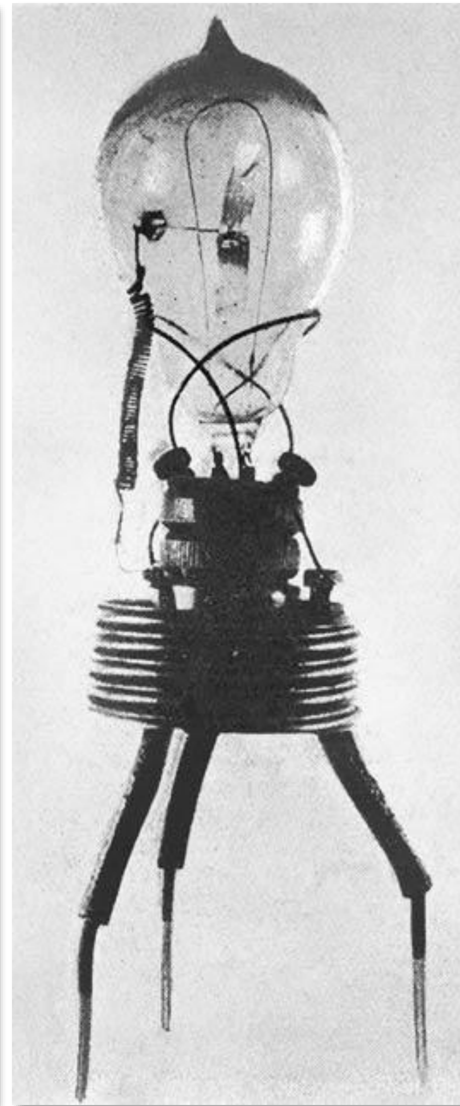
Am Anfang der Elektronenröhre stand die Vakuumröhre als evakuierter Glaskolben mit eingeschmolzenen Elektroden. Experimentelle Physiker entdeckten damit gegen Ende des 19. Jh. verschiedene Effekte in Verbindung mit Elektrizität wie Glühemission, Gleichrichtung und Röntgenstrahlung. Zu Beginn des 20. Jh. wurden die Verstärkerwirkung praktisch eingesetzt, indem der zwischen Anode und Kathode fliessende Strom durch dazwischenliegende Gitter gesteuert wurde. Elektronenröhren ermöglichten die Verstärkung von („analogen") elektrischen Signalen im Ton- und Hochfrequenzbereich, sodass es einerseits möglich wurde, nicht nur wie bis anhin Morsezeichen, sondern auch Sprache über grössere Distanzen (per Telefon) zu übertragen und andererseits leistungsfähige Radiosender und -empfänger zu konstruieren. Bezeichnungen wie Verstärker-, Radio- und Senderöhre bürgerten sich ein.

Anfangs war nicht bekannt, dass die von der Kathode ausgehende Strahlung aus Elektronen besteht, daher verwendete man dafür die Bezeichnung „Kathodenstrahlen". Man erkannte jedoch, dass ein gebündelter Strahl mittels magnetischer oder elektrischer Felder abgelenkt werden kann und auf einem „Leuchtschirm" sichtbar gemacht werden kann. Diese Röhren nannte man zunächst „Kathodenstrahlröhren" (engl. „cathode ray tube", CRT), später oft einfach „Bildröhre"; bis ins 21. Jh. hinein waren sie für Fernsehgeräte und Computer-Monitore gebräuchlich.

Das Elektronikzeitalter begann im 1. Weltkrieg. Der Begriffe „Elektronik" setzte sich aber erst nach 1950 durch; im Englischen erscheint „electronics" vereinzelt bereits ab den 1930er-Jahren. „Elektronik" im Unterschied zur Elektrizität: Steuerbarkeit des Flugs freier Elektronen im Vakuum.

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (4)



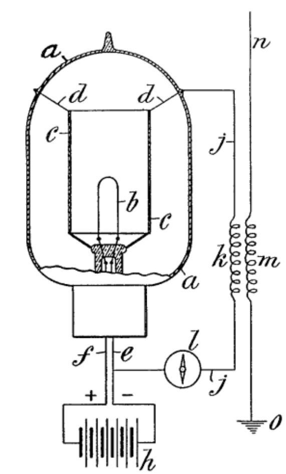


Elektronenröhren aus der Pionierzeit:

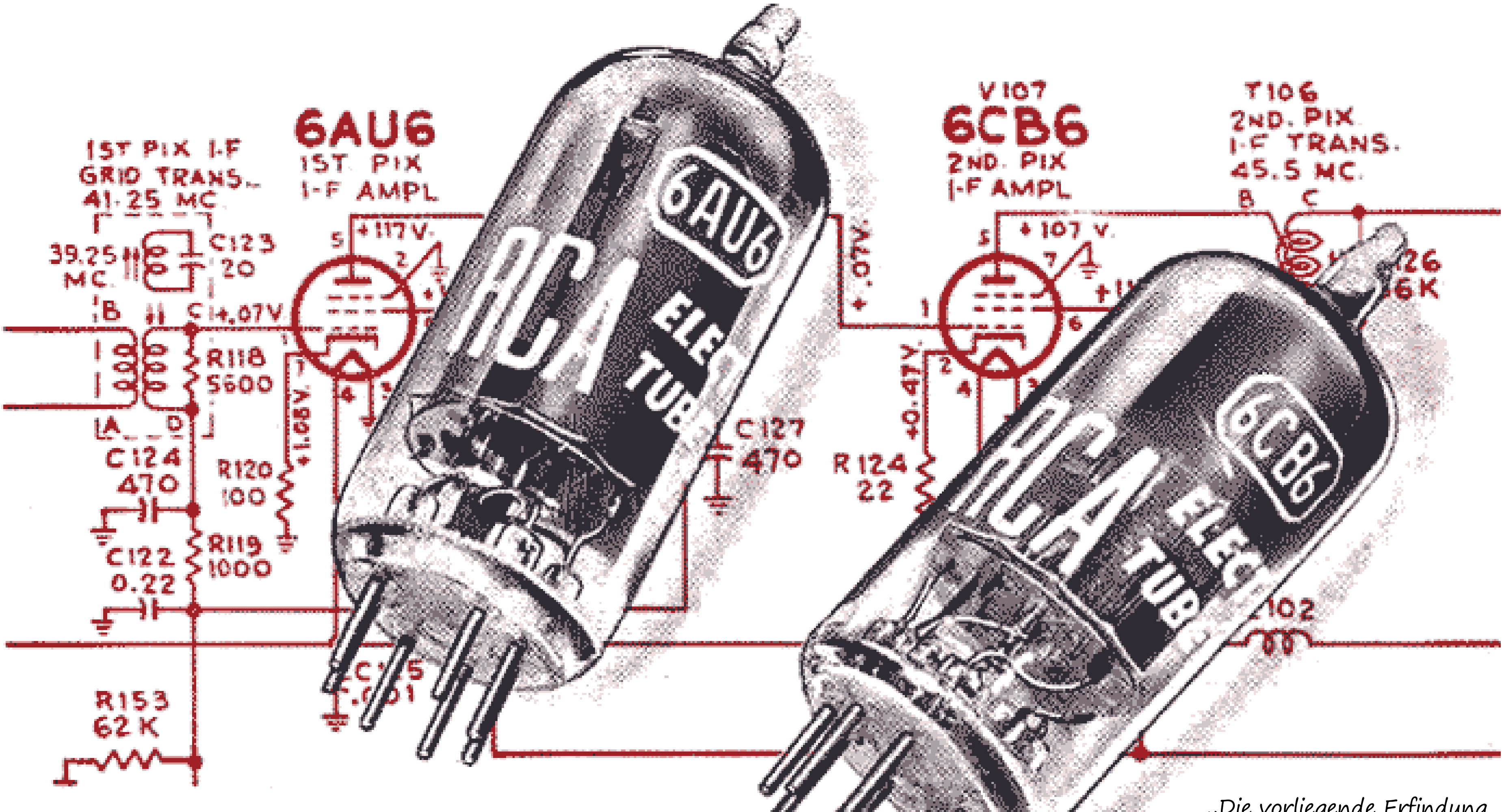
Rechts: Röhre des britischen Elektroingenieurs und Physikers John Ambrose Fleming, ca. 1905.

Mitte: Röhre („Kathodenstrahlenrelais“) des österreichischen Physikers Robert von Lieben, ca. 1906.

Unten: Skizze aus Flemings Patent.



Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (5)

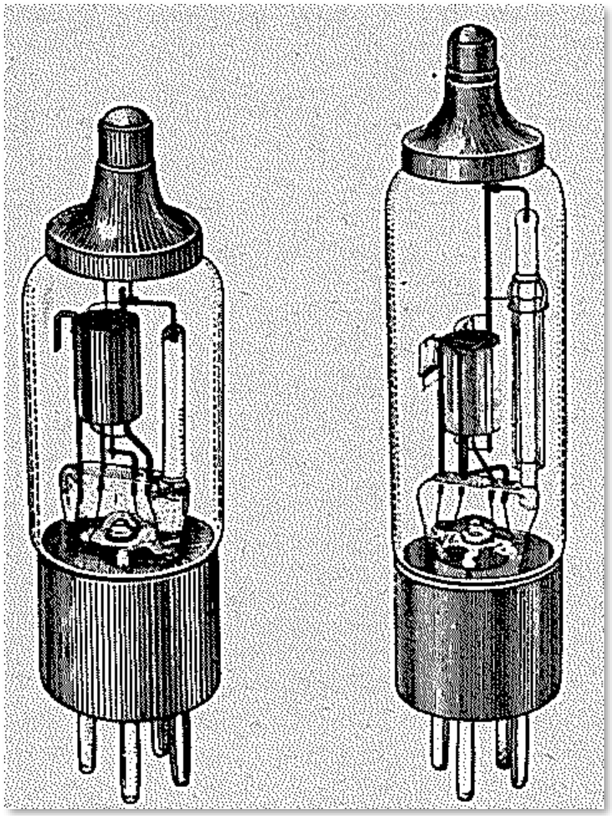


Zunächst dienten Röhren der Verstärkung
analoger Signale in Radio- und Fernsehgeräten

http://digital.hagley.org/islandora/object/islandora%3A2167044

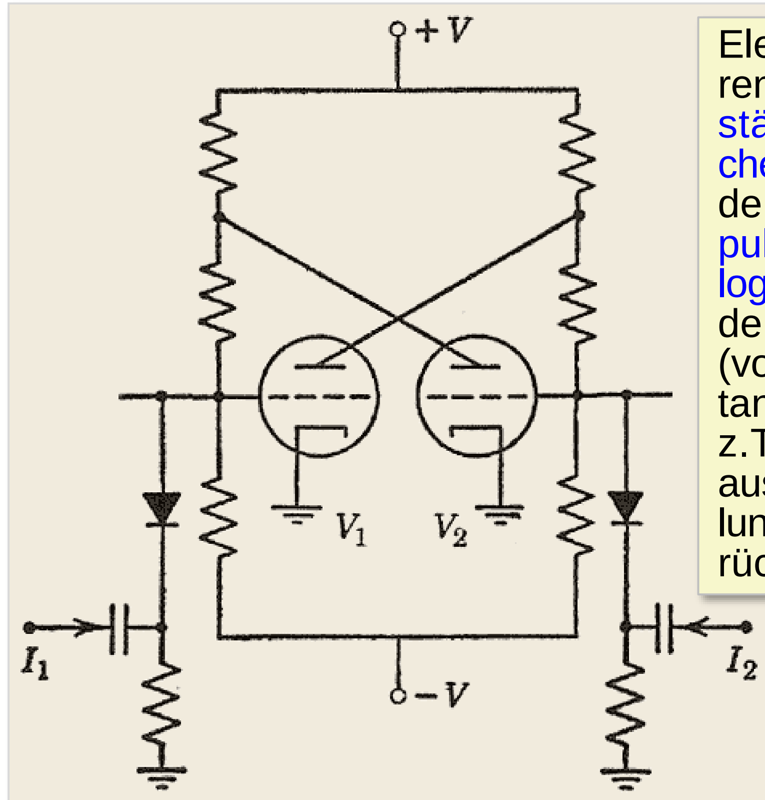
„Die vorliegende Erfindung bezweckt, mittels Stromschwankungen kleiner Energie solche von großer Energie auszulösen, wobei die Frequenz und Kurvenform der ausgelösten Stromschwankungen denen der auslösenden entsprechen.“ -- R. v. Lieben

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (6)



Röhren von AEG-OSRAM, 1936

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/78/Elektrometerroehren.PNG



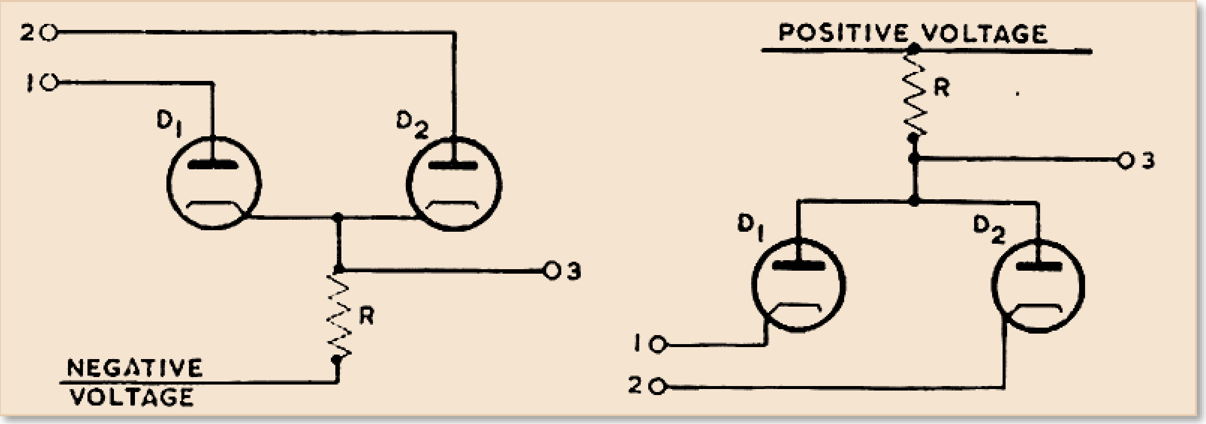
Eine Digitalschaltung: Flip-Flop mit Trioden

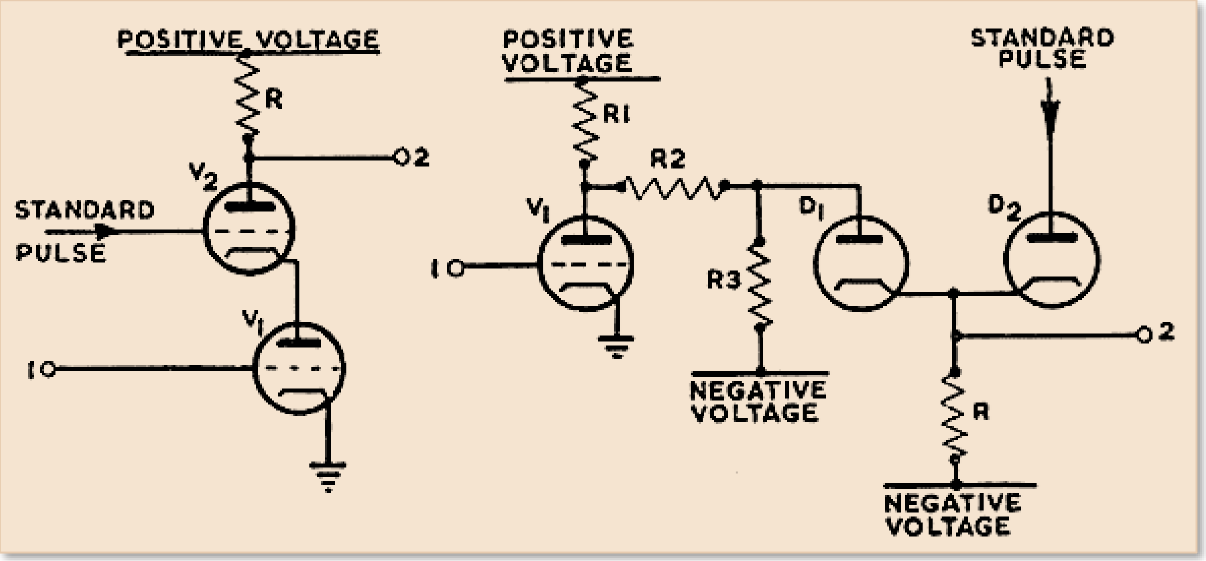
[Montgomery Phister: Logical design of digital computers, 1958]

Elektronenröhren waren für die lineare Verstärkung kontinuierlicher Signale konzipiert; der hochfrequente Impulsbetrieb der Digitallogik stellte neue Anforderungen; hier konnte (vor allem in Grossbritannien und den USA) z.T. auf Erfahrungen aus der Radarentwicklung im 2. Weltkrieg zurückgegriffen werden.

„Analoge" Technologie, vertraut etwa aus dem Rundfunk, eskaliert in der digitalen Elektronik [...] Die Elektronenröhre fungiert hier nicht mehr schlicht als Verstärker [...] Erst durch ihre Verschaltung zum Flipflop wird die gehandhabte Elektrizität intellektualisiert. Fortan konvergiert alles, was binär schaltbar ist, mit der Booleschen Logik. -- Wolfgang Ernst

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (7)





Schaltungsprinzipien für die logische Und-Funktion (links oben), die logische Oder-Funktion (rechts oben), sowie zwei Varianten der logischen Negation (unten) mit Röhren.

Quelle: "Faster Than Thought" (Hg: Bertram Vivian Bowden), 1953

„Missbrauch der anfänglich analogen Verstärker-Röhre zu abrupt-diskreten Zwecken."
-- Wolfgang Ernst

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (8)

https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_334748

Ein röhrenbasierter Halbaddierer des EDVAC („Electronic Discrete Variable Automatic Computer“), des 1949 an der Univ. von Pennsylvania fertiggestellten Nachfolgers des berühmten ENIAC. John von Neumann beschrieb die prinzipielle Architektur des Rechners in einem der bekanntesten papers der Informatik, im „First Draft of a Report on the EDVAC“. Dieser wurde im Juni 1945 in einigen Exemplaren verteilt, verbreitete sich aber trotz des Geheim-Stempels schnell in der Fachwelt – Alan Turing zitiert ihn schon 1945 in seinem „Proposals for Development in the Mathematics Division of an Automatic Computing Engine (ACE)” für das britische National Physical Laboratory als autoritative Quelle. Die Maxime wurde als „Von-Neumann-Architektur“ bekannt und stellt das Grundprinzip praktisch aller später realisierter Computer dar.

EDVAC bestand aus ca. 6000 Elektronenröhren sowie ca. 12000 (einfacheren) Dioden und hatte einen 5 kB grossen Speicher. Es konnten 1160 Additionen bzw. 340 Multiplikationen pro Sekunde ausgeführt werden. Der Rechner wurde am Ballistic Research Laboratory (BRL) in Maryland für militärische Zwecke eingesetzt.

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (9)

www.emsp.tu-berlin.de/fileadmin/fg232/Lehre/MixedSignal/Bilder/Pionierzeit/603.jpg

Steckmodule mit Elektronenröhren aus einem IBM-Mainframe der 1950er-Jahre

Flip-Flop-Röhrensteck-einheit einer IBM 650

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (10)

Röhrensteckeinheiten des „elektronischen Programm-rechenautomaten“ Zuse Z22; links ein Flip-Flop mit einer Doppeltriode. Serienfertigung ab 1958. Ca. 20 Operationen mit Gleitpunktzahlen pro Sekunde; Integer-Addition 0.6ms; Integer-Multiplikation 10ms; Speicher von 8192 Worten zu 38 Bits als Magnettrommel.

https://sammlungen.uni-goettingen.de/fullscreen/record_kuniweb_682400/1/ -- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZUSE_Z22_vacuum_tube_2.jpg -- www.computerbase.de/forum/attachments/img_20200104_113505-jpg.1142377/

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (11)

The early radio engineers were concerned with sine waves of various frequencies — radio, intermediate, audio — and nothing else. By the 1930s cathode ray tubes were coming into use and bringing with them new and strange wave forms, particularly time bases and strobes. Primitive analogue computing devices were also appearing. A new term, 'electronics', was coined for the new technology.

Electronic techniques were much to the fore in ionosphere research and in television. They were vigorously exploited during the war for radar and other applications and, by the end of the war, knowledge of electronics had become widespread.

Although their experience in other applications of electronics stood them in good stead, computer designers soon found they had to learn a few new tricks, such as how to handle non-repetitive wave forms.

Obviously vacuum tubes would be used for amplifiers and this seemed straightforward enough. However, the output was at a much higher voltage than the input, and the interstage coupling circuits had to allow for this. The designer could either use capacitors or pulse transformers for interstage coupling, with diodes for zero restoration (otherwise called clamping), or he could use a resistor chain, perhaps with capacitors for frequency correction.

When all seemed set for a great future with vacuum tubes, transistors came along and we were all back at square one.

[Auszug aus: Maurice Wilkes: Recollections of early vacuum tube circuits.]

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (12)

www.topfoto.co.uk/Europeana/EuropeanKaleidoscope/1200px/0858566.jpg

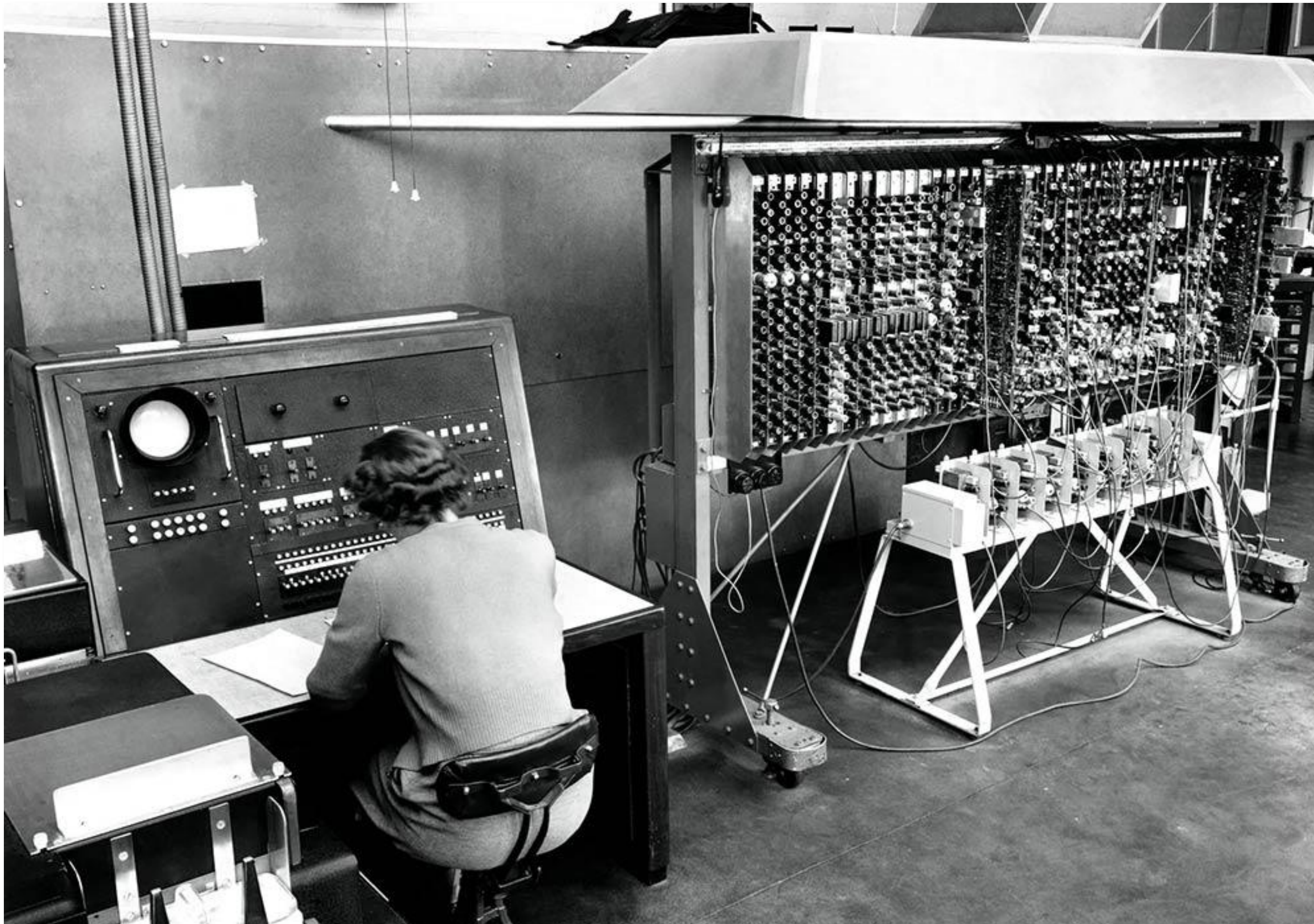
Das National Physical Laboratory (NPL) in Teddington (heute Teil des westlichen „Greater London") stellte 1950 die „Pilot ACE" (Automatic Computing Engine) fertig, einen der ersten Computer Großbritanniens. Er beruhte auf dem ACE-Entwurf von Alan Turing Ende 1945. Der Begriff „Engine" war dabei eine Hommage an Charles Babbage und seine Difference Engine bzw. Analytical Engine.

Turing, der zuvor in Bletchley Park an der Entzifferung deutscher Geheimnachrichten gearbeitet hatte, wofür innovative Elektronik-Geräte entwickelt wurden, wusste, dass man seinen Rechnerentwurf mit Elektronenröhren implementieren konnte; aufgrund der strikten Geheimhaltung von Bletchley Park konnte er seinen Kollegen beim NPL davon aber nicht berichten, so dass diese (nach Turings Wechsel nach Manchester) einen kleineren Prototypen, die „Pilot ACE", realisierten.

Die Pilot ACE hatte ca. 800 Elektronenröhren. Das Bild entstand anlässlich der Pressekonferenz des NLP im November 1950 und zeigt Vera Willmott (1931 – 2006) mit den Elektronenröhren als zentrale Bauteile. Den Journalisten wurden drei Programme vorgeführt: Berechnung des Wochentags zu einem Datum, Bestimmung des kleinsten Primfaktors einer Zahl; Berechnung des Weges eines Lichtstrahls durch Linsen.

Die Meldung zum Bild lautete: „The 'Electronic Brain' is now working at The National Physical Laboratory at Teddington, where it was designed and constructed. Miss Vera Willmott, Scientific Assistant at the laboratory, seated at the machine showing its valves of which there are 800."

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (13)



https://cdn.unitycms.io/images/BRESNeooK-s8TbPkMvJEKA.jpg

Totalansicht der Pilot ACE an der „Mathematics Division“ des NLP im Jahre 1952. Man erkennt rechts noch ein zweites röhrenbestücktes Panel und links die Rechnerkonsole mit einer Kathodenstrahlröhre zur Anzeige von Ziffern sowie mit mehreren Schaltern und Anzeigelämpchen.

Am 30. Juli 1951 lief erstmals ein Damespiel-Programm, welches von Christopher Strachey (1916 – '75) entwickelt wurde und den gesamten Hauptspeicher (128 Worte zu je 32 Bits) benötigte.

Eigentlich als Test gedacht, erwies sich die Pilot ACE dank ihrer (softwarebasierten) Gleitpunktarithmetik als so nützlich, dass sie vier Jahre lang Kristalle, Bombenabwurfkurven und andere technische Probleme berechnete. Sie wurde bereits ab 1955 als „DEUCE“ von der „English Electric Company“ kommerzialisiert. („Deuce“ – vom Französischen „deux“ – ist die Zwei im Kartenspiel und Nachfolger des As, auf Englisch „Ace“.)

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (14)

A NEW ELECTRONIC "BRAIN"

Britain Goes One Better

Britain is to make an "automatic computing engine" which will work at least as fast as the American invention called Eniac (electronic numerical integrator and computer). Its memory "storage" will be higher—75,000 decimal digits compared with 200.

The Department of Scientific and Industrial Research announces that the mathematics division of the National Physical Laboratory has prepared the instruction programmes on which the machine will work.

The machine (also known by its initials as "Ace") may be "told" the problem and will remember what it has been told, whereas in the case of Eniac a problem must be set up by a laborious process of plugging and switching. It is told by passing through it a pack of cards with punched instructions, which may take a couple of minutes, compared with a couple of hours on the Eniac.

The machine will multiply two ten-figure numbers in two thousandths of a second and will tackle simultaneous equations with fifty or a hundred unknowns.

Ace will cost between £100,000 and £125,000, and will take two or three years to build.

The Guardian, 7. Nov. 1946.

https://coimages.sciencemuseumgroup.org.uk/34/679/medium_1956_0152__0006_.jpg

Ausschnitt aus einem der Pilot ACE-Röhrenpanels, wie es heute im Science Museum in London zu sehen ist. Viele Elektronenröhren waren zur Erhöhung der mechanischen Stabilität, und um elektromagnetische Strahlung und elektrostatische Felder abzuschirmen, von Hülsen umgeben; diese konnten allerdings thermische Probleme verursachen.

New N.P.L. Wonder

ELECTRIC BRAIN TO BE MADE AT TEDDINGTON

34 YEARS-OLD DESIGNER TALKS TO *SURREY COMET*

Bei dem 34-Jährigen in der Meldung des „Surrey Comet" vom 9. November 1946 handelt es sich um Alan Turing.

Elektronenröhren als Elektronikkomponenten (15)

Die Meldung, dass das NPL einen elektronischen Computer konstruieren wolle, gelangte auch in die USA. Im „Philadelphia Evening Bulletin" konnte man etwa lesen: „Briton Says New Robot Brain Makes Ours Act Like Moron". Die britische „Times" berichtete unter der Überschrift „An electronic brain: Solving abstruse problems, valves with a memory" über die Absicht, in Grossbritannien einen Rechenautomaten ähnlich dem amerikanischen ENIAC zu bauen.

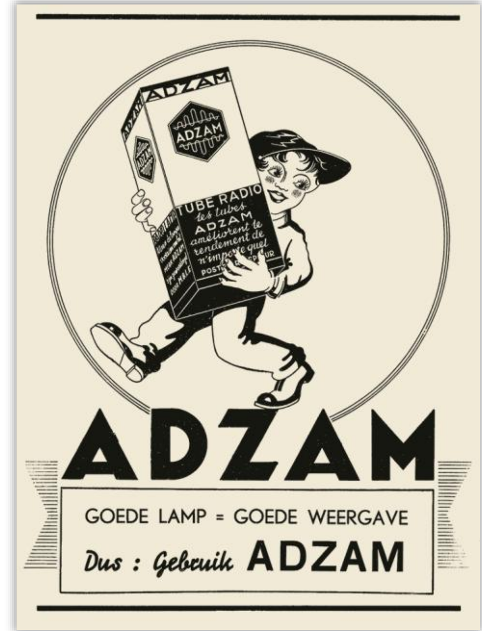
Ein Gehirn aus Elektronenröhren – dies gefiel dem englischen Mathematiker und Physiker Douglas Hartree (1897 - 1958), Numerik-Experte und profunder Kenner des ENIAC, überhaupt nicht. Er schrieb einen Leserbrief an die Times („The ‘Electronic Brain’: A Misleading Term; No Substitute for Thought“, veröffentlicht am 7. Nov. 1946), in dem er den Begriff des „Electronic Brain“ deutlich kritisierte:

„These machines can only do precisely what they are instructed to do by the operators who set them up. […] use of the machine is no substitute for the thought of organizing the computations, only for the labor in carrying them out. […] It seems to me that the distinction is important, and that the term ‘electronic brain’ obscures it, and is misleading in that it ascribes to the machine capabilities that it does not possess; and this is why I hope use of this term will be avoided in the future."

Am Tag, als der Leserbrief erschien, titelte der „Daily Telegraph“: „Britain to make a radio brain – ‘ACE’ Superior to US Model" und ein Reporter interviewte Hartree zusammen mit Alan Turing für einen Folgeartikel „‘ACE’ will speed jet flying“ am nächsten Tag. Während Hartree die Vorstellung, dass eine Maschine wie ACE jemals das menschliche Gehirn ersetzen könne, von sich wies, nahm Turing eine offenere Haltung zu einer möglichen zukünftigen „künstlichen Intelligenz“ ein: „Dr Turing […] said that he foresaw the time, possibly in 30 years, when it would be as easy to ask the machine a question as to ask a man.“

Bis ChatGPT das Licht der Welt erblickte, sollte es aber doch noch fast 50 Jahre länger dauern…

Elektronenröhren als Konsumartikel



Otto Normalkonsument kannte Elektronenröhren bzw. „Radioröhren“ nur als Bestandteile von Radiogeräten, die gelegentlich kaputt gingen (bzw. „ausbrannten“) und ausgetauscht werden mussten. Sie glimmenten und wurden heiss und sahen auch aus wie Glühlampen*) – daher wurden sie gelegentlich auch „Radiolampen“ genannt.

Es lohnte sich offenbar, dafür in Zeitungen und Zeitschriften Werbung zu machen – hier eine Anzeige von 1924. Dass die Radiolampen von „Philips‘ Gloeilampenfabrieken“ einen besonders guten Sendeempfang, einen reinen Ton und eine leichte „Einstellbarkeit“ der Frequenz des gewünschten Senders auf dem Empfangsgerät garantieren sollen, ist wohl eher der Werbung geschuldet, zeigt aber, mit was für Problemen sich die Radiohörer damals herumschlugen. Philips stellte im niederländischen Eindhoven ab 1891 zunächst Glühlampen her, ab 1918 auch Elektronenröhren. Zu diesem Zeitpunkt arbeiteten bereits 4000 Mitarbeiter für Philips, und es entstanden weltweit Vertriebsorganisationen in allen bedeutenden Absatzmärkten.

*) Vulgo „Glühbirnen“ („…Birne auswechseln…“) – das vorrangige elektrische Leuchtmittel, bevor es LED-Lampen gab.

Elektronenröhren als Konsumartikel (2)

www.museumofyesterday.org/museum/page6_graphics/sylvania_donald_duck_poster.jpg --- www.pinterest.ch/pin/292734662982188850/ --- https://repository.duke.edu/dc/adaccess/R0312 --- www.pinterest.ch/pin/512566001311261716/

Anzeigen für Elektronenröhren der 1930er-Jahre – „A xmas gift that will please the entire family“! Die Eigenschaften „clarity, range, power“ zeigen wieder, was sich die Radiohörer in der damaligen analogen Zeit generell am meisten wünschten. Neue Schaltungstechniken (z.B. Überlagerungsempfänger), Transistoren anstelle von Elektronenröhren und UKW mit Frequenzmodulation machten dies im Laufe der folgenden Jahrzehnte möglich, ohne dass dafür zwingend die Digitalisierung des Rundfunks abgewartet werden musste.

Elektronenröhren als Konsumartikel (3)

http://vinylsavor.blogspot.com/2020/07/tube-of-month-12d4.html

Der gleiche Elektronenröhrentyp wurde meist von vielen verschiedenen Herstellern produziert und angeboten. Hier als Beispiel der Röhrentyp 12D4. Es handelt sich um eine Diode für Spannungen im Bereich von mehreren 1000V, die typischerweise in Fernsehgeräten mit einem Röhrenbildschirm eingesetzt wurde, um die Spannung zu stabilisieren: Die zickzackförmige Ablenkung des Elektronenstrahls der Bildröhre wurde durch Magnetspulen am Hals der Bildröhre erzeugt, an denen ein sägezahnförmiges Signal anliegt. Der plötzliche Spannungsabfall am Zeilenende produziert Oszillationen durch das „Zurückschwappen“ der in den Magnetspulen gespeicherten Energie, wodurch das Sägezahnsignal verformt und Bildverzerrungen erzeugt werden. Die Diode schliesst als „Halbwellengleichrichter“ die parasitären inversen Spannungen an der Spule kurz und dämpft so die Oszillationen.

„Die Fabrikation von Hochvakuum-Röhren“

Einige Auszüge aus einem rund 100 Jahre alten Artikel der Telefunken-Zeitung (Heft 19, Feb. 1920, S. 14 – 26) des Physikers Hans Rukop (1883 – 1958), leitender Angestellter bei Telefunken – nicht nur der Inhalt, sondern auch die Diktion stellen ein Zeitzeugnis dar:

Das Wort „Fabrikation“ löst bei einem Manne der Technik, der sein Leben über Revolverbänken und Automaten verbringt, alsbald Vorstellungen aus wie: Stanzen, Ziehen, Sandstrahlen, Abstechen, Bohren, Lackieren, Zusammensetzen. Aber bei Hochvakuumröhren ist das eine andere Sache: Hochvakuumröhren verlangen zum großen Teil eine „physikalische Fabrikation“, die jedem echten Fabrikationsmann ein Dorn im Auge ist; und trotzdem wartet auf den tüchtigen, phantasievollen Massenfabrikanten gerade bei Röhren viele und dankbare Arbeit, die sich nicht auf dem fast abgegrasten Gebiete der Ziehpressen bewegt.

Heute umfaßt die Röhrenfabrik 3500 Quadratmeter – drei Stockwerke eines großen Hauses in der Friedrichstraße. Es ist wohl klar, daß in den ersten Monaten des Werdens die Fabrikation eine absolute Handarbeit war, bei der man bezüglich Einhaltung der vorgeschriebenen Dimensionen auf das Wohlwollen des Mechanikers – der die ersten Elektroden aus Zehnpfennigstücken hämmerte – und des Glasbläsers angewiesen war. Das ist auch nicht anders möglich, solange man nicht mit Bestimmtheit weiß, daß man von einer vorliegenden Type wenigstens einige hundert fabrizieren kann.

Wir haben bei Verstärkerröhren stets Bleiglas verwendet, das sich wunderschön verarbeiten ließ. Weiter: was für Metall verwendet man für die Durchführungen? Platin ist das klassische Material hierfür, und wir haben es stets, wenigstens in den ausgelieferten Röhren, benutzt. Die Platin-Ersatzmetalle haben uns nur großes Leid gebracht. Eine einzige gesprungene Röhre im Ofen, und das ganze Quantum ist hinüber. Der Ausfall wächst ins Gigantische!

Für die Glühkathoden verwendet man Wolframfäden, wie sie in Glühlampen benutzt werden.

„Die Fabrikation von Hochvakuum-Röhren“ (2)

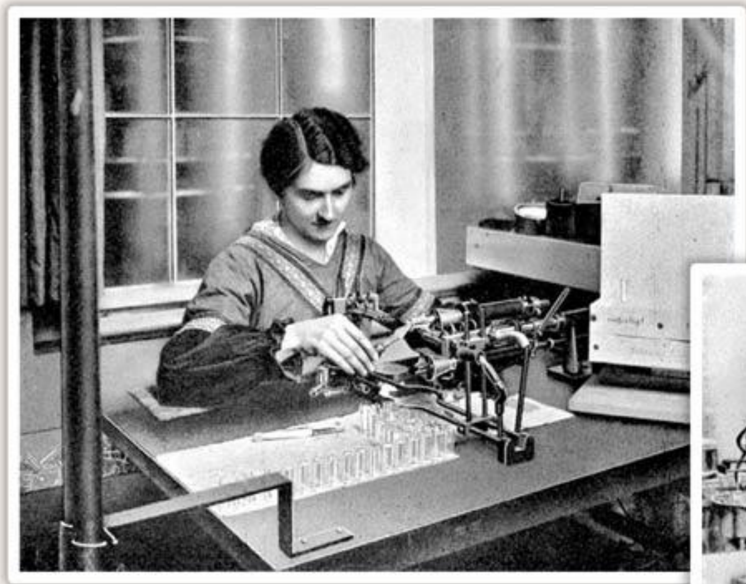
Aber die Wolframfäden sind eine kleine Wissenschaft für sich, und die paar Geheimnisse, die man über sie und darüber hinaus hat, sind für 99 Prozent aller Leser ganz uninteressant, und das eine Prozent, dem sie interessant sind, soll sie doch lieber nicht erfahren!

Für Anoden braucht man dünne Bleche. Solche sind etwa aus folgenden teuren Metallen zu haben: Platin, Iridium, Gold, Palladium, Silber, Tantal, Molybdän, Wolfram. [...] Es bleiben daher ernstlich nur Kupfer, Nickel und Eisen übrig, die alle drei einigermaßen selbst für Hochvakuum benutzbar sind.

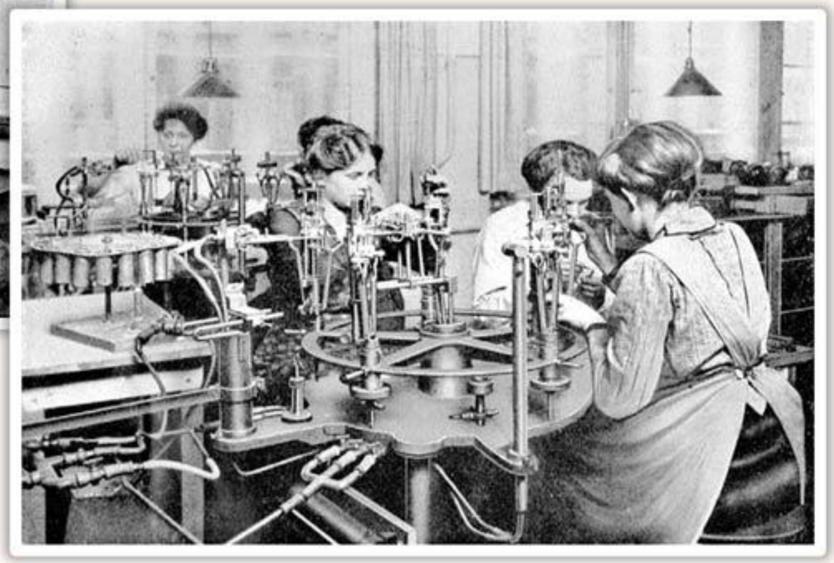
Die richtige Fabrikation von Verstärkerröhren in großen Zahlen muß notwendigerweise von der Handarbeit abgehen, die viel Leute und viel Platz braucht und dementsprechend teuer ist; dabei ist die Gleichmäßigkeit immer fraglich.

Die Glasbläser arbeiten vorzugsweise nach Augenmaß, wobei doch ernstliche Differenzen von den erforderlichen Längen, Abständen, Dicken usw. unvermeidlich sind. Dies ist mit Rücksicht auf die Flammen und die allseitige Zugänglichkeit der zu verschmelzenden Teile oft schwierig zu bewerkstelligen.

„Die Fabrikation von Hochvakuum-Röhren“ (3)



Die erste Andeutung der entstehenden Röhre ist ein etwa 5 cm langes Stück Glasrohr, das an einer Anschlagvorrichtung abgeschnitten, dann an einer zweiten drehbankähnlichen Vorrichtung in der Gasflamme an einem Ende zu einem sogenannten Teller erweitert wird.



Fußquetschmaschinen

Dieses Tellerrohr wird zum „Fuß“ verarbeitet. D.h., die sämtlichen Zuleitungen für die Elektroden im Innern der Röhre, sowie die Halter zur Befestigung der Elektroden werden vakuumdicht in das Rohr eingeschmolzen.

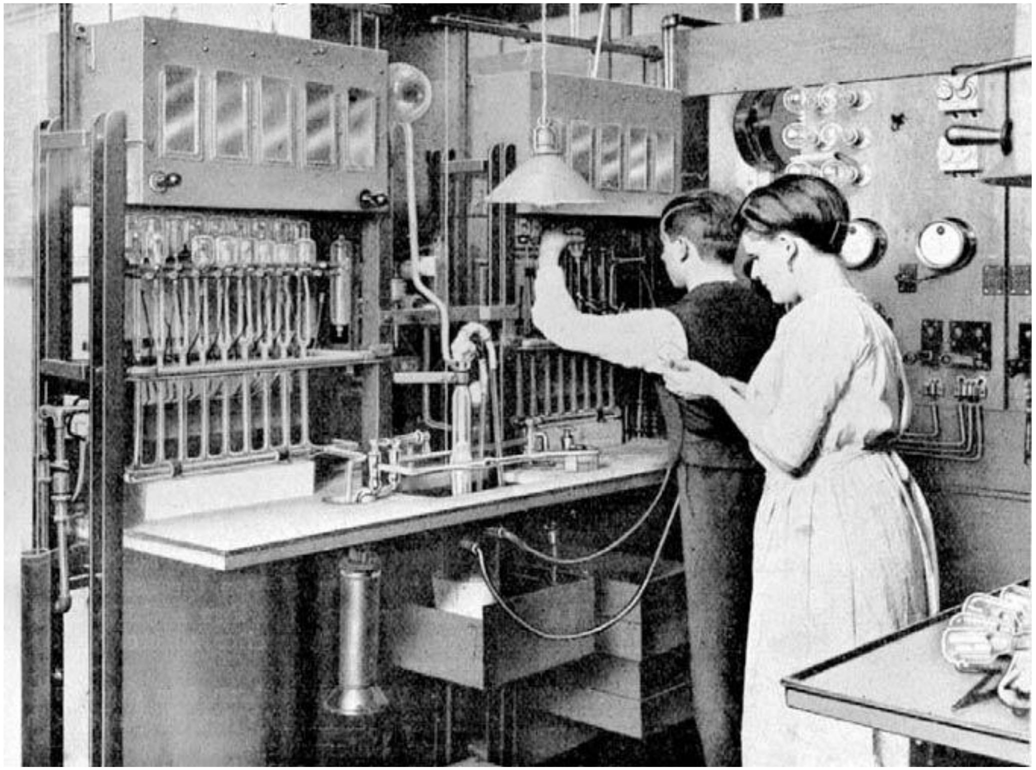
Biegen, Aufsetzen und Schweißen der Elektroden

Der Fuß wandert nach der Werkstatt zum Aufsetzen der Elektroden. Hier wird er in mehreren kleinen raffinierten Maschinellen bearbeitet, die ihm unter Bedienung von „zarter Hand“ zuerst die Elektrodenhalter zurechtbiegen, dann allmählich erst das Gitter, dann die Anoden, schließlich den Glühfaden einsetzen.

„Die Fabrikation von Hochvakuum-Röhren" (4)

Einschmelzen des Fußes in den Kolben

Der mit allen Elektroden versehene Fuß kommt nun zum ersten Mal in die Hände des Glasbläsers. Fertig aus der Glashütte bezogene Kolben werden teilweise maschinell mit einem Röhrchen zum Anfassen und Blasen versehen, das überschüssige Glas wird abgestochen, der Fuß eingeschmolzen, schließlich wird der Evakuieransatz (Stengel) eingeschmolzen. Die Röhre ist dann reif zum Evakuieren. Ja, wenn das



Einsetzen der Röhren in den Evakuierofen

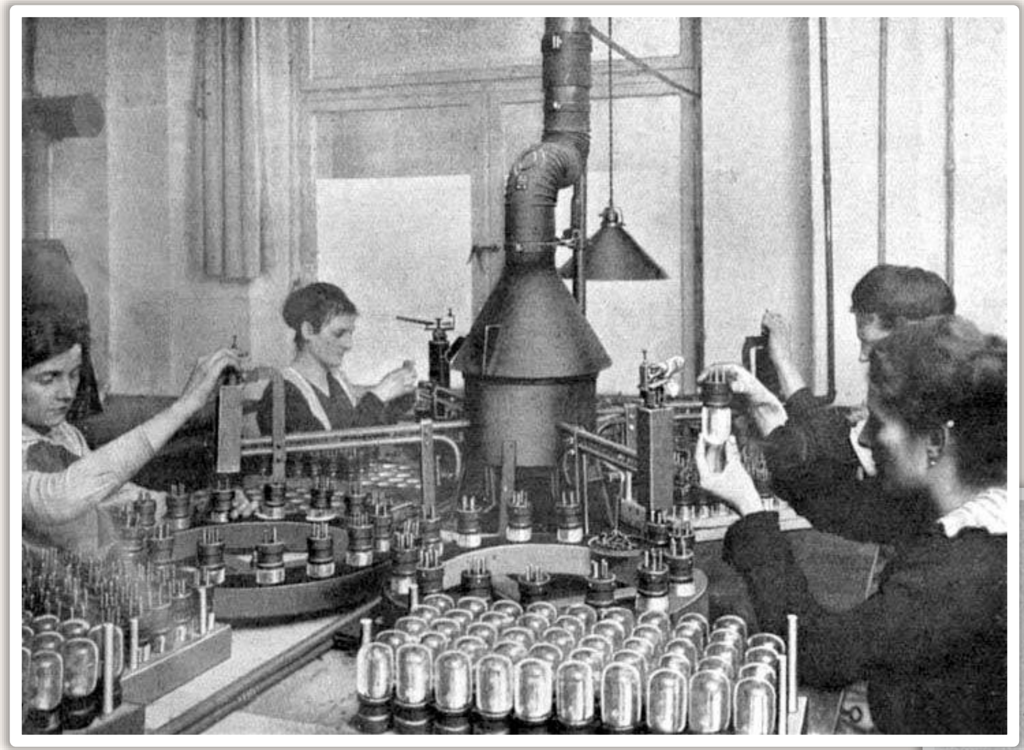
Evakuieren nicht wäre! Hier ist die Quelle fast allen Übels. Das Evakuieren geschieht zwar nach einem bestimmten Rezept, aber es verlangt große Aufmerksamkeit und guten Blick für die kleinsten Anormalitäten. Die gestengelten Röhren werden zum Evakuieren auf eine Glasgabel so aufgeschmolzen, daß sie zu je 20 Stück zusammen in einem Ofen sitzen.

„Die Fabrikation von Hochvakuum-Röhren“ (5)

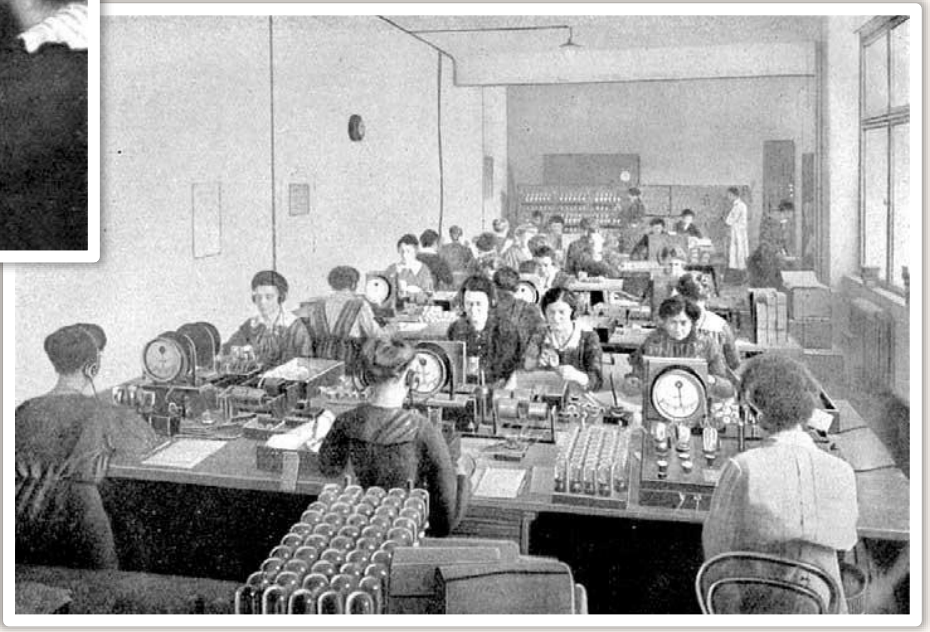
Jede einzelne Röhre wird einer Vakuum-messung unterzogen.

Hierauf kommt sie mehrere Stunden in die „Dauerprobe“, wo sie mit übernormaler Anodenspannung brennen muß. Die Dauerprobe ist für die Röhre etwa das, was für die Menschen im Mittelalter die „peinliche Befragung“ war.

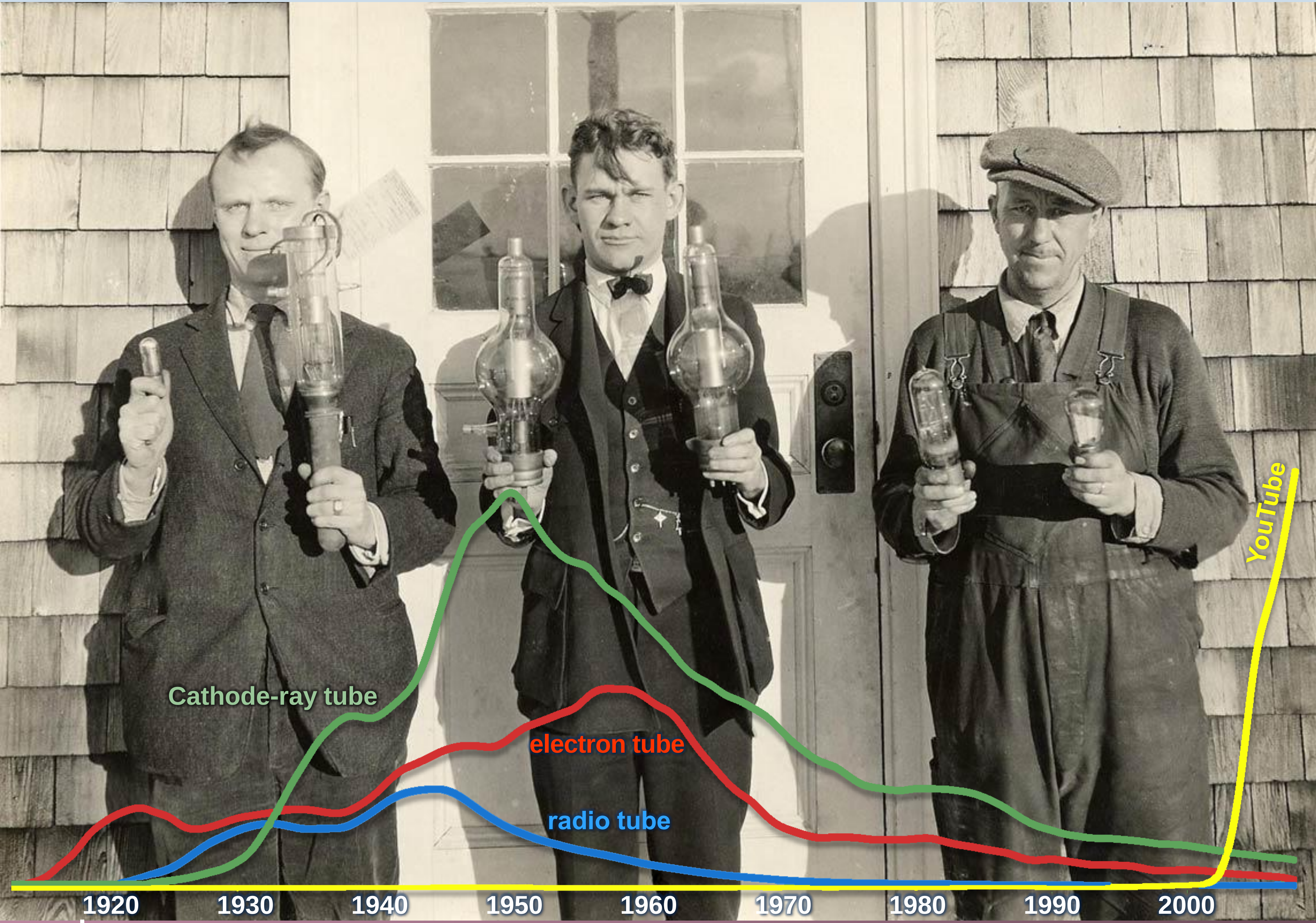
„Die Fabrikation von Hochvakuum-Röhren“ (6)



Die brauchbar befundenen Röhren werden nun gesockelt, gestempelt, geätzt, beklebt usw., worauf sie natürlich zum dritten Mal geprüft werden müssen, denn hierbei kommt noch mancher Fehler vor. Im ganzen wird infolge der scharfen Prüfbedingungen ein erklecklicher Prozentsatz ausgeschieden.



Jede Röhre wird fein säuberlich in eine Schachtel gelegt. Die Schachtel ist aus echtem Pappdeckel-Ersatz. Früher, als die Röhren noch so selten waren, wie die Ananas auf dem Kartoffelfeld, gab es eine wunderschöne Samtschachtel dazu. Ja, das samtene Zeitalter ist wohl vorbei, jetzt kommt das pappdeckelne.



www.si.edu/object/archives/components/sova-nmah-ac-0055-ref3759

Von der Elektronenröhre zum Transistor

"When all seemed set for a great future with vacuum tubes, transistors came along and we were all back at square one." -- Maurice Wilkes

Glenn Zorpette: *The First Transistor and How it Worked*. IEEE Spectrum, Dec. 2022 (Auszug):

"The vacuum-tube triode wasn't quite 20 years old when physicists began trying to create its successor, and the stakes were huge. Not only had the triode made long-distance telephony and movie sound possible, it was driving the entire enterprise of commercial radio, an industry worth more than a billion dollars in 1929. But vacuum tubes were power-hungry and fragile. If a more rugged, reliable, and efficient alternative to the triode could be found, the rewards would be immense.

The goal was a three-terminal device made out of semiconductors that would accept a low-current signal into an input terminal and use it to control the flow of a larger current flowing between two other terminals, thereby amplifying the original signal. The underlying principle of such a device would be something called the field effect—the ability of electric fields to modulate the electrical conductivity of semiconductor materials. The field effect was already well known in those days, thanks to diodes and related research on semiconductors.

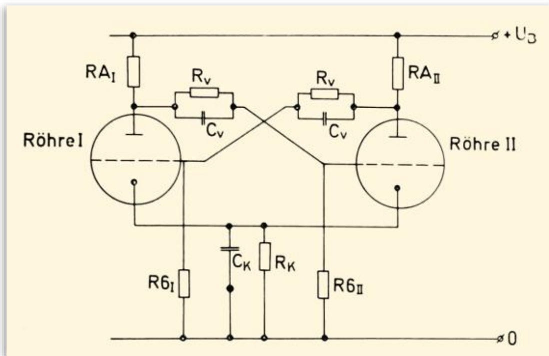
But building such a device had proved an insurmountable challenge to some of the world's top physicists for more than two decades. Patents for transistor-like devices had been filed starting in 1925, but the first recorded instance of a working transistor was the legendary point-contact device built at AT&T Bell Telephone Laboratories in the fall of 1947.

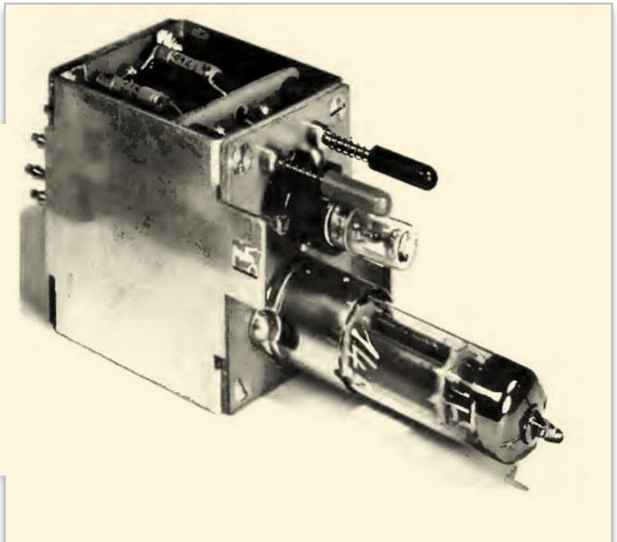
www.computerhistory.org/revolution/digital-logic/12/273

It was an ungainly looking assemblage of germanium, plastic, and gold foil, all topped by a squiggly spring. Its inventors were a soft-spoken Midwestern theoretician, John Bardeen, and a voluble and 'somewhat volatile' experimentalist, Walter Brattain. Both were working under William Shockley, a relationship that would later prove contentious."

Elektronenröhren / Transistoren als elektronische Bauelemente

Flip-Flops mit Röhren sowie mit Transistoren; ein Vorläufer der Flip-Flop-Schaltung wurde 1918 von William H. Eccles und Frank W. Jordan bei Untersuchungen rückgekoppelter Röhren-Verstärker entdeckt (sogenannte Eccles-Jordan-Triggerschaltung).

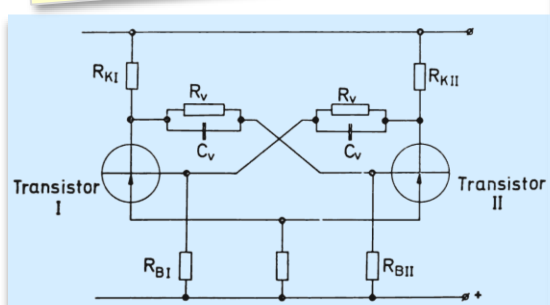




Röhren-Flip-Flop mit einer Doppeltriode als Steckeinheit (PERM München)

Aus: W. de Beauclair: Rechnen mit Maschinen – Eine Bildgeschichte der Rechentechnik, 1968

Flipflop steht nicht nur für eine Schaltung, sondern auch für einen Schuh, dessen Bezeichnung wahrscheinlich mit dem Namen der Schaltung zusammenhängt. In Kalifornien muss es zu jener Personalunion von Ingenieur und Surfer gekommen sein, die nicht nur dafür sorgte, dass man in den Datenströmen zu surfen glaubt, sondern auch einer Sandale zum Namen einer Schaltung verhalf. --- Stefan Heidenreich



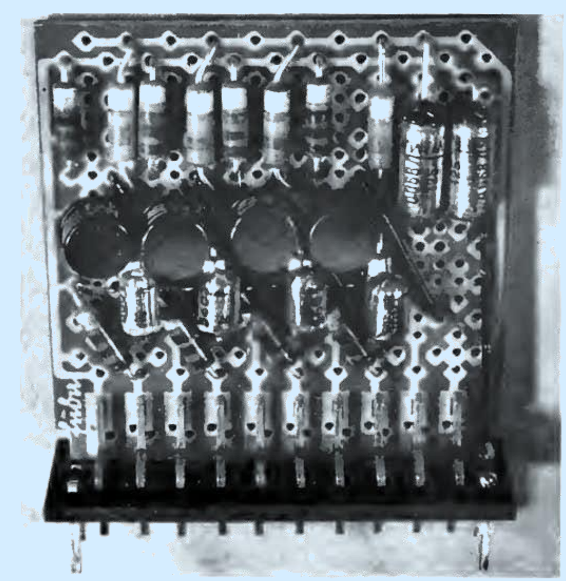
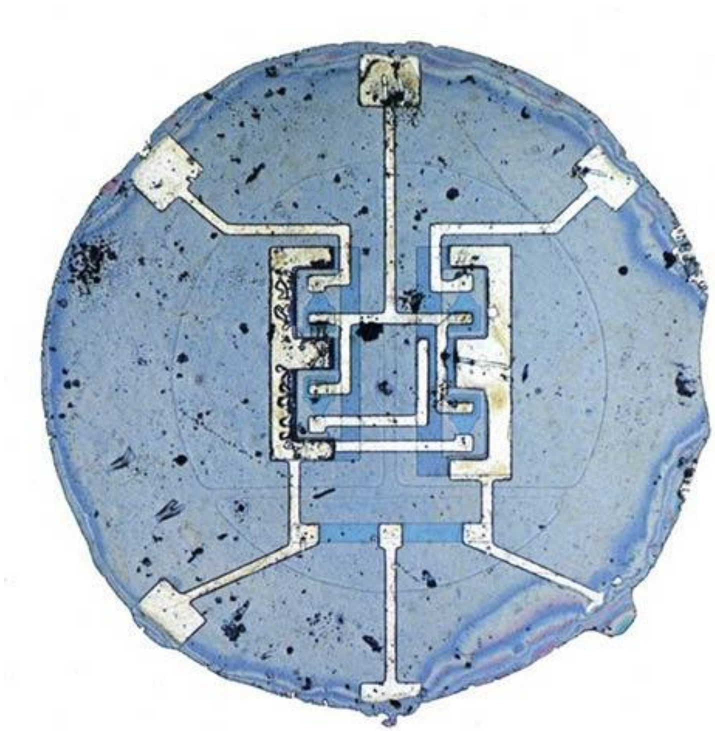


Abb. 70 8.3.2.2
Steckeinheit mit 2 Transistor-Flip-Flops (IPM Darmstadt)

Flip-Flops mit Transistoren

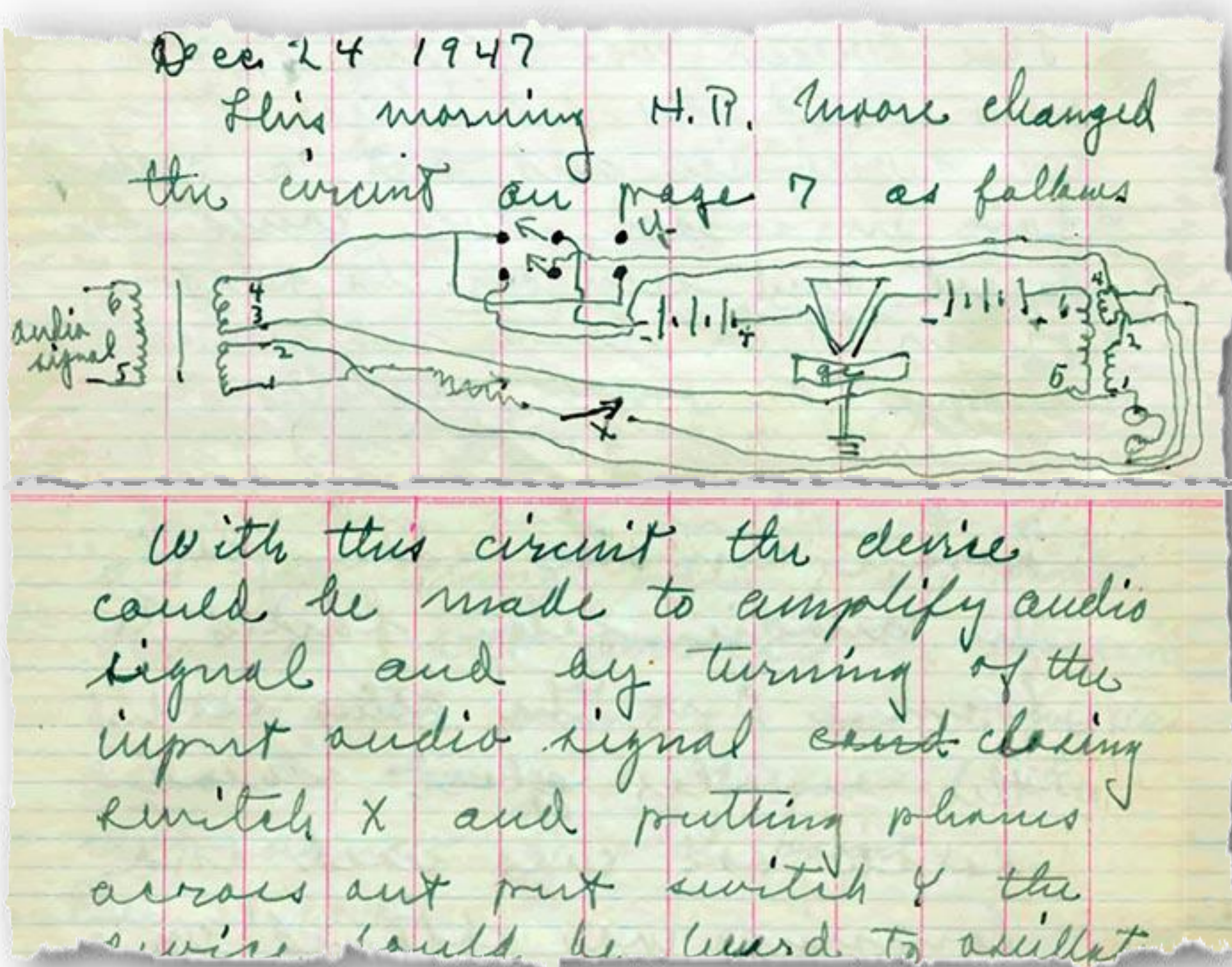
Zwei Flip-Flops aus Transistoren und anderen diskreten Elektronikbauteilen (Widerstände, Kondensatoren) auf einem Steckmodul eines DEC-Computers von 1964.



Erstes Flip-Flop als integrierter Schaltkreis in Planartechnik, 1960.

Bilder: www.computerhistory.org/revolution/digital-logic/12/intro

Die Erfindung des Transistors, Weihnachten 1947



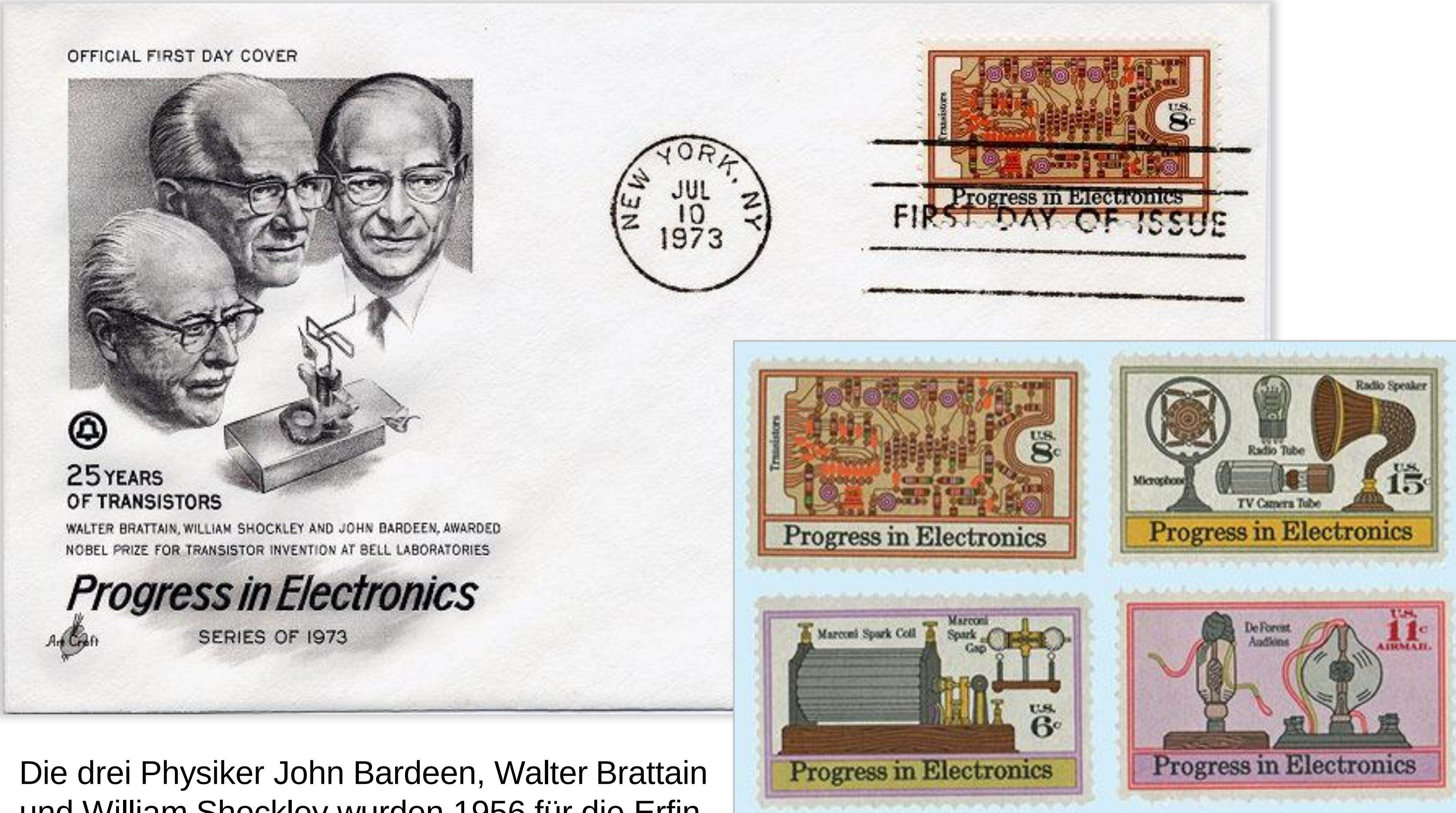
Dec 24 1947
This morning H.R. Moore changed
the circuit on page 7 as follows

With this circuit the device
could be made to amplify audio
signal and by turning of the
input audio signal ~~and~~ closing
switch X and putting phones
across out put switch & the
device could be heard to oscillat

Aus dem Laborbuch von Walter Brattain (Bell-Labs) an Heiligabend 1947.

With this circuit the device could be made to amplify audio signal and by turning of […] the device could be made to oscillate.

Die Erfinder des Transistors



Die drei Physiker John Bardeen, Walter Brattain und William Shockley wurden 1956 für die Erfindung des Transistors mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet. Eine amerikanische Briefmarkenserie „Progress in Electronics“ von 1973 führt neben anderen Meilensteinen den Transistor auf.

Wie der Transistor zu seinem Namen kam

Bell Labs, where the transistor was invented, basically needed a new term to describe this new device that had up until that point been referred to as a “semiconductor triode”. The committee within Bell Labs that was set up to standardize terminology across the company were unable to decide on a name for it, so, they held a ballot across the entire company to vote for the name.

On the subject of a generic name to be applied to this class of devices, the committee is unable to make an unanimous recommendation. A discussion of some proposed names is given here.

Semiconductor triode. This is considered to be a fairly good name, being satisfactorily descriptive, but a shorter name would be preferable. The "triode" describes the three element device; if more elements were added it might be a tetrode or pentode, for instance. A single point contact rectifier might be referred to as a semiconductor diode in line with this terminology.

Surface States triode. This is in the same class as the first name suggested above; it is descriptive, but is not brief.

Crystal triode. The objection to this is that the term "crystal" is usually associated with the piezoelectric types, such as quartz.

Wie der Transistor zu seinem Namen kam (2)

Solid triode. This has the advantage of brevity, and is descriptive in the sense that the device may be explained by the physics of the solid state, and also that the active element is a solid rather than vacuum or gas filled. However, the word "solid" also commonly means sturdy, massive, rugged, or strong, which terms are contradictory to the actual physical characteristics of the unit.

Iotatron. This term satisfactorily conveys the sense of a minute element, as contrasted to the previous name. However, in view of the many vacuum or gas filled devices such as thyratrons, dynatrons, transitrons, etc., it lacks the distinguishing property which would differentiate it from such devices.

Transistor. This is an abbreviated combination of the words "transconductance" or "transfer", and "varistor". The device logically belongs in the varistor family, and has the transconductance or transfer impedance of a device having gain, so that this combination is descriptive.

Accompanying this memorandum is a ballot. It is suggested that each person to whom the memorandum is routed, fill out the ballot and return it, in order that the resultant vote may be used by the committee as the basis of a recommendation for a generic name.

Press Release from Bell Telephone Laboratories

Thursday, July 1, 1948. – An amazingly simple device, capable of performing efficiently nearly all the functions of an ordinary vacuum tube, was demonstrated for the first time yesterday at Bell Telephone Laboratories where it was invented.

Known as the Transistor, the device works on an entirely new physical principle discovered by the Laboratories in the course of fundamental research into the electrical properties of solids. Although the device is still in the laboratory stage, Bell scientists and engineers expect it may have far-reaching significance in electronics and electrical communication.

The whole apparatus is housed in a tiny cylinder less than an inch long. It will serve as an amplifier or an oscillator -- yet it bears almost no resemblance to the vacuum tube now used to do these basic jobs. It has no vacuum, no glass envelope, no grid, no plate, no cathode and therefore no warm-up delay.

Two hair-thin wires touching a pinhead of a solid semiconductive material soldered to a metal base, are the principal parts of the Transistor. These are enclosed in a simple, metal cylinder not much larger than a shoe-lace tip. More than a hundred of them can easily be held in the palm of the hand. […]

Yesterday's demonstration emphasized some of the many uses the Transistor may have in telephone communication, as well as its ready adaptability to the electronic techniques of radio, television, and public address systems. In one demonstration, a Transistor was used to amplify the electrical speech waves traveling between two telephones, a function now performed by vacuum tubes. In another, the audience heard a radio broadcast from a set constructed entirely without vacuum tubes, but using instead several of the tiny Transistors to provide amplification. A Transistor was also used to generate a standard frequency tone, thus demonstrating its role as an oscillator. […]

Der Transistor – eine Halbleitertriode

The Transistor, A Semi-Conductor Triode

J. Bardeen and W. H. Brattain
Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey
June 25, 1948

A THREE–ELEMENT electronic device which utilizes a newly discovered principle involving a semi-conductor as the basic element is described. It may be employed as an amplifier, oscillator, and for other purposes for which vacuum tubes are ordinarily used. The device consists of three electrodes placed on a block of germanium[1] as shown schematically in Fig. 1. Two, called the emitter and collector, are of the point-contact rectifier type and are placed in close proximity (separation ∼.005 to .025 cm) on the upper surface. The third is a large area low resistance contact on the base.

The germanium is prepared in the same way as that used for high back-voltage rectifiers.[2] In this form it is an *N*-type or excess semi-conductor with a resistivity of the order of 10 ohm cm. In the original studies, the upper surface was subjected to an additional anodic oxidation in a glycol borate solution[3] after it had been ground and etched in the usual way. The oxide is washed off and plays no direct role. It has since been found that other surface treatments are equally effective. Both tungsten and phosphor bronze points have been used. The collector point may be electrically formed by passing large currents in the reverse direction.

Each point, when connected separately with the base electrode, has characteristics similar to those of the high

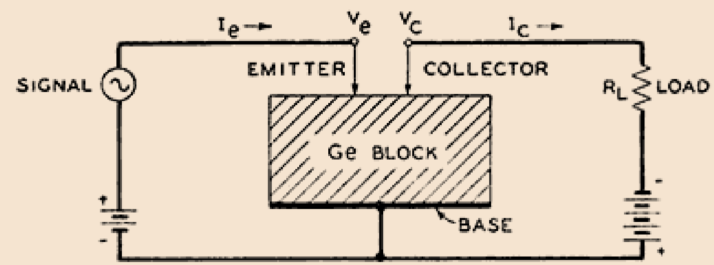


FIG. 1. Schematic of semi-conductor triode.

Das erste paper zum Transistor, in:
Physical Review 74.2 (1948): 230

Bestechende Vorteile des Transistors

TRANSISTOR

Der unter diesem Namen von den Bell-Laboratorien in New York eingeführte Kristall-Verstärker hat äußerst geringe räumliche Abmessungen. Er benötigt keine Heizstromquelle und hat auch kein Vakuum. In den Bereichen, in denen diese Halbleitertriode die herkömmlichen Elektronenröhren ersetzen kann, bieten sich deshalb bei der Verwendung des Transistors bestechende Vorteile. Sofortige Betriebsbereitschaft ohne Aufheizungsperiode und die etwa 10 bis 20 mal so lange Lebensdauer wie bei normalen Radioröhren sind nur einige der Faktoren, die zusammen mit dem sehr kleinen Raumbedarf eine Vielzahl von Anwendungen ermöglichen.

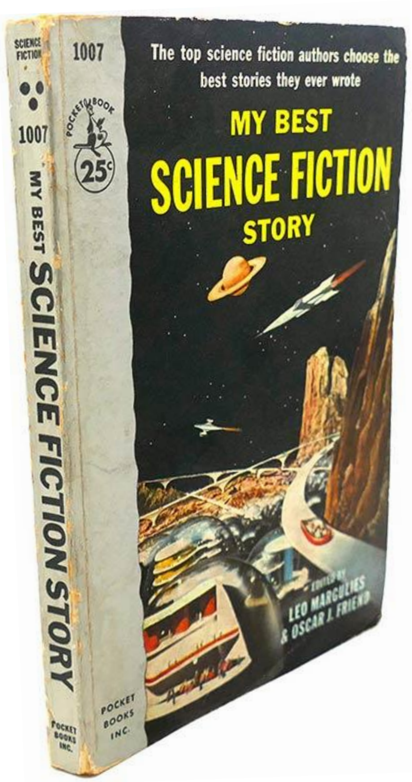
Bei der erstmaligen Vorführung dieses Transistors wurde ein normaler 10-Röhren-Superhet gezeigt, in dem sämtliche Röhren durch die Halbleiter-Trioden ersetzt waren.

Transistoren sind (im Sinne elektronischer Schaltungen) funktional äquivalent zu Elektronenröhren, haben jedoch einige wesentliche Vorteile.

← Die Funk-Technik, eine „Zeitschrift für das gesamte Elektro-, Radio- und Musikwarenfach“, welche zweimal pro Monat erschien, brachte im zweiten Dezemberheft 1948 nebenstehenden Bericht zum neuartigen „Kristall-Verstärker“.

Neben den aufgeführten Vorteilen der „Halbleiter-Triode“ gegenüber den funktional analogen Elektronenröhren wären auch noch der wesentlich kleinere Energiebedarf und die höhere Schaltgeschwindigkeit im Digitalbetrieb zu ergänzen – aber letzteres fand sich damals noch nicht auf dem Radar der Elektroingenieure!

Der Transistor – eine Maschine neuen Typs



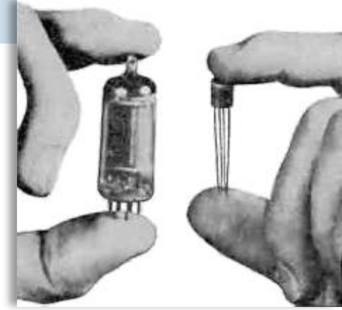
1949, der Transistor war kaum erfunden, ordnete John W. Campbell (1910-1971), Science-Fiction-Autor sowie langjährige Herausgeber des Magazins „Astounding Science Fiction“, den Transistor in fast prophetischer Weitsicht als einen neuen Typ von Maschine ein:

“We of today, living in what is, really, the beginning of a science-technical culture tend to think of machines, of great inventions, in terms of ‘huge’ and ‘intricate’ and ‘complex’. Those are the crude, unfinished, compromise machines. The perfect machine is small, compact, extremely simple in its mechanical structure, and has no mechanical moving parts, is not assembled in the ordinary sense, and is inherently incapable of wearing out. […] Recently, the Bell Laboratories have produced another near-perfect machine – the transistor. It’s a crystal of germanium, with two wires and a tiny brass tube, and it does the work of a vacuum tube. No human fingers assemble complex grids and cathodes and electrodes; natural interatomic forces ‘assemble’ the crystal. There is nothing to wear out. It’s immensely important – but the pencil-eraser size brass tube, with its two tiny wires, is so unimpressive – so much less spectacular than a new Diesel stream-liner. The really important, really perfect machines are so easy to overlook.”

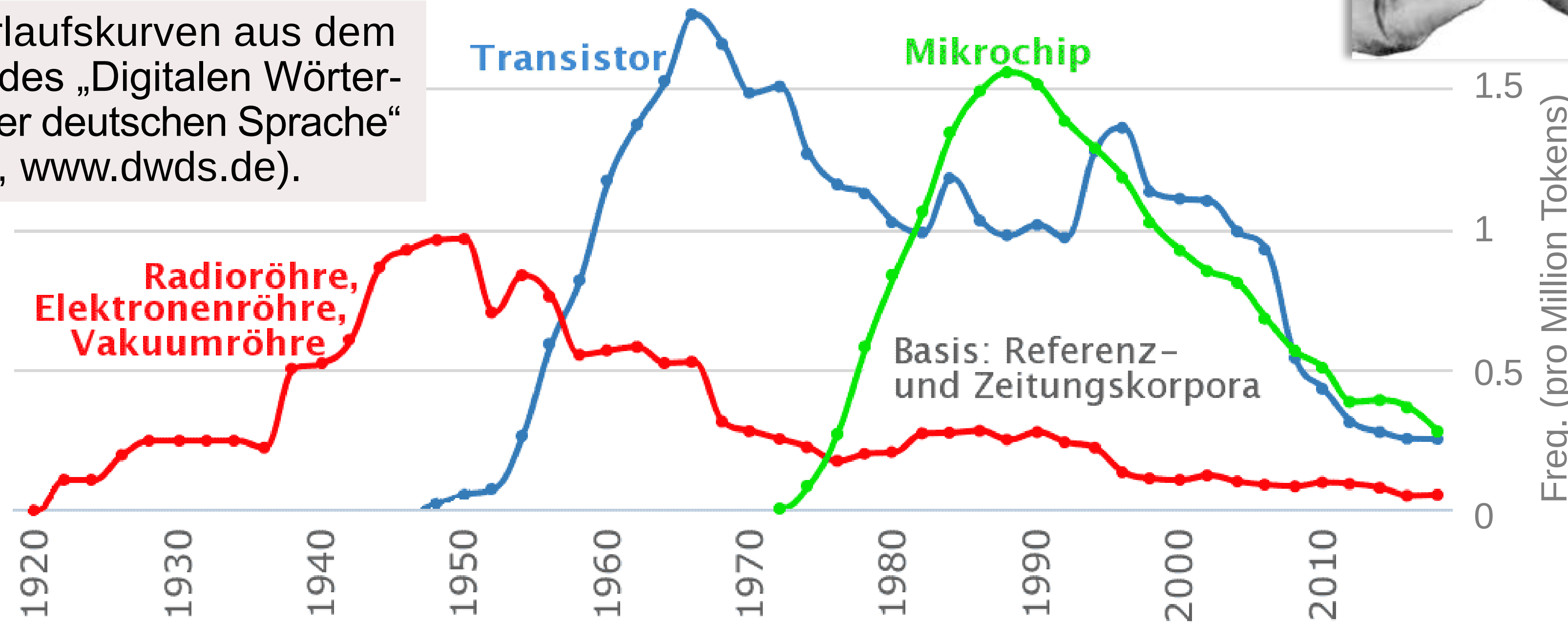
Dies schrieb Campbell übrigens 1949 als Vorwort zur Neuauflage seiner SF-Story “Blindness” aus dem Jahr 1935, die (neben Geschichten von Ray Bradbury, Robert A. Heinlein, Isaac Asimov und anderen SF-Autoren) in der Anthologie “My Best Science Fiction Story” erschien. In “Blindness” geht es um die Vision von Atomenergie: „Men will never again have to worry about power. All the wheels of Earth’s factories driven by the exploding atoms…. No more smoke-clouded cities. The atom will lift the load of labor from man’s back… Unlimited, infinite power.”

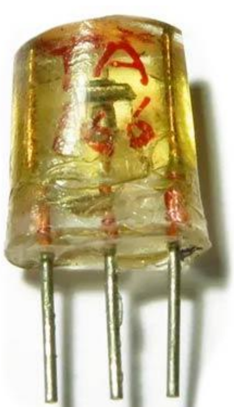
Es ist erstaunlich, welche Bedeutung Campbell dem Transistor parallel zur Atomenergie beimass!

Röhren, Transistoren, Mikrochips



Wortverlaufskurven aus dem Korpus des „Digitalen Wörterbuchs der deutschen Sprache“ (DWDS, www.dwds.de).

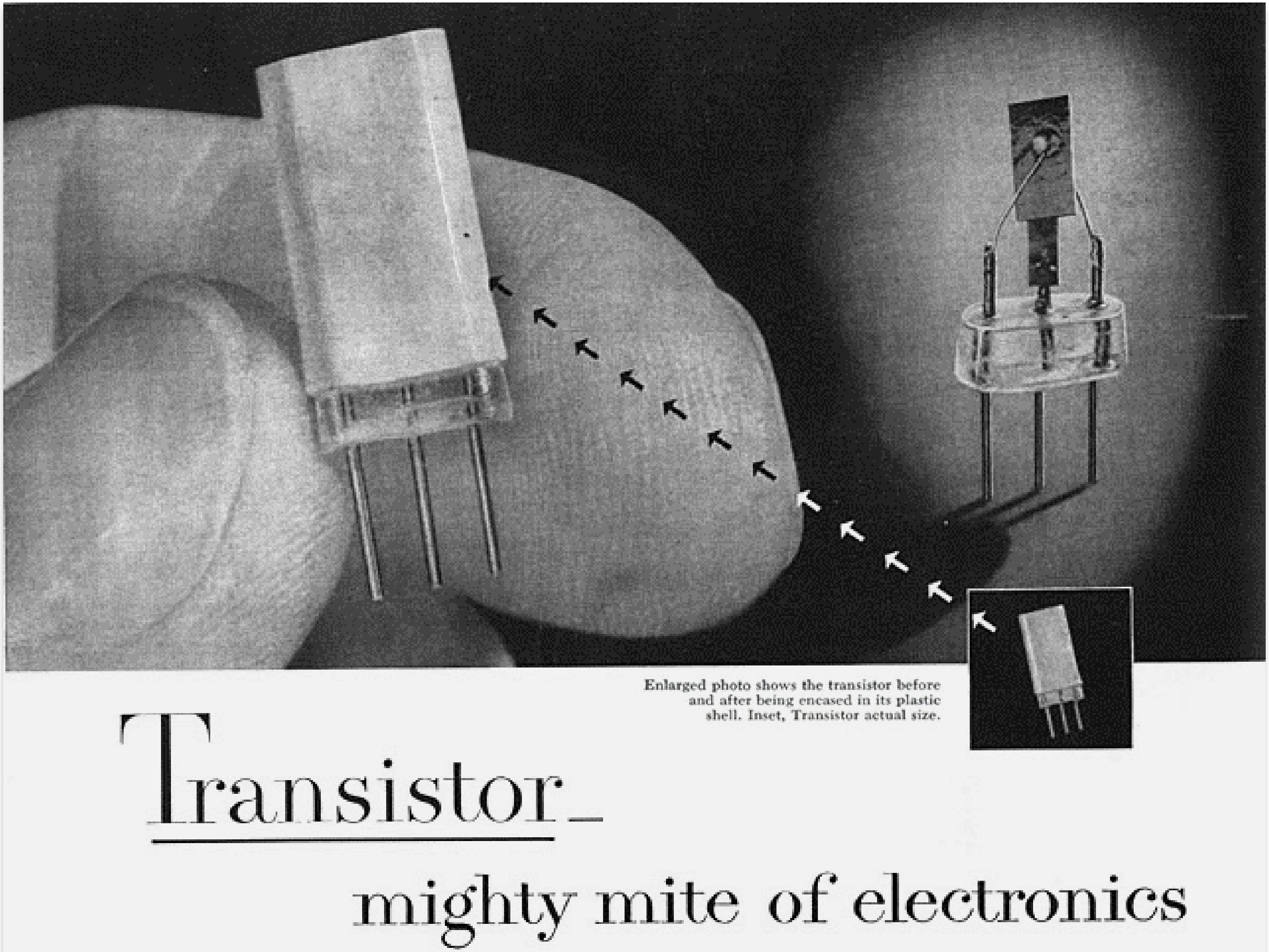




https://spectrum.ieee.org

← *Transistor-Prototyp von RCA (1953)* ↑ *Einige frühe Transistoren aus Serienproduktion*

Transistoren – Reklame von RCA 1953 (1)



Obere Hälfte einer ganz-seitigen Anzeige in der Zeitschrift „Scientific American", April 1953.

Transistoren – Reklame von RCA 1953 (2)

Die untere Hälfte der Anzeige

Increasingly you hear of a new electronic device — *the transistor*. Because of growing interest, RCA—a pioneer in transistor development for practical use in electronics—answers some basic questions:

Q: ***What is a transistor?***

A: The transistor consists of a particle of the metal germanium imbedded in a plastic shell about the size of a kernel of corn. It controls electrons in solids in much the same way that the electron tube handles electrons in a vacuum. But transistors are not interchangeable with tubes in the sense that a tube can be removed from a radio or television set and a transistor substituted. New circuits as well as new components are needed.

Q: ***What is germanium?***

A: Germanium is a metal midway between gold and platinum in cost, but a penny or two will buy the amount needed for one transistor. Germanium is one of the basic elements found in coal and certain ores. When painstakingly prepared, it has unusual electrical characteristics which enable a transistor to detect, amplify and oscillate as does an electron tube.

Q: ***What are the advantages of transistors in electronic instruments?***

A: They have no heated filament, require no warm-up, and use little power. They are rugged, shock-resistant and unaffected by dampness. They have long life. These qualities offer great opportunities for the miniaturization, simplification, and refinement of many types of electronic equipment.

Q: ***What is the present status of transistors?***

A: There are a number of types, most still in development. RCA has demonstrated to 200 electronics firms—plus Armed Forces representatives—how transistors could be used in many different applications.

Q: ***How widely will the transistor be used in the future?***

A: To indicate the range of future applications, RCA scientists have demonstrated *experimental* transistorized amplifiers, phonographs, radio receivers (AM, FM, and automobile), tiny transmitters, electronic computers and a number of television circuits. Because of its physical characteristics, the transistors qualify for use in lightweight, portable instruments.

* * *

RCA scientists, research men and engineers, aided by increased laboratory facilities, have intensified their work in the field of transistors. The multiplicity of new applications in both military and commercial fields is being studied. Already the transistor gives evidence that it will greatly extend the base of the electronics art into many new fields of science, commerce and industry. Such pioneering assures finer performance from any product or service trademarked RCA and RCA Victor.

RCA

RADIO CORPORATION OF AMERICA

World leader in radio—first in television

Transistors are in stock!

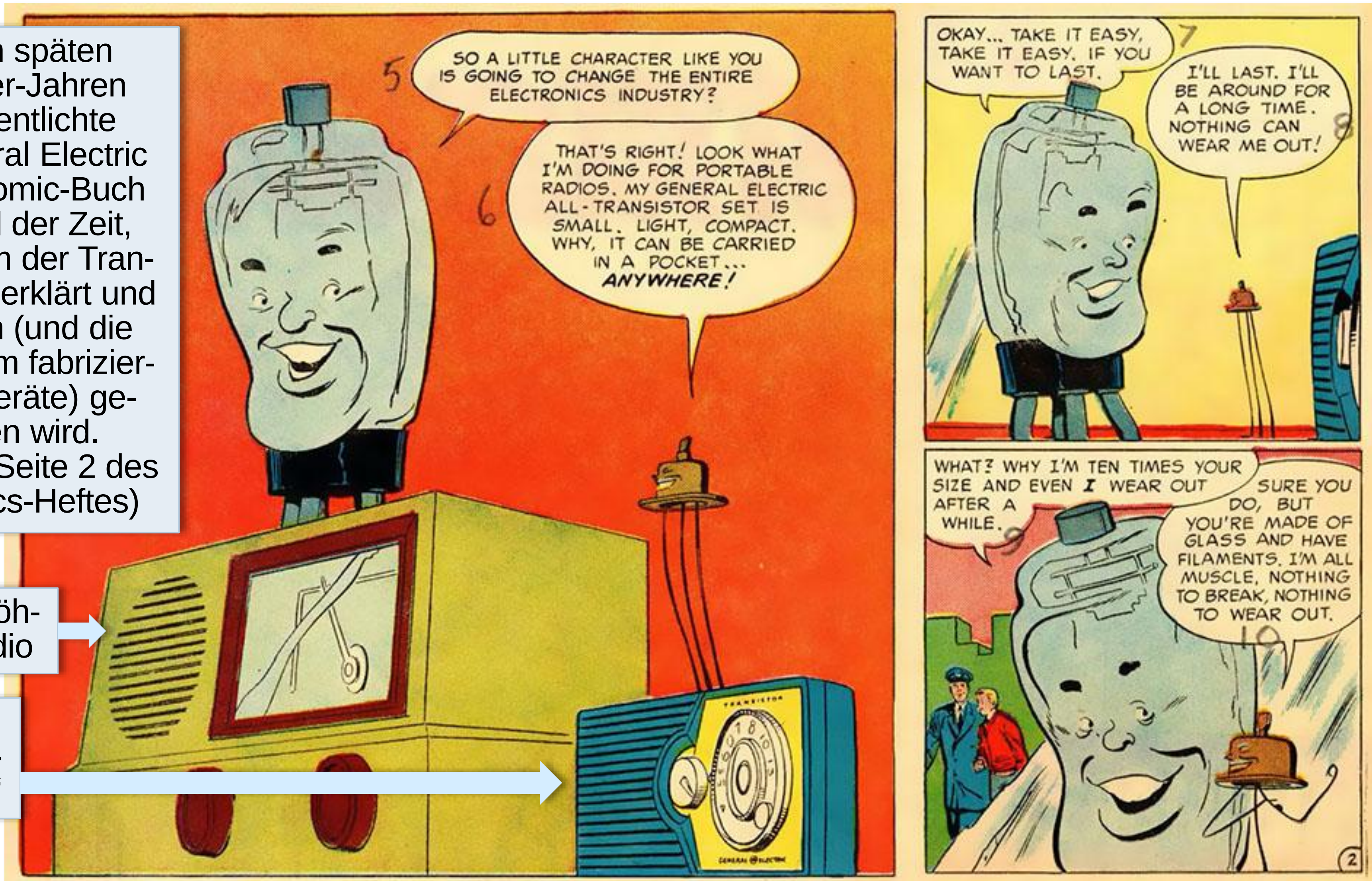
Eine der ersten Verkaufsanzeigen zu Transistoren im März 1953

The CK722 was the first low-cost PNP germanium junction transistor available to the general public. It was introduced by Raytheon in early 1953 for $7.60 each; the price was reduced to $3.50 in late 1954 and to $0.99 in 1956. The original CK722 were direct fallouts from CK718 hearing aid transistors, that did not meet specifications. These fallouts were later stamped with CK721 or CK722 numbers. In the 1950s and 1960s, countless “build it yourself” articles were published in the popular electronics press and electronics/ hobbyist magazines describing how to use the CK722 to build all types of devices such as radios, oscillators, electronic volt-meters, and photoelectric alarms.
[Wikipedia; www.ck722museum.com]

Transistors are in stock!

Transistoren – Reklame von GE

In den späten 1950er-Jahren veröffentlichte General Electric ein Comic-Buch im Stil der Zeit, in dem der Transistor erklärt und für ihn (und die mit ihm fabrizierten Geräte) geworben wird. (Hier Seite 2 des Comics-Heftes)



Ein Röhrenradio

Ein „Transistor“

Transistorradios

Die „Hessische/Niedersächsische Allgemeine“ (HNA) schrieb 2014 unter dem Titel „Als Musik tragbar wurde“ (Auszug):

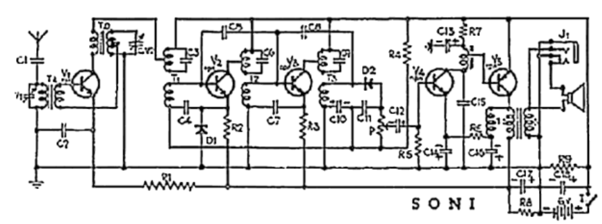
„1954 wurde mit dem ‚Regency TR-1‘ das Transistorradio erfunden – und zum ersten Mal in der Geschichte wurde für jeden das Empfangsgerät für Musik tragbar.

Musik unterwegs? Wie sollten das denn mit den großen Stromschluckern namens Röhrenradio funktionieren? Es gab sie, aber nur als Randerscheinung. Und ihre Produktbezeichnung war nicht umsonst Kofferradio. Und dann kam der Transistor. Der machte im Grunde das gleiche wie eine Röhre, Schalten und Verstärken.

Doch anfangs gab es wirtschaftlichen Widerstand, kurz nach dem Zweiten Weltkrieg wollte das Gerät so recht keiner. Und als die Branche dann doch neugierig wurde, gab es keine Transistoren: Das Militär hatte alle weggekauft, weil man Funkgeräte ganz praktisch fand, die man nicht als Rucksack mit sich rumschleppen musste.

Es gab immer kleinere, bessere und billigere Radios, und die besten kamen aus Japan. Tatsächlich war es der Transistor, der den Grundstein zur japanischen Wirtschaftsmacht legte. Masura Ibuka sah das Bauteil in den USA. Seine Firma erwarb Patente und baute das TR-55. Das Transistorradio war so erfolgreich, dass Ibuka seiner Firma den Beinamen des Radios gab: Sony.“

Sony TR-55 mit fünf Transistoren



Transistorradios (2)

Als Zielgruppe für die neuen mobilen Musik- und Unterhaltungsgeräte wurde die Jugend und die anwachsende Kategorie der eigenständigen jüngeren Frauen identifiziert – und in der Werbung direkt angesprochen.

Deutsches Technikmuseum Berlin

Telefunken-Transistorradio, 1956

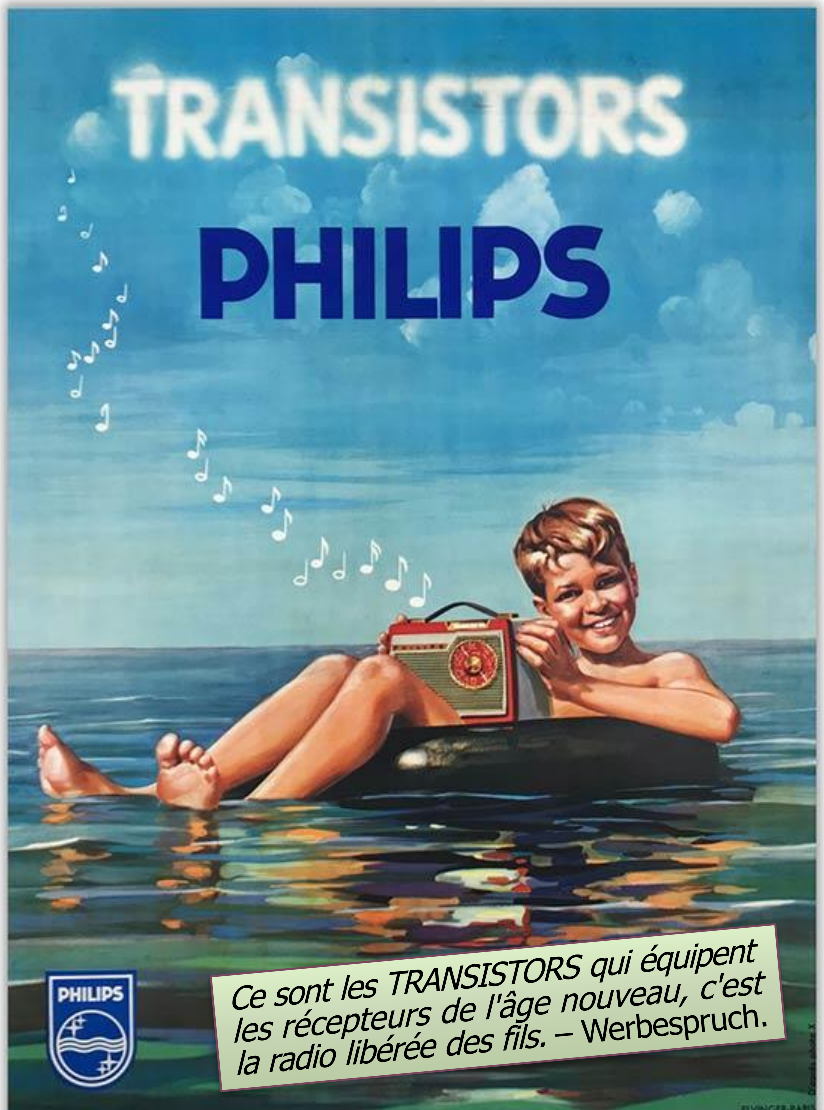
Dazu schreibt khb-radios.de:

„Stolz zeigt sie ihr Transistorradio, schließlich musste sie dafür ein halbes Monatsgehalt sparen.

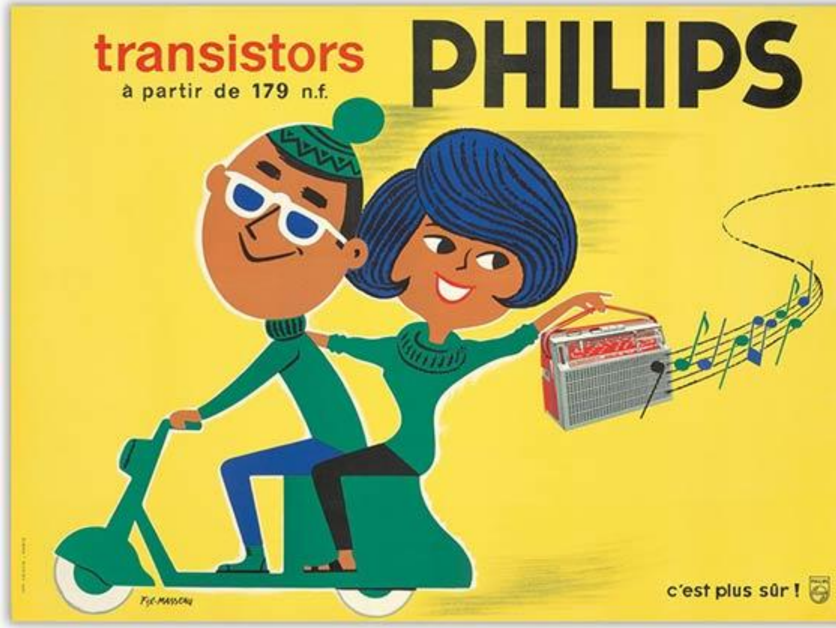
Auf der Litfaß-Säule im Hintergrund drückt sich die Sehnsucht jener Zeit nach Unterhaltung aus.“

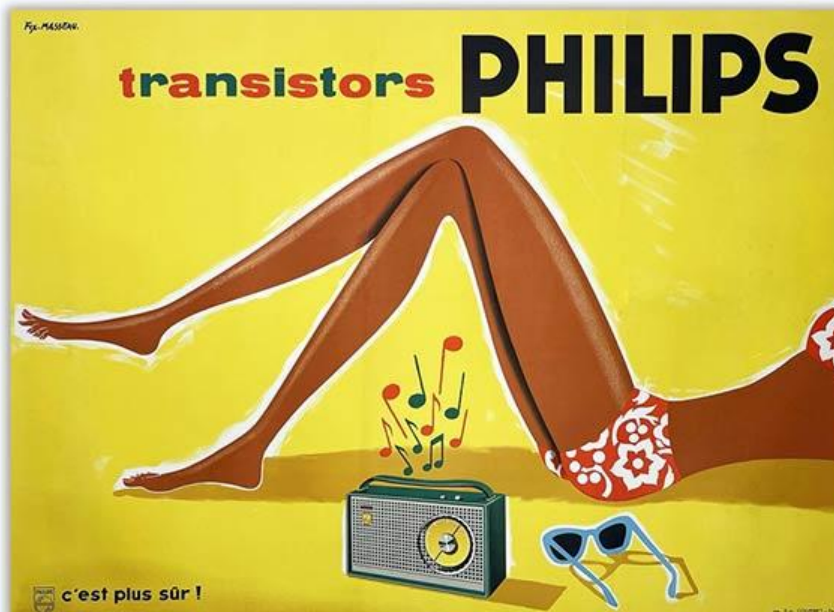
Transistorradios (3)

Transistorradios (4)



Ce sont les TRANSISTORS qui équipent les récepteurs de l'âge nouveau, c'est la radio libérée des fils. – Werbespruch.





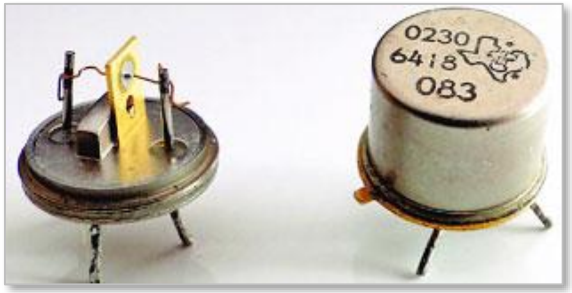
Transistorradios (5)

FM (Frequenzmodulation – relativ störungsfrei, aber schaltungstechnisch aufwendiger) auf UKW gab es i.a. nicht, sondern nur AM (Amplitudenmodulation) auf MW und LW (im Bereich 148 kHz – 1705 kHz).

Transistorradios (6)

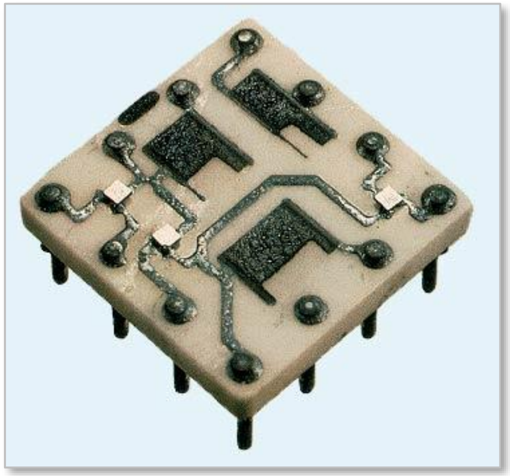
Transistoren: Anhaltende Miniaturisierung

1959



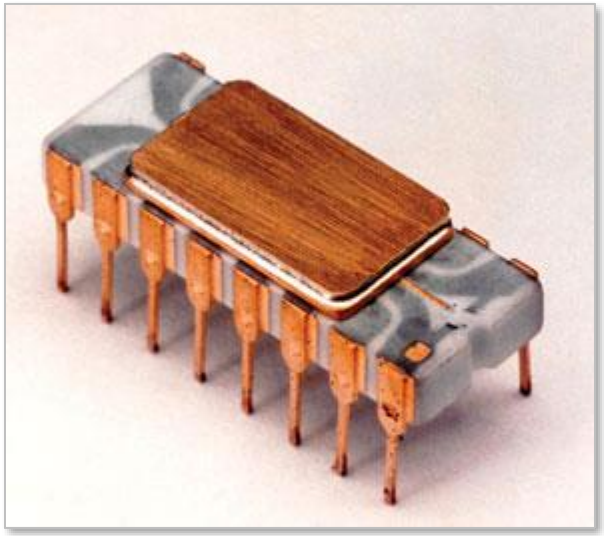
Germanium-Transistor (Legierungstechnik, NPN) in hermetisch versiegeltem Gehäuse, der beim IBM 1401-Computer verwendet wurde. (IBM und Texas Instruments, ca. 1959.)

1964



Drei Silizium-Transistoren in Planartechnik auf einem Keramik-Steckmodul für die IBM 360-Computer-Reihe, 1964.

1971



Der 4-Bit-Mikroprozessor 4004 von Intel aus dem Jahr 1971 mit einem integrierten Schaltkreis („IC“) aus ca. 2300 Transistoren.

1965 ist das Gesetz von Moore formuliert worden; es sollte viele Jahrzehnte lang Bestand haben

Zurück zur ERMETH: Röhre E90CC, Germaniumdiode OA55

SIEMENS RÖHREN

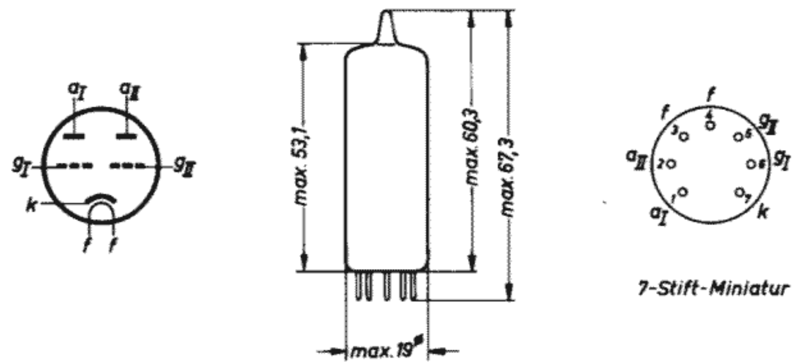
DOPPELTRIODE

Art und Verwendung

Doppeltriode mit gemeinsamer Kathode, besonders geeignet für bistabile Kippstufen und Multivibratoren in Rechen- und Zählgeräten.

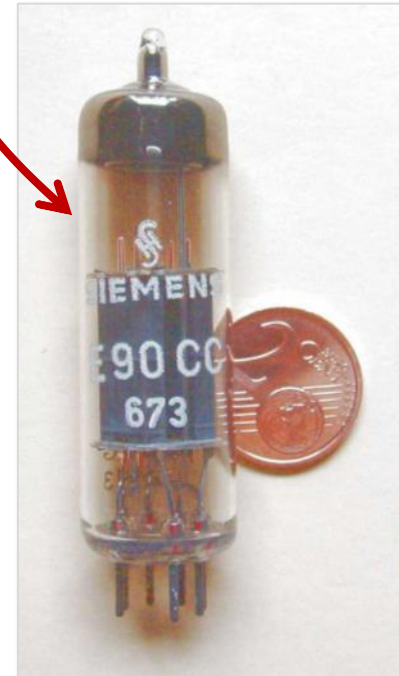
Qualitätsmerkmale

Lange Lebensdauer (> 10 000 Std.)
Große Zuverlässigkeit (p ≈ 1,5 °/oo je 1000 Std.)
Enge Toleranzen
Zwischenschichtfreie Spezialkathode

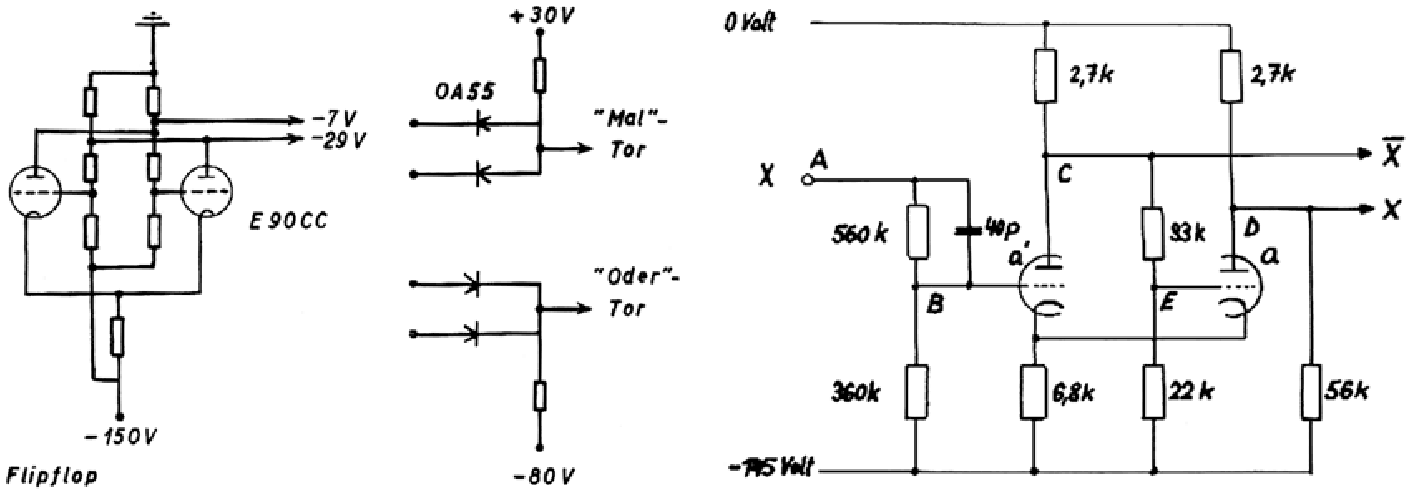


Sockel: Miniatur
Kolben: DIN 41537, Form A, Nenngröße 50

Gewicht: ca. 15 g
Einbau : beliebig

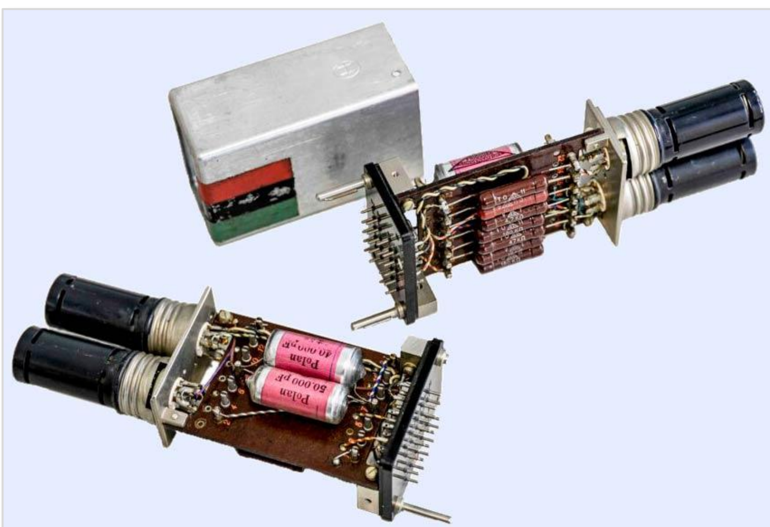


ERMETH-Schaltkreise und -Komponenten



Flip-Flop (links) sowie Inverter (rechts) mit E90CC-Doppeltrioden; AND- (mi. ob.) und OR-Schaltung (mi. un.) mit OA55-Halbleiterdioden.

https://blogs.ethz.ch/id/files/2019/11/WIN4620_Web-1024x683.jpg
https://blogs.ethz.ch/id/files/2019/11/WIN4613_Web-1024x683.jpg



Steckeinheit der ERMETH; auf den beiden Röhren befinden sich Schutz-hülsen; die passiven Bauteile (Kon-densatoren und Widerstände) sind von einem Metallgehäuse umgeben.

https://ethz.ch/content/dam/ethz/associates/services/organisation/departments/informatikdienste/files/historisches/computer-antiquitaeten-eth-zuerich.pdf

ERMETH-Programm für $e^z = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{z^n}{n!}$

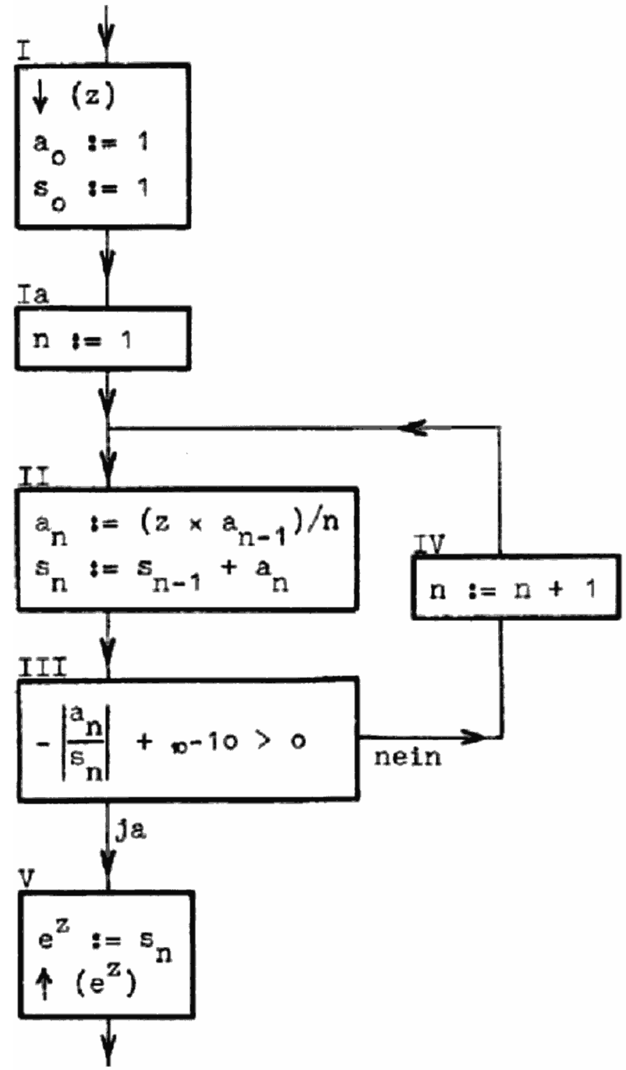
Institut für angewandte Mathematik

Programm

9999

Berechnung von e^z

000 0*			9999						
1 I	↓		0	(z)	S			z	
2	A		9001		S			a	Vorbereitung
3 (Ia)	S			s	S			n	
4* II	A			a	x			z	
5	:			n	S			a	eigentliche Rechnung
6	+			s	S			s	
7 III	A			a	:			s	
8*	|x|				−1				Diskriminante
9	+			10^{-10}	C+			V	
10 IV	A			n	+		9001		Erhöhen von n
1	S			n	C			II	
2* V	A			s	↑		0	(e^z)	Resultat anzeigen
3	Fin		0						
4	49	0	1000		00	0	0000		10^{-10} : Konstante
5									Plansumme
6*							−0		



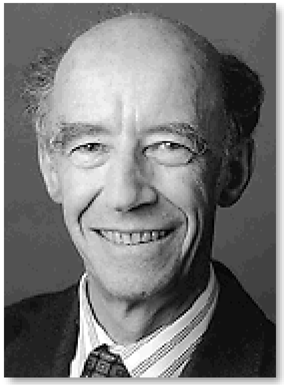
Entwicklung der ERMETH – Peter Läuchli erinnert sich

„1955 feierte die ETH ihr 100jähriges Jubiläum. Unser Rechner war leider noch keineswegs fertig. Da die Türen der Institute für Besucherströme geöffnet wurden, beeilten wir uns, wenigstens das Schaltpult der ERMETH so weit bereitzumachen, dass man auf den grossen Zifferrädern 14-stellige Zahlen anzeigen konnte. [...]

Später, als die ERMETH schon einigermassen funktionierte, fanden Stock und ich einen logischen Fehler in der Schaltung für die Festkomma-Division, der sich aber nur in sehr seltenen Fällen auswirken konnte. Nach langem Abwägen entschlossen wir uns, auf die sehr mühsame und aufwendige Korrektur des Fehlers zu verzichten und unser Produkt mit diesem Makel behaftet den Benutzern zu überlassen."

Peter Läuchli (1928 – 2021) studierte Mathematik und Physik an der ETH Zürich („trotz meiner offiziellen Studienrichtung Physik tendierte ich mit der Zeit eher auf die mathematische Seite und erhielt auch die Erlaubnis, bei Herrn Professor Stiefel schriftlich zu diplomieren"). 1953 wurde er Assistent am Institut für Angewandte Mathematik bei Eduard Stiefel (1959 Dissertation „Iterative Lösung und Fehlerabschätzung in der Ausgleichsrechnung"); von 1964 bis 1993 war er Professor an der ETH (ab 1983 als Ordinarius für Informatik). 1968 gründete er zusammen mit Heinz Rutishauser und Niklaus Wirth die „Fachgruppe für Computerwissenschaften", aus der später schliesslich das Departement für Informatik an der ETH Zürich hervorging.

Nutzung der ERMETH – Jörg Waldvogel erinnert sich

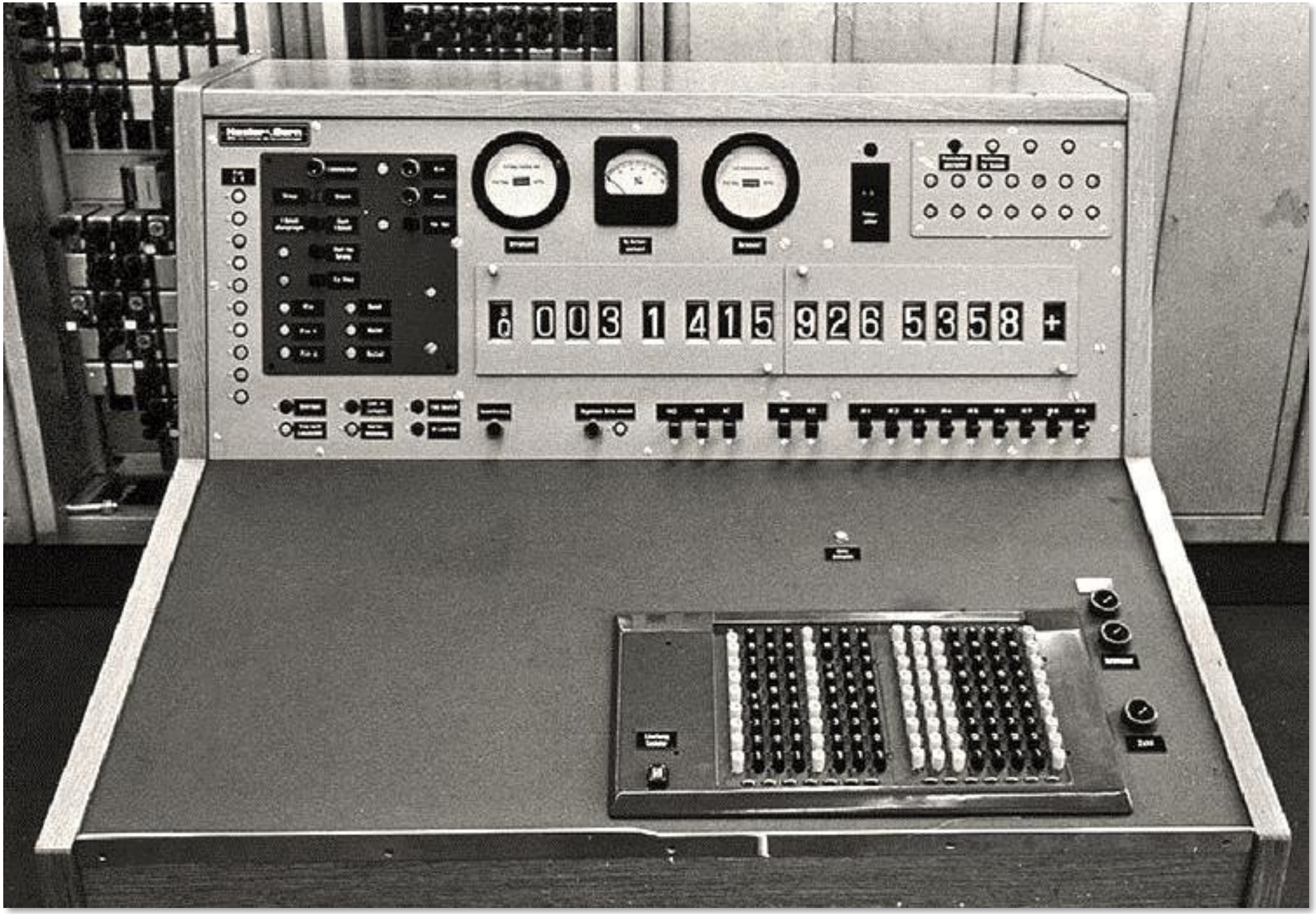


Jörg Waldvogel, Jahrgang 1938 und emeritierter Professor am Seminar für Angewandte Mathematik der ETH Zürich, erinnert sich:

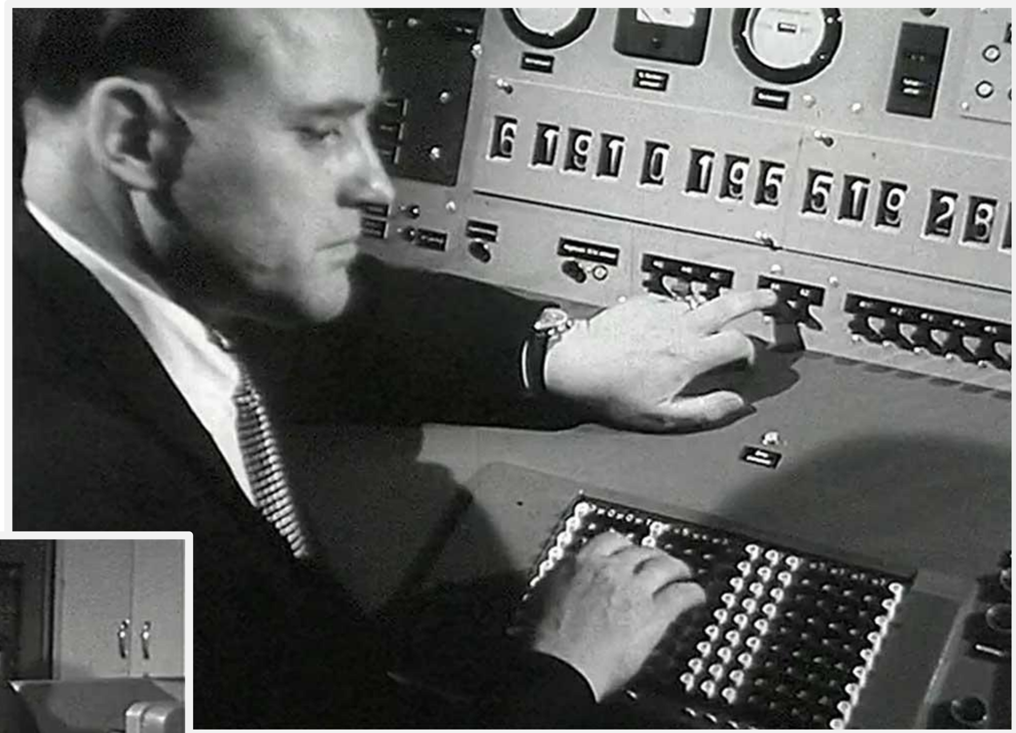
Zu meinem ersten Forschungsgebiet bin ich eher zufällig gekommen, nämlich durch das von Prof. Eduard Stiefel am Institut für Angewandte Mathematik der ETH 1961 angebotene Proseminar über ausgewählte Kapitel der Himmelsmechanik. Da der mathematische Stil von E. Stiefel mir sehr zusagte, bat ich ihn um ein Diplomthema. In meiner Diplomarbeit im Jahr 1962 berechnete ich auf der ERMETH Flugbahnen von der Erde zum Mond. Die Technik basierte auf der numerischen Integration von Systemen von Differentialgleichungen und war durch Handrechnungen, auch mit der Hilfe von mechanischen MADAS-Rechnern, nicht mehr zu bewerkstelligen. Die Berechnung einer Bahn brauchte auf der ERMETH mehrere Stunden, die ich nur nachts bekommen konnte. Auf einem Tisch im Maschinenraum schlief ich jeweils auf einer Luftmatratze während eines Runs. Jede Nacht um 0.30 Uhr ertönte das Warnsignal und die Rechnung stand still: Das Ausschalten des elektrischen Netzwerkes der Zürcher Trambetriebe hatte jeweils eine Spannungsschwankung verursacht, welche die Rechnung auf der ERMETH stoppte. Zum Glück konnte ich jeweils das Programm ohne Verlust am selben Ort wieder starten.

Die ERMETH-Konsole mit grossen Ziffernrädern

314159265358



ERMETH-Vorführung



Eduard Stiefel mit seinen Assistenten bei einer Vorführung der ERMETH ca. 1956.

50 Jahre später →

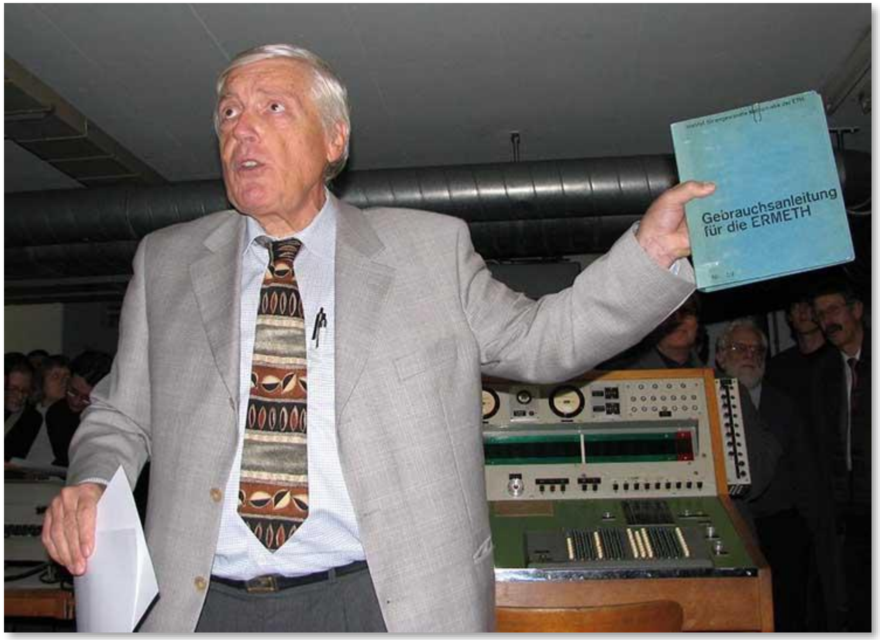
Prof. C. A. Zehnder mit ERMETH, Nov. 2006

In den Kellerräumen des IFW-Gebäudes der ETH Zürich bei der ERMETH-Übergabe an das Museum für Kommunikation in Bern

Carl August **Zehnder** war 1979–2003 Professor für Informatik an der ETH Zürich; bereits als Student programmierte er 1958 an der ERMETH

Die Bedeutung der ERMETH – C. A. Zehnder erinnert sich

„Wie wichtig ... [die ERMETH] für die Zürcher Hochschulen damals war, kann nur ermessen, wer die Alternativen dazu betrachtet. Ingenieure rechneten damals primär mit Rechenschieber (3-stellig) und Logarithmentafel (5-stellig), bevorzugt auch mit mechanischen oder elektromechanischen Addier- oder gar 4-Spezies-Rechenmaschinen. Von letzteren (Typ Madas) hatte um 1960 die gesamte ETH Zürich ungefähr 50 Stück (die meisten bei den Geodäten); eine einzige Division dauerte damit etliche Sekunden, alle Operanden mussten einzeln eingetastet, alle Ergebnisse von Hand aufgeschrieben werden.



Demgegenüber bildete der Einsatz von Rechenautomaten auf jeden Fall einen gewaltigen Fortschritt, auch wenn bereits relativ einfache programmgesteuerte Berechnungen Stunden dauern konnten. Erst jetzt konnten nämlich ganze Operationsketten mit Schleifen, Alternativen und Unterprogrammen systematisch aufgebaut (programmiert) und dann vollautomatisch laufengelassen und auch variiert und wiederholt werden. Gleichzeitig liessen sich problemlos viel höhere Genauigkeiten erreichen (die ERMETH z.B. arbeitete 14-stellig dezimal). Dabei war sich damals jeder Benützer eines Rechenautomaten ständig nicht nur der Vorteile, sondern auch sehr direkt der Grenzen dieses Instruments bewusst. Der Wissenschaftler suchte den Lösungsweg (Algorithmus) für sein Problem meist selber, er programmierte diesen nachher aus, tastete das Programm und die Daten in die Maschine, testete das Programm aus und bediente wiederum selber das gelegentlich auch störrische Gerät – manchmal auch nachtsüber. Die knappe Grösse des Arbeitsspeichers, die Langsamkeit der Maschine und des Druckers und ähnliche Grenzen zwangen zu äusserster Zurückhaltung bei der Abgrenzung des zu rechnenden Problems; nicht zu gross und nicht zu kompliziert musste es sein.“ [C.A. Zehnder (1992): Frühe Gefechtssimulationen in der Schweiz.]

ERMETH im Museum für Kommunikation, Bern

(Filip, Marco, Joel) Die ERMETH war der erste in der Schweiz gebaute Computer. Er lief unter dem Saurier-Motto: gigantischer Körper, winziges Hirn. Die ERMETH konnte trotz ihrer eindrucksvollen Grösse nur rechnen. Aus heutiger Sicht ist diese Maschine völlig unnütz. Ein moderner Taschenrechner ist deutlich schneller, kann viel mehr, hat mehr Speicher und man kann ihn sogar programmieren. www.digi-news.ch/schulen/20080228/

https://iart.ch/documents/10176/37731/As_Time_Goes_Byte_-_ERMETH.jpg

ERMETH im Museum für Kommunikation, Bern

http://blog.nationalmuseum.ch/wp-content/uploads/2018/01/ERMETH-Farbe-MFK.jpg

(Nicole, Simone, Olena) Kann man sich vorstellen, dass ein Computer nicht in ein Auto passt?! Dies ist die erste in der Schweiz hergestellte elektronische Rechenmaschine. Die ETH in Zürich konstruierte die ca. 7.5m lange, 3.5m hohe und 40cm breite Maschine. Trotz dieser Grösse hatte sie praktisch keinen Nutzen. www.digi-news.ch/schulen/20080228/

Mehr zur ERMETH: Hans Neukom: *ERMETH: The First Swiss Computer.* IEEE Annals of the History of Computing, 27(4), Oct. 2005, 5-22

Zwischen 2007 und 2016 haben Schulklassen das Museum für Kommunikation in Bern besucht und dabei u.a. die ERMETH besichtigt. Ihre Erinnerungen und Eindrücke haben die Schülerinnen und Schüler bei digi-news.ch notiert. Hier einige Auszüge, die die ERMETH betreffen:

(Melanie & Karin) Vor allem Ingenieure, Mathematiker, Chemiker, Maschinenbauer und die Armee benutzten diese Maschine, obwohl man damit nur rechnen konnte. Sie wiegt rund 3.5 Tonnen, hat aber nur einen Speicherplatz von 80 Kilobytes. Wir reden immer vom Urzeitmonster, dabei ist diese Kiste bloss 52 Jahre alt. Also etwa gleich alt wie unsere Eltern.

(Anina, Marietta) Er war gross, hässlich und einige Tonnen schwer.

(Funda, Burcu, Vanessa) Ermeth ist der erste in der Schweiz gebaute Computer. Es sah alles kompliziert aus und war sehr gross und teuer. Der Preis war 1000000.- Franken. Das Gerät war damals einzigartig und nicht erhältlich.

(Jennifer, Leonie, Milena) Es ist erstaunlich was diese Maschine alles benötigt, um zu funktionieren. Unter anderem benötigt die Maschine sehr viel Strom und Energie. Wenn es Sie interessiert kommen Sie doch bitte ins Kommunikationsmuseum und erkundigen Sie sich selbst.

(Sarah und Celine) Der erste Computer der Welt wurde 1952 bis 1955 gebaut. Der Wichtigste von den Mitarbeitern war: Nickolas Wirth, sowie auch der Chef Proffesor Speiser. Hier konnte man nur Zahlen schreiben, er konnte dadurch nur für Mathematik eingesetzt werden. Es ist eine Abkürzung für: Erste Rechenmaschine der E.T.H Zürich. Dies ist die Firma/Universität die den Computer gebaut hat.

(Noddy, Linus, Joël) Früher war die Benutzung eines Computer viel anspruchsvoller als heutzutage. Deshalb spielte die Bedienungsanleitung eine sehr grosse Rolle.

(Stefanie, Fabienne, Simona) Damals war die Erfindung des Computers nur für sehr wenige und sehr reiche Menschen von Bedeutung und das Mitführen eines Computers in Form eines Laptops war noch undenkbar. Weil in den Röhrchen für ihre Verhältnisse sehr viel Spannung herrschte, kam es schnell zu Überhitzungen, die die Lebensdauer der Elektronenröhrchen verkürzten. Um solche Ausfälle zu vermeiden wurde weitergeforscht.

(Severin, Robert, Marc) Der Rechner ERMETH wurde zum Rechnen gebraucht. Da es nur einen auf der Welt gibt kann man ihn nicht kaufen.

(Susanne, Njomza und Annisha) Die ERMETH war nicht geeignet für anspruchsvolle Arbeiten. Wir haben eine Umfrage gestartet, bei der wir den Leuten ein Bild der ERMETH gezeigt haben. Die meisten der befragten Personen wussten nicht, was auf dem Bild abgebildet ist und daher auch nicht, wofür man diesen Apparat verwendete. Viele vermuteten jedoch, dass es sich dabei um eine Telefonzentrale oder Radiostation handelt.

(Sarah und Miryam) Die Maschine war hauptsächlich von Nutzen als Heizung im Winter wenn es kalt war.

„...dass ein Computer nicht in ein Auto passt?!“

www.computerhistory.org/revolution/minicomputers/11/331/1893

DEC-Vertriebsfrau Karen Ericksen mit einer PDP-8 auf der Rückbank ihres Volkswagen-Cabrios, ca. 1965.

Die ERMETH, entstanden in den 1950er-Jahren, passte tatsächlich nicht in ein Auto – Nicole, Simone und Olena haben damit recht. Aber schon 10 Jahre später ging es: Die Firma Digital Equipment (DEC) präsentierte dann ihren transistorbasierten Rechner PDP-8. Dabei stand „PDP“ für „Programmed Data Processor“ – Firmenchef Ken Olsen vermied zunächst die Bezeichnung „Computer“, da seine Kapitalgeber die risikoreiche Entwicklung von „Computern“ kaum finanziert hätten.

Aber dann verkündete DEC in einer Anzeige stolz: „This fast, compact computer … has integrated circuits which enable the manufacturer to produce it in this size for use by small research laboratories, industries, colleges and even high schools.“

(Nicole, Simone, Olena) Kann man sich vorstellen, dass ein Computer nicht in ein Auto passt?!

← *Vgl. vorletzte slide*

Die PDP-8 war der erste kommerziell erfolgreiche Minicomputer, es wurden weit über 50000 Exemplare verkauft (Stückpreis anfangs $ 18000). „Engineers used the inexpensive PDP-8 in many varied applications, such as the control of the news display in New York’s Times Square, […] signal analysis in physics labs, and lighting control in New York’s Shubert Theater for the musical *A Chorus Line*.“ [www.computerhistory.org]

Die gewandelte ERMETH

Karl Nickel

Die ERMETH eines Tags entwich
aus des Museums Rechner-Pool
zu eines Hochschullehrers Stuhl
und bat ihn: "Bitte, wandle mich!"

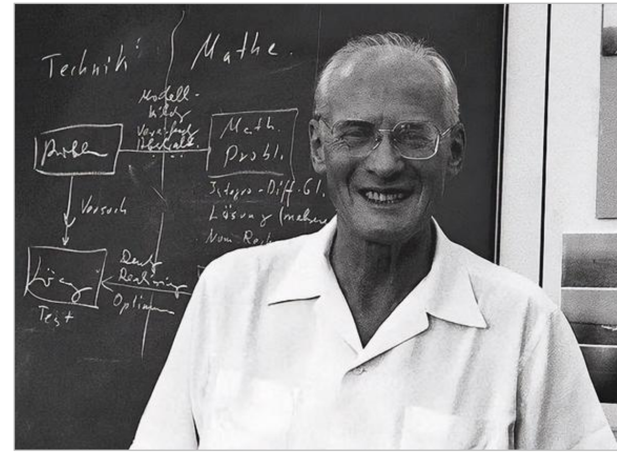
Der Herr Professor nahms Barett,
erstieg drauf das Kathederbrett
und ordnend des Talares Falten,
begann er, seines Amts zu walten.

"Die ERMETH" – so begann der Greis,
"die SIEMETH" – dass es jeder weiß,
"die ESMETH" – wie man's eben nennt,
"doch damit hat's noch nicht ein End."

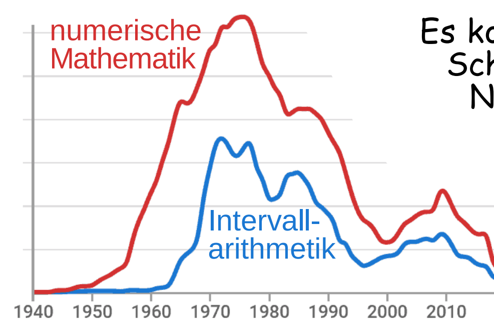
"Die WIRMETH" – denn wir dienen allen,
"Die IHRMETH" – Ihr selbst zu Gefallen,
"Die SIEMETH" – grad nochmal wie eben,
"nun musst du dich zufrieden geben."

Die ERMETH dankte ihm voll Glück,
und kehrt' zum Ruheplatz zurück
(sie diente Generationen)
befreit von ihren Frustrationen.

Aus: Karl Leberecht Emil Nickel, alias „KLEN“: *Palmström als Programmierer* (1977) nach *Der Werwolf* aus Christian Morgensterns sprachspielerischer Gedichtsammlung *Galgenlieder;* siehe dazu de.wikisource.org/wiki/Der_Werwolf


Karl Nickel im Laborkittel; an der Tafel ein kommutatives Diagramm zur Modellierung.

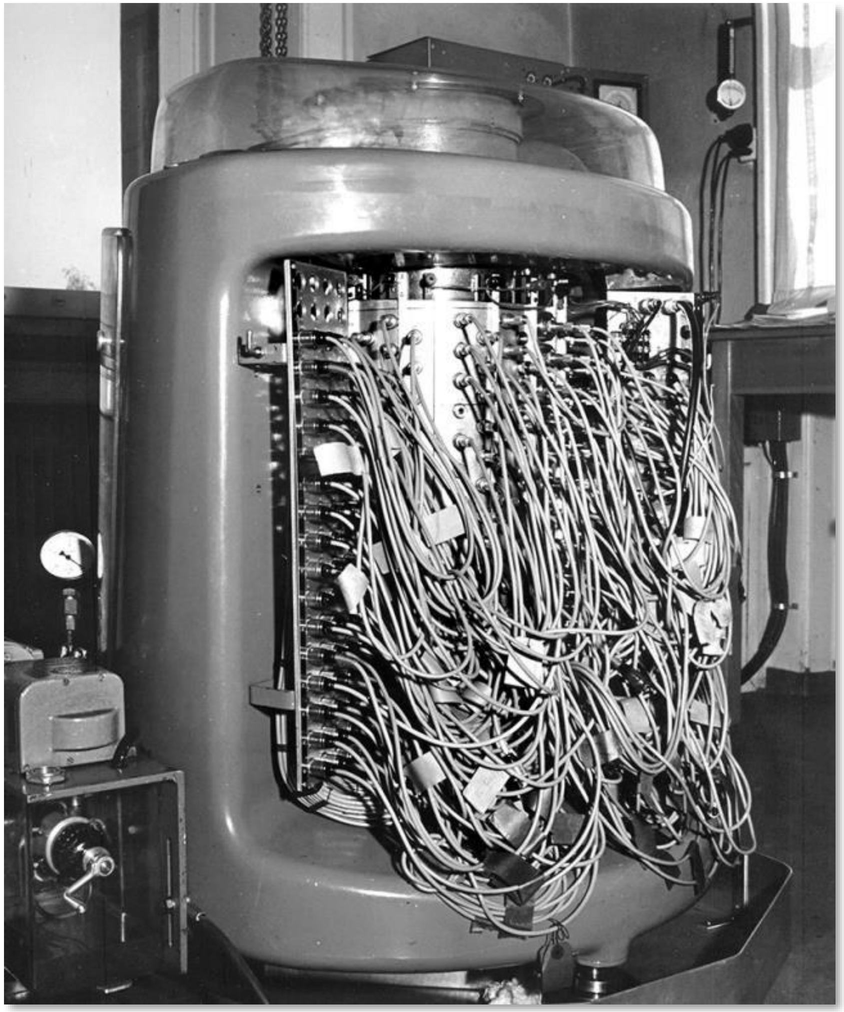
Karl Nickel (1924–2009) wurde 1961 an der Universität (damals Technische Hochschule) Karlsruhe Professor für Numerische Mathematik und Grossrechenanlagen; er veranstaltete schon im Jahr 1958 ein Algol-Praktikum und wurde 1969 Gründungsdirektor des Instituts für Informatik. 1976 wechselte er nach Freiburg im Breisgau und wurde an der dortigen Universität Direktor des Instituts für Praktische Mathematik. Nickel leistete grundlegende Beiträge zur Intervallarithmetik. Er hatte fast immer einen weissen Labormantel an, um seine Kleidung vor Kreidestaub zu schützen – selbst im Sommer, wenn er in kurzen Lederhosen an die Universität kam.



Es konvergieren Intervall-
Schachtelungen überall.
Nach wen'gen Termen
sieht man schon:
den Fehler
kleiner
Epsi-
lon
ε

Der ERMETH-Magnettrommelspeicher – Ambrosius Speiser erinnert sich

„...etwas, das uns wirklich Sorgen gemacht hat, das uns gelegentlich den Schlaf gekostet hat. Es ist eindeutig die Magnettrommel, der Speicher. Das war ein sehr schwieriges, gleichzeitig mechanisches und elektrisches und elektronisches Problem. Das ist eine Trommel, die rotiert mit 6000 Umdrehungen pro Minute. Die Magnetköpfe sind nur ein hundertstel Millimeter von der Oberfläche der Trommel entfernt. Also, die geringste Wärmeausdehnung würde dazu führen, dass die Magnetköpfe berühren und verkratzen und die Oberfläche beschädigen. Wir haben es glücklicherweise gelöst, aber es hat uns ziemlich viel Kopfzerbrechen bereitet. ... Wenn ich jetzt ... die Ermeth anschaue, und im Besondern die Magnettrommel, so muss ich mir sagen, ich verstehe nicht ganz, dass wir das gewagt haben. ... Es bestand ein gewisses Risiko, dass es ein Fiasko wird, und zwar das Ganze. Dann wären wir gegenüber dem Geldgeber dagestanden, der uns gegen eine Million Franken gegeben hat, und das Ergebnis ist fast Null. Aber damals, in diesem Alter, da war ich noch nicht 30 Jahre alt, und da ist man eben etwas sorgloser."



Ambrosius Speiser (1922 – 2003)

- Studium der Elektrotechnik an der ETH
- 1950 Dissertation bei Eduard Stiefel
  - *Entwurf eines elektronischen Rechengerätes unter besonderer Berücksichtigung der Erfordernis eines minimalen Materialaufwandes bei gegebener mathematischer Leistungsfähigkeit*
- Technische Leitung der ERMETH-Entwicklung
- Gründungsdirektor (1955) des IBM-Forschungslabors in Rüschlikon
- Gründungsdirektor (1966) des Forschungszentrums von Brown, Boveri & Cie. (später: ABB) in Dättwil bei Baden
- 1986 Ehrendoktorwürde der ETH Zürich

Ambrosius Speiser: Lebenslauf (aus der Dissertation)

Ich wurde am 15. November 1922 in Basel geboren; mein Vater war damals Inhaber eines Import- und Exportgeschäftes in London, wo ich die ersten 9 Jahre meines Lebens verbrachte und die ersten Schuljahre absolvierte. 1931 siedelten meine Eltern nach Baden über. Dort besuchte ich die Primarschule und die Bezirksschule, und anschliessend die Aargauische Kantonsschule in Aarau, an welcher ich 1942 die Maturität (Typus B) erwarb.

In den folgenden 2 1/2 Jahren leistete ich Militärdienst und avancierte zum Leutnant der Fliegerabwehrtruppe; ferner studierte ich ein Semester an der Universität Zürich Mathematik und Physik. 1944 immatrikulierte ich mich an der Abteilung IIIb der Eidgenössischen Technischen Hochschule, wo ich den normalen Studiengang ohne Unterbruch absolvierte und Ende 1948 das Diplom als Elektro-Ingenieur erhielt. Während des Studiums befasste ich mich zu Hause viel mit Versuchen auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik; unter Anderem konstruierte und betrieb ich eine Kurzwellen- Sende- und -Empfangs-Station. Ausserdem studierte ich das Gebiet der elektrischen Rechenhilfsmittel gründlich; das Thema meiner Diplomarbeit entstammte diesem Gebiet.

1947 und 1948 verbrachte ich je zwei Monate in England, um mich über ausländische Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronik und der elektrischen Rechenhilfsmittel zu orientieren. Das Jahr 1949 verbrachte ich in den Vereinigten Staaten mit dem besonderen Zweck der Ausbildung im Bau programmgesteuerter Rechenautomaten. Dies geschah vornehmlich an der Columbia University (New York), der Harvard University (Cambridge) und dem Institute for Advanced Study (Princeton, New Jersey); doch besuchte ich auch an verschiedenen andern Orten Persönlichkeiten und Betriebe.

Seit Januar 1950 bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für angewandte Mathematik der E.T.H. beschäftigt; neben anderen Arbeiten beendete ich in dieser Zeit meine Promotionsarbeit, zu welcher mir Herr Professor Stiefel zu Beginn meines Amerika-Aufenthaltes das Thema gegeben hatte.

Zürich, 2. Juni 1950

Ambrosius Speiser

Speiser an der „coding box“ des Mark III-Computers in Harvard.

The “coding box” consists of a six by ten foot panel of over 200 keys, each with a number or mathematical symbol on it. Using the keyboard with its familiar symbols, a mathematician can record on a magnetic tape all the commands the machine needs to solve his problem. Essentially, he “copies” his equations on the keys of the coding machine. By means of the “coding box,” an operator can feed a problem into Mark III in a fraction of the time required by Mark II and any other calculating machines in use at the present time. *The Harvard Crimson, Sep. 26, 1949*

„Coding box“ oft „Chiffriermaschine“ auf Deutsch. „Übrigens hatte der deutsche Ingenieur K. Zuse auf seiner im Jahre 1945 fertigen programmgesteuerten Maschine bereits ein ähnliches Planfertigungsgerät.“ [Rutishauser]

Ist die Informatik in der Schweiz verschlafen worden?

„Es ist eine Tatsache, dass die grosse Bedeutung der kommerziellen Datenverarbeitung als Lehr- und Forschungsgebiet nicht erkannt wurde, und zwar nicht nur in ihren Anfängen, sondern auch noch zu einer Zeit, als ihr Umfang jenen des wissenschaftlichen Rechnens weit hinter sich gelassen hatte. Der Computer wurde nur als Instrument für technisch-wissenschaftliche Berechnungen und, schwergewichtig, für die Forschung in numerischer Mathematik gesehen. Tatsächlich dauerte es viel zu lange, bis man bereit war, die Informatik als ein Lehr- und Forschungsgebiet anzuerkennen, das wirklich alle Anwendungen der Computer einschliesst. Angesichts der grossen praktischen Bedeutung des Gebietes haben diese Vorgänge erhebliche Nachteile auf der gesamtschweizerischen Ebene zur Folge gehabt. Aus dieser Sicht hat der Vorwurf, die Informatik sei verschlafen worden, leider seine Berechtigung.“

Ambrosius Speiser: 95 Semester ETH – der Weg zur Informatik, ETH Zürich, 1992

ERMETH: Ein lokales Projekt ohne Ausstrahlung?

„Dem ERMETH-Team ist es nicht gelungen, den lokalen Rahmen zu sprengen: Die gewonnenen Erkenntnisse wurden kaum generalisiert und diffundiert. Das Wissen blieb lokal und an konkrete Personen gebunden. Im Gegensatz etwa zur IAS-Maschine von John von Neumann, bei der eine gezielte Publikations-politik verfolgt wurde mit dem Ziel, die Computerentwicklung in eine bestimmte Richtung zu lenken, blieb die ERMETH ein lokales Projekt, das gegen aussen hin wenig Ausstrahlung hatte. Ais man, um ein Beispiel zu erwähnen, an der Ecole d'ingénieur, dem Vorläufer der ETH Lausanne, beschloss, sich Kompe-tenzen im Bereich des ‚automatischen Rechnens' zu beschaffen und eventuell selber eine Maschine zu kaufen, wurde der Emissär nicht etwa nach Zürich geschickt, sondern nach England zu Maurice Wilkes und nach Frankreich zu Louis Couffignal. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in Hinblick auf die Industrie. Obschon intendiert, gelang es nicht, die ERMETH kommerziell zu verwerten."

Franco Furger, Bettina Heintz: Wahlfreiheiten – Frühe Computerentwicklung am Beispiel der Schweiz. In: Sozialgeschichte der Informatik. Springer (Deutscher Universitätsverlag), 1998. S. 231-253.

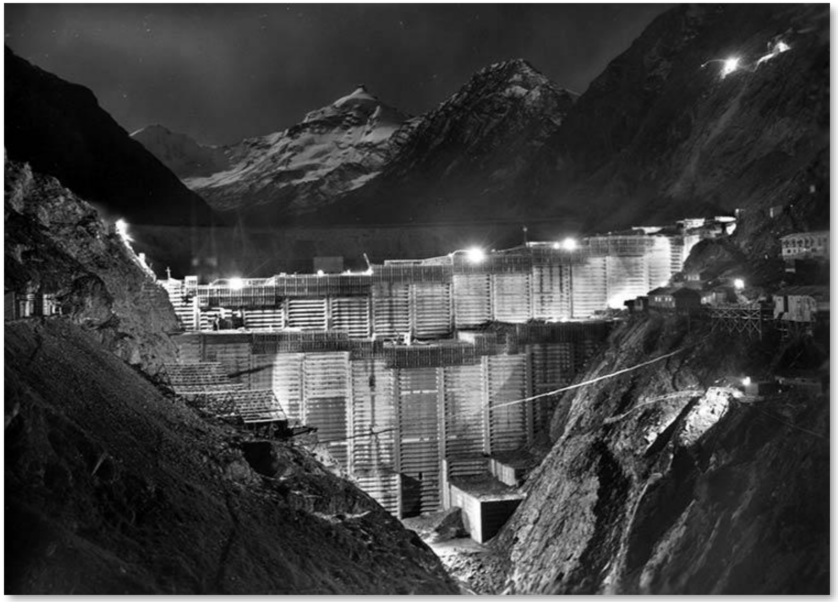
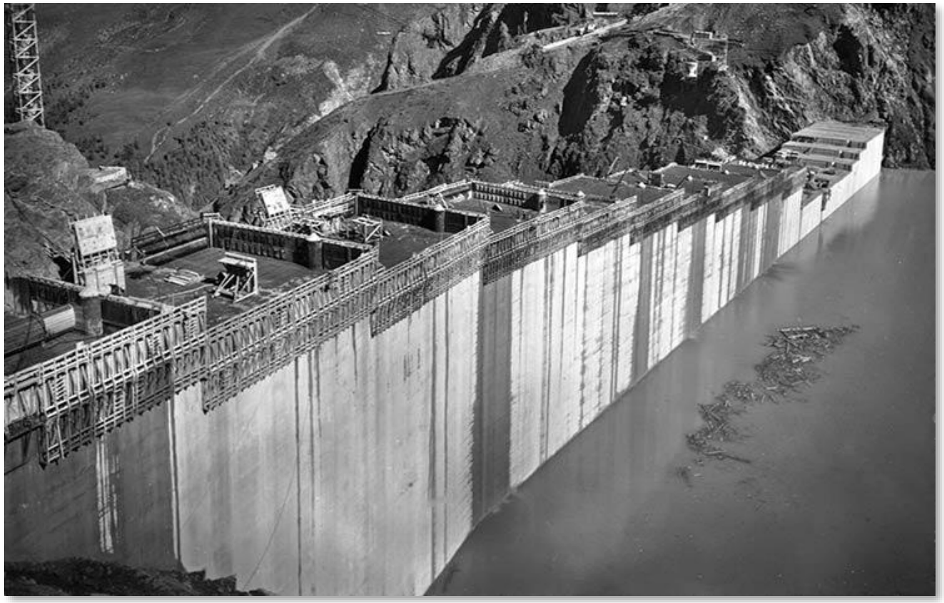
Informatik-Innovationen aus der Schweiz

Gregor Henger, NZZ vom 11. Januar 2008 [Auszug]

Grande-Dixence-Staumauer im Wallis, 1962 (Bild: ETH-Bibliothek)

Die Informatik in der Schweiz verdankt ihre Geburt und frühe Blüte vor allem der Weitsicht und Tatkraft des Mathematikprofessors Eduard Stiefel. Dieser gründete 1948 das Institut für angewandte Mathematik der ETH. Er beschaffte 1950 aus dem kriegsverwüsteten Deutschland mietweise die in einem Pferdestall eingelagerte, mit elektromechanischen Relais funktionierende Rechenanlage Z4 des Computerpioniers Konrad Zuse und engagierte ihn als Berater. Zuvor hatte Stiefel seine Assistenten, den Mathematiker Heinz Rutishauser und den Elektroingenieur Ambros Speiser, auf mehrmonatige Erkundungsreise in die USA geschickt, wo diese sich frühe Computer anschauten.

Durch den Handstreich Stiefels wurde die ETH zur ersten Hochschule auf dem europäischen Kontinent, in der ein Computer zum Einsatz kam. Trotz der vergleichsweise geringen Rechengeschwindigkeit der Z4 war die technische und wissenschaftliche Ausbeute des Z4-Betriebs gross. Die Maschine wurde zu Berechnungen für die Statik der Staumauer der Grande Dixence

Bau der Staumauer der Grande Dixence zwischen 1951 und 1965; mit einer Höhe von 295 m war dies damals die höchste Staumauer der Welt. *(Bild: www.atlasofplaces.com/architecture/barrage-de-la-grande-dixence/)*

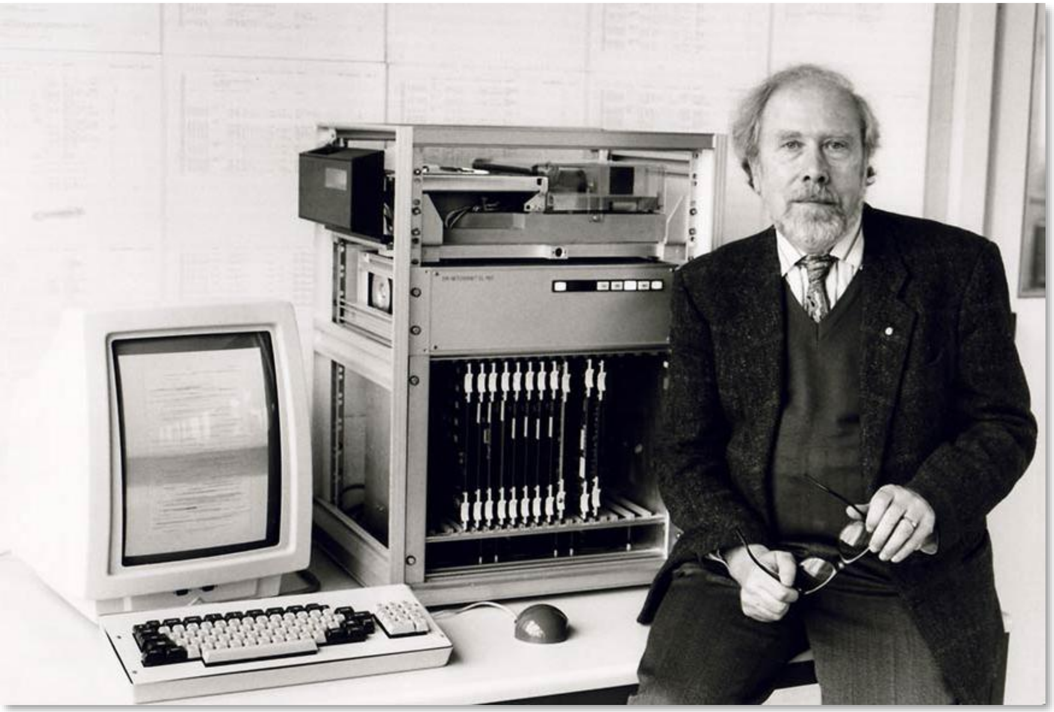
im Wallis und für Eisenbahnbrücken verwendet, zur Bestimmung kritischer Wellendrehzahlen für Turbinen und Generatoren in Kraftwerken sowie zur Analyse von Flattererscheinungen an den Flügeln im später abgebrochenen P-16-Projekt zum Bau eines schweizerischen Düsenjägers.

Die wissenschaftliche Z4-Ausbeute erlangte internationale Ausstrahlung. Heinz Rutishauser erarbeitete an der Z4 das Konzept des Compilers, einer Schlüsselkomponente beim Einsatz aller höheren Programmiersprachen. Stiefel erfand eine Näherungsmethode zur Lösung von Gleichungssystemen, deren theoretisch genaue Berechnung infolge hohen Aufwands vorher gar nicht versucht worden war. Und Rutishauser ergriff die Initiative zur Entwicklung der wissenschaftlich-technischen Programmiersprache Algol, deren erste Version an einer internationalen Konferenz 1958 an der ETH in Zürich verabschiedet wurde.

Stiefel war auch die treibende Kraft hinter dem 1955 begonnenen Eigenbau der legendären Ermeth, der elektronischen Rechenmaschine der ETH. Rutishauser entwickelte die Ermeth-Arithmetik, während Speiser als technischer Verantwortlicher die Architektur konzipierte und den Bau der Maschine leitete. Er wurde 1957, noch vor der endgültigen Fertigstellung der Ermeth, zum Gründungsdirektor des ersten nichtamerikanischen IBM-Forschungslabors berufen. […]

Der Schweizer Jagdbomber P-16, 1955 (Bild: ETH-Bibliothek)

1968 wurde Niklaus Wirth als Professor für Computerwissenschaft an die ETH berufen. Schon zwei Jahre später präsentierte er die Programmiersprache Pascal. Sie erreichte bald weltweite Popularität. Bei einem Forschungsaufenthalt im Palo Alto Research Center (PARC) von Xerox lernte Wirth die dort entwickelte Alto-Arbeitsstation kennen, die über eine grafische Benutzeroberfläche verfügte und netzwerkfähig war. Er beschloss, diese zukunftsträchtigen Errungenschaften im Rahmen eines Forschungsprojekts am Institut für Computersysteme aufzugreifen. Das Lilith genannte Projekt begann 1977. Wirth und seine Forschungsgruppe bauten die Hardware und programmierten die gesamte Arbeitsstation – den Mikrocode des Prozessors, das Betriebssystem sowie Anwendungsprogramme – durchgängig in der auf Pascal beruhenden Programmiersprache Modula-2. Dazu wurde am Institut für Computersysteme das erste Ethernet-Lokalnetz der Schweiz installiert. […]



Niklaus Wirth (15.2.1934 – 1.1.2024) mit seiner Lilith-Workstation

(Bild: https://inf.ethz.ch/department/history/emeriti-voices.html)

Nach mehreren vergeblichen Vorstössen gelang es Wirth und seinen Professorenkollegen von der Fachgruppe der Computerwissenschaften 1981 endlich, die ETH-Schulleitung zur Einrichtung eines regulären Studiengangs für Informatik mit einem Diplomabschluss zu bewegen. Zuvor war ein Nebenfach-Programmierunterricht auf verschiedene Fachrichtungen verteilt. Die neugeschaffene Abteilung zog schnell zahlreiche Studierende an und wurde innerhalb weniger Jahre zum Departement Informatik ausgebaut. […]

Im Lauf seiner langen Tätigkeit an der ETH hatte Wirth höchste akademische Ehren erlangt, er erhielt 1984 den als Informatik-Nobelpreis geltenden Turing Award und 1988 den Computer Pioneer Award des amerikanischen Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE) sowie später eine lange Reihe von Ehrendoktortiteln. […]

Whereas Europeans generally pronounce my name the right way ('Ni-klows Wirt'), Americans invariably mangle it into 'Nick-les Worth'. This is to say that Europeans call me by name, but Americans call me by value. -- Niklaus Wirth

ETH in den 1950ern – Heinz Waldburger erinnert sich

Quelle: Herbert Bruderer: Konrad Zuse und die Schweiz. Oldenbourg-Verlag, 2012

- Heinz Waldburger (1928 – 2015): Studium an der ETH, ab 1953 Hilfsassistent von Rutishauser und Stiefel, später Informatikchef der Firma Nestlé
  - Verfasste 1960 die *Gebrauchsanleitung für die ERMETH*
- „Im ETH-Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters 1952 wurde angekündigt: *Praktikum an der programmgesteuerten Rechenmaschine Z4 (Zuse) am Institut für angewandte Mathematik. Prof. Stiefel, Dr. Rutishauser, Dr. Speiser.*"
- „Meine Vorlesungsnotizen zeigen, dass Stiefel nicht in Erscheinung trat. Rutishausers 56 Seiten betrafen die folgenden Themen: Struktur einer programmgesteuerten Rechenmaschine, externes Rechenprogramm, Rechenbefehle, Flussdiagramm, numerische Anwendungen, sauber strukturiertes Programmieren, Rechnen mit Befehlen. Hinzu kamen die 16 Seiten der *Bedienungsanweisung Z4.* […] Die 20 Seiten Notizen zu Speisers Vorträgen erklärten das Funktionieren von elektrischen und elektronischen digitalen Schaltungen und deren Kombinationen für die Rechen- und Datenübertragungsfunktionen…"

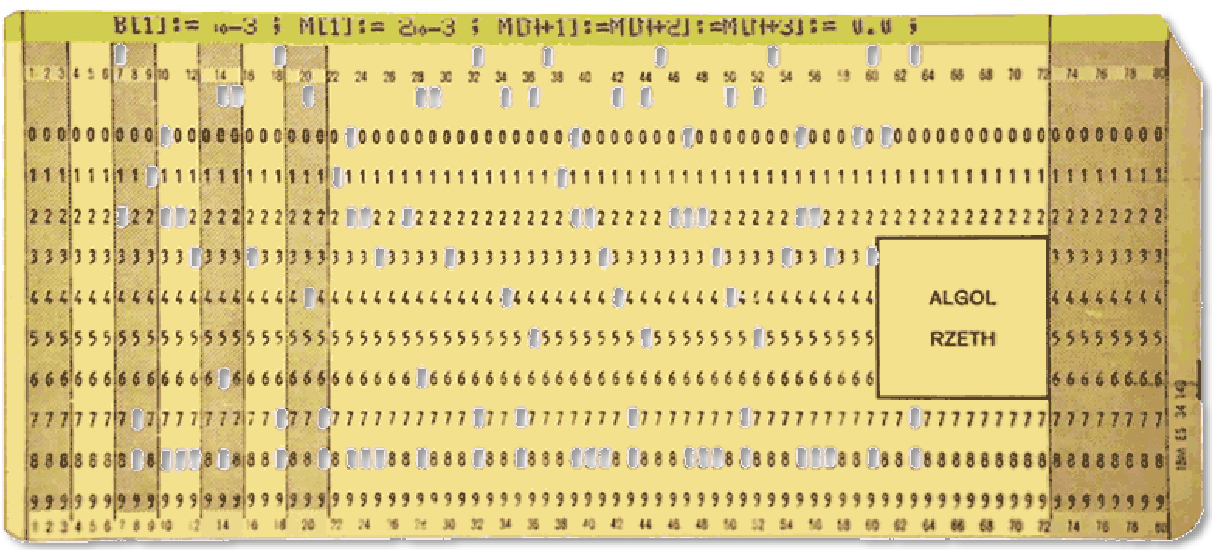
ETH in den 1950ern – Heinz Waldburger erinnert sich

- „Das Wechselbad von Theorie und Praxis an der ETH war äusserst anregend. Rutishauser war dabei ein echter Meister, zurückhaltend, zusammenführend, stets hilfsbereit. Zuses geniale Erfindungen und sein einzigartiger Rechenautomat liessen an der ETH dank Stiefel, Rutishauser und Speiser eine eigenständige schweizerische Informatikkultur wachsen.
- Die Studierenden in den ersten Z4- und ERMETH-Jahren waren sich wohl nicht bewusst, dass meines Wissens 1952 in Zürich die erste Informatikvorlesung auf dem europäischen Kontinent stattfand."
- Nicht die beim Bau von Prozessoren und Magnetspeichern erworbenen technischen Kenntnisse überlebten, sondern Rutishausers Programmiergrundsätze. Sie flossen in die von ihm geschaffene Programmiersprache Algol ein.

Im Sommersemester 1954 hielt Rutishauser dann eine zweistündige Lehrveranstaltung „Einführung in die Praxis des programmgesteuerten Rechnens", im Wintersemester 1955/56 eine zweistündige Lehrveranstaltung „Programmgesteuertes Rechnen". Zum Weiterlesen der Geschichte der Computer und der Informatik an der ETH Zürich: Andreas Nef, Tobias Wildi: *Informatik an der ETH Zürich 1948–1981*, Preprints zur Kulturgeschichte der Technik / 2007 / 21, ETH Zürich, Institut für Geschichte / Technikgeschichte. Auch in: Peter Haber (Hrsg.): *Computergeschichte Schweiz – eine Bestandesaufnahme*, Zürich, 2009.
www.tg.ethz.ch/dokumente/pdf_Preprints/Preprint21.pdf

Wie es nach der ERMETH weiterging: Das ETH-Rechenzentrum

Ende der 1950er-Jahre stiess die Rechenkapazität der ERMETH an ihre Grenzen. Als verschiedene ETH-Institute Anträge zum Kauf eigener Computer stellten, wurde es nötig, den Computerbetrieb an der ETH neu zu gestalten. Im Mai 1963 gründete die ETH ein Rechenzentrum, die die Bedarfe zusammenfassen sollte, denn „Doppelspurigkeiten und anderweitig ungerechtfertigte Anschaffungen sind unbedingt zu vermeiden“, wie ein Schulratsprotokoll schon 1959 vermeldete. Der Anstoss dazu kam vom Leiter des Instituts für angewandte Mathematik, Prof. Stiefel, der als Vorsitzender der technischen Kommission für Rechengeräte an der ETH agierte. Die Betreuung der Rechenanlage und ihrer Benutzer oblag fortan nicht mehr dem Institut für Angewandte Mathematik, sondern dem neu geschaffenen Rechenzentrum, dessen erster Leiter Alfred Schai wurde, der schon am ERMETH-Projekt beteiligt war.

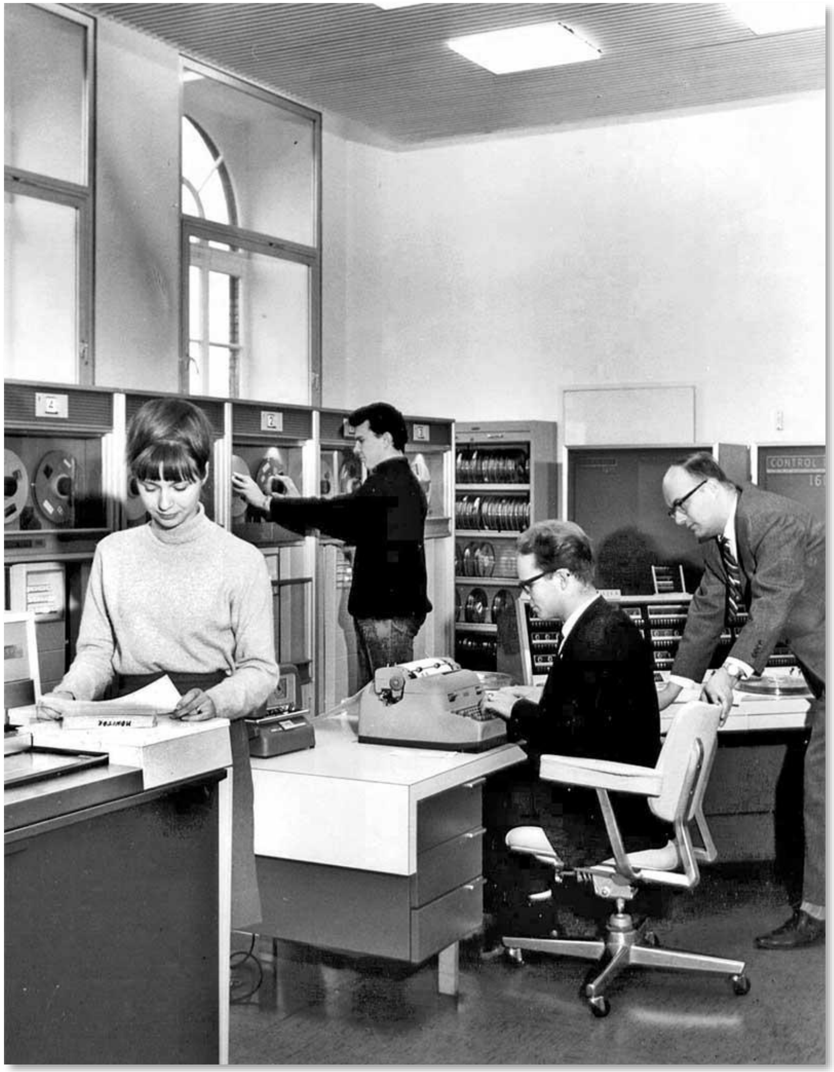


Algol-Lochkarte des ETH-Rechenzentrums

Amtssprache des RZ-ETH ist die Formelsprache „ALGOL“. Übungsarbeiten der Studierenden werden in „ALGOL“ geschrieben und von der Rechenanlage automatisch korrigiert.
-- Schweiz. Bauzeitung, 30.9.1967

Das ETH-Rechenzentrum (2)

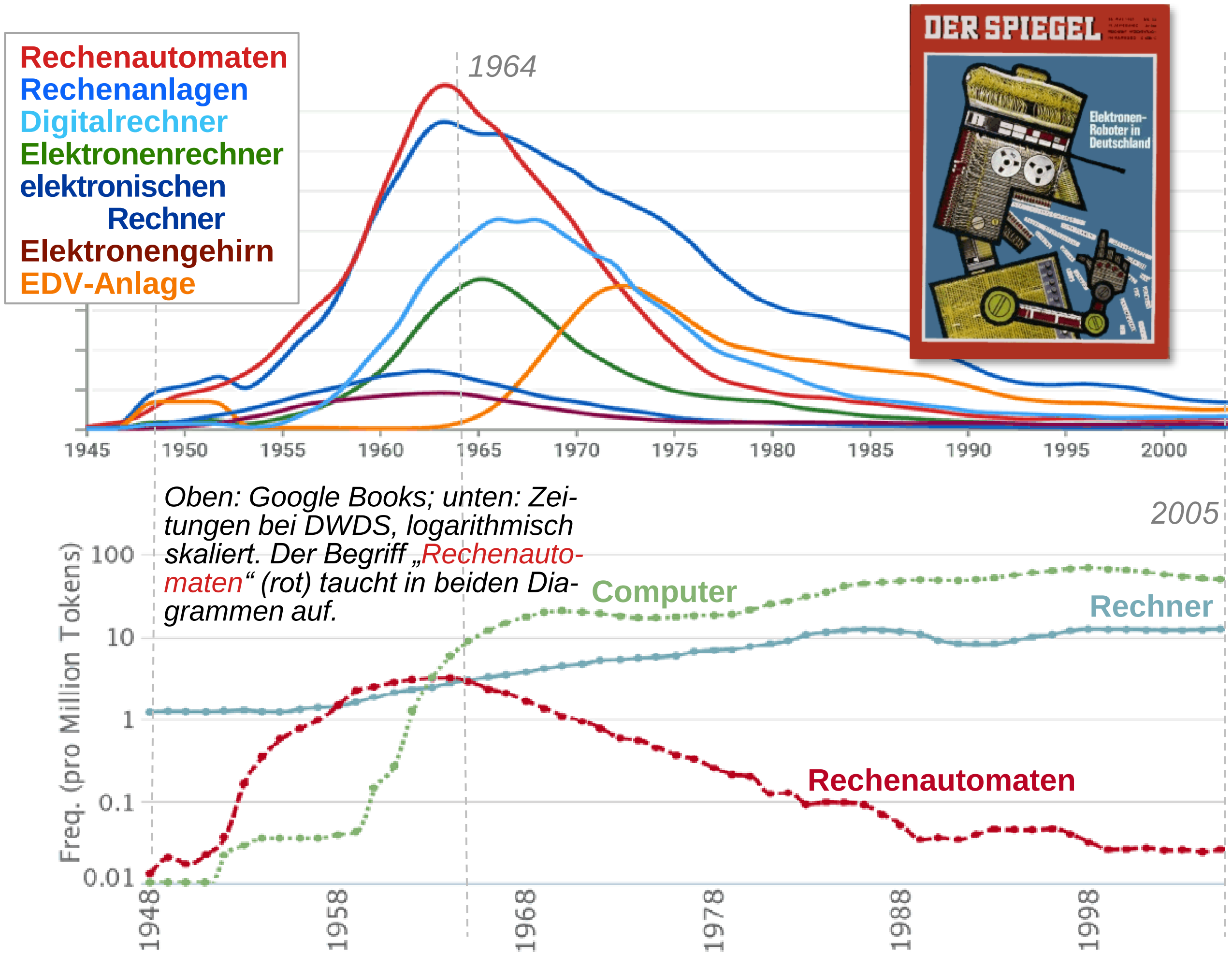
1964 wurde mit einer vier Millionen Franken teuren CDC 1604A von Control Data der erste kommerzielle Computer an der ETH installiert, im gleichen ehemaligen Zeichensaal des Hauptgebäudes, wo zuvor die ERMETH ihre Dienste geleistet hatte. Mit ein Grund für die Wahl der CDC 1604A war der sehr leistungsfähige Algol-Compiler der Maschine. Alfred Schai schrieb dazu: „Die ersten Betriebsjahre des RZETH standen ganz im Zeichen der Programmiersprache Algol 60, an deren Entwicklung die ETH mit H. Rutishauser massgebend beteiligt war. [...] Für die meisten an dieser Sprachentwicklung nicht direkt Beteiligten gestaltete sich das Aneignen dieser Sprache als recht mühsam. Mit speziellen Algolprogrammierkursen und mit der Aufnahme des Programmierens in die Lehrpläne sowie vereinfachter Darstellung der Algolsyntax mit Syntaxdiagrammen versuchte man Algol 60 in den Griff zu bekommen. Das gelang in der Folge recht gut, und bald erkannte und schätzte man ihre Qualitäten für Numerik, Programmiermethodik und Compilertechnik.“ Mit der CDC wurde auch an der ETH das Wort „Computer“ salonfähig, vorher sprach man von „programmierbaren Rechnern“ oder „Rechenautomaten“.



Eine CDC 1604A, ca. 1965 (hier allerdings im Rechenzentrum der TH Hannover)

En passant: Die 1000 Namen des Computers

Ein richtig dressierter Computer arbeitet nach dem Funktionsmodell des menschlichen Gehirns, nur zuverlässiger. -- Der Spiegel 22/1965



Oben: Google Books; unten: Zeitungen bei DWDS, logarithmisch skaliert. Der Begriff „Rechenautomaten“ (rot) taucht in beiden Diagrammen auf.

Eine Textprobe aus dem Spiegel-Artikel: *„Acht Magnetbandspulen rotieren hektisch, füttern den Rechenroboter der Hamburger Esso AG mit Denkstoff. Aber der, koffergroßes Drahtgespinst im blauen Blechspind, berechnet noch nichts. Er übersetzt erst die Kodeschrift der Magnetbänder in sein eigenes Zahlen-Chinesisch [...] Dann stehen die rasenden Spulen plötzlich still, weil der elektronische Angestellte nun alles weiß, was er wissen muß. Er beginnt zu rechnen.“*

Ab 1964 scheint „Computer“ die anderen Bezeichnungen zu dominieren; analysiert man die Rohdaten genauer, ergibt sich dafür bei Google Books das Jahr 1965, bei DWDS das Jahr 1963.

Im deutschen Wochenmagazin „Der Spiegel“ wird der Begriff „Computer“ erstmalig 1965 erwähnt; in einer Titelgeschichte „Elektronen-Roboter“ (22/1965) dann aber mit einer Vielzahl von Synonymen umschrieben: *Elektronenrechner, Drahtgehirn, Rechenroboter, Drahtgespinst, Roboter, Rechner, elektronischer Buchhalter, Elektronenwunder, Datenverarbeiter, Blitzrechner, elektronischer Prophet, Datenrechner, Denkmaschine, Stromgehirn, Rechenungetüm, Elektronenroboter, Drahtkasten, Rechensystem, Denk-Elektronik, Drahtmaschine,…*

Beim „Verein Deutsche Sprache“ hiess es 2007: „Der sinnvolle Einsatz eingebürgerter Fremdwörter wird akzeptiert. So würde niemand auf den Gedanken kommen, den Computer einzudeutschen oder aus dem Benzin-Motor einen Viertakt-Zerknall-Treibling zu machen.“

Das ETH-Rechenzentrum (3)

Der Neubau für ein Rechenzentrum (RZ-ETH) an der Clausiusstrasse / Zehnderweg bildete ein Begehren, welches in der Botschaft vom 28.2.1964 den Räten unterbreitet wurde. Für den Neubau hat der Bund am 3 6.1964 einen Kredit von 12,998 Mio Franken eingeräumt. [Arch. Walter Custer u. Mitarbeit.]

Obwohl die CDC 1604A rund 400-mal leistungsfähiger als die ERMETH war, musste nach einem halbjährigen Einschichtbetrieb auf den Zweischichtbetrieb übergegangen werden. Die Benutzung der Anlage, vor allem durch die Chemie und die Reaktorforschung, entwickelte sich zwischen 1964 und 1966 derart stürmisch, dass die Anlage bereits nach zwei Betriebsjahren vollkommen überlastet war. Das Rechenzentrum erhielt Anfang der 1970er-Jahre nicht nur ein neues eigenständiges Gebäude in der Clausiusstrasse, sondern auch einen neuen „Riesencomputer“, ein CDC 6400/6500-Doppelsystem.

1971: Das Rechenzentrum in der Clausiussstrasse

Am Ende der 1960er-Jahre kam die „Time Sharing“-Technik auf. Das Schulratsprotokoll vom 4.2.1967 vermerkt dazu: „Dieses Prinzip der Computer-Benützung wird als der eigentliche Sprung nach vorn bezeichnet und es wird der Erwartung Ausdruck gegeben, dass die durch Time Sharing gewährleistete Benützung des Computers als Diskussionspartner bei der Ausarbeitung von wissenschaftlichen Theorien und technischen Entwürfen von grösstem Einfluss auf Wissenschaft und Technik sein wird. Das Prinzip besteht, einfach ausgedrückt, darin, dass an einen zentralen Computer die Benützer dezentralisiert, durch Telefon- oder Drahtleitungen, verbunden sind. Jeder Benützer hat praktisch sofortigen Zugang zur Anlage und die Resultate werden ihm praktisch ohne jeden Zeitverlust geliefert.“

Das ETH-Rechenzentrum (4)

„Beim Aufbau… kommt das Gewirr der unzähligen Drähte zu Tage. Der Geist und die ordnende Hand des Menschen schufen dieses technische Wunderwerk, eine elektronische Großrechenanlage. Magnetbänder, flackernde Kontrolllampen, Drähte und Röhren – sie bedeuten im einzelnen nichts – in der genialen Konstruktion vereinigt und sinnvoll gesteuert sind sie jedoch heute die unentbehrlichen Helfer der Wirtschaft, Wissenschaft und Technik.“

[Aus der Festschrift zur Eröffnung des Postscheckamtes Hamburg, 1961]

1970: Aufbau des CDC 6400/6500-Computers von Control Data im neuen Rechenzentrumsgebäude („RZ“) in der Clausiussstrasse 59

(Bild: ETH-Bibliothek)

Das ETH-Rechenzentrum (5)

„Sie müssen sich vorstellen, dass Sie einen Bahnhof für die erste Eisenbahn zu bauen hätten, von dem in absehbarer Zeit auch Düsenflugzeuge starten müssen.“ – Mathematikprofessor Hubert Cremer (RWTH) zum Architekten des Aachener Rechenzentrums.

Allerdings war die Realisierung von Time Sharing komplizierter als gedacht. Rechenzentrumsleiter Alfred Schai schreibt rückblickend dazu: „Das Betriebssystem gestattete zwar diese Betriebsart; die Zuverlässigkeit und Beeinträchtigung der gesamten Systemleistung aber waren so schlecht, dass die Computerkommission im April 1971 beschloss, ein eigenes, nicht voll-interaktives, aber effizientes Konsolesystem in Betrieb zu nehmen.“

Im Erdgeschoss des Gebäudes befand sich der Computerraum mit einer Empore als Besuchergalerie

Das ETH-Rechenzentrum (6)

„Programme auf Lochkarten gestanzt, im Rechenzentrum abgegeben und nach ein bis zwei Tagen ein Resultat oder aber eine Fehlermeldung auf einem Stück Endlospapier zurück erhalten." -- Thomas Ottmann

Kundenbetrieb im „Lochkartenraum" des Rechenzentrums (vgl. heute Hörsaal F 21)

Seit 1964 wurden an der ETH Teile der Studentenadministration automatisiert. Die Rechenzentrumscomputer wurden nun nicht mehr nur für Forschungszwecke, sondern auch für administrative Aufgaben genutzt. Zunächst erfolgte die Automatisierung der Prüfungspläne. In einem Schulratsprotokoll von 1966 wird vermerkt: „Da und dort wurde der Wunsch geäussert, zwischen zwei Prüfungen sollten zwei prüfungsfreie Tage eingeschoben werden, was jedoch nach der neuen Regelung weniger leicht realisierbar ist als früher, bei Aufstellung der Prüfungspläne durch den Computer kann nicht allen Wünschen entsprochen werden." Das ETH-Rechenzentrum sah seine Aufgabe damals nicht nur im Betrieb der Computer, sondern bot den Nutzern auch Dienstleistungen an. Dazu gehören die Syntaxfehler-Suche („der Kunde darf, zu den angegebenen Zeiten, die RZ-Beratung beanspruchen, wenn er Schwierigkeiten beim Auffinden und Beheben von Fehlern hat"), die System-Beratung („Arbeiten mit Magnetbändern, Lochstreifen, Permanent-Files und Intercom"), die Numerische Beratung („die Beratergruppe der Fachgruppe für Computer-Wissenschaften nimmt sich der numerischen Probleme der Kunden an und hilft ihnen mit Hinweisen auf bessere numerische Lösungsmöglichkeiten beim Einsparen von Rechenzeit und beim Erreichen einer angemessenen numerischen Genauigkeit – sofern der Kunde die Ratschläge auch annimmt; ausser den numerischen Fragen behandeln die Herren aus dieser Beratungsgruppe auch sehr schwierige

Das ETH-Rechenzentrum (7)

und komplizierte Algol-Probleme“) sowie die Datenverarbeitende Beratung („alle Probleme, die mit der Verarbeitung von grossen Datenmengen in Zusammenhang stehen“). Generell werden die Ratsuchenden dann noch gebeten, „Nachsicht walten zu lassen, wenn ein Berater das Problem nicht gleich lösen kann, da die Berater weder Götter noch Halbgötter sind“.

Das Rechenzentrum als organisatorische Einheit wurde 1986 aufgelöst und in die neu gegründete Abteilung *Informatikdienste* überführt. Noch Jahrzehnte später stehen viele ETH-Server gut geschützt in den tiefen Kellerräumen des RZ.

CDC 6400 / 6500 des ETH-Rechenzentrums, ca. 1975

Das ETH-Rechenzentrum (8)

„Es war wie das Anwerfen eines Kraftwerks. Der doppelte Boden des Rechenzentrums erzitterte, brummende Ventilatoren wühlten die Luft auf, Magnetplatten sangen das hohe C. Ich drückte eine Taste, die mit IPL bezeichnet war: «Initial Program Load». Das Betriebssystem hob ab, Myriaden von Lämpchen tanzten rhythmisch flackernd auf der schwarzen Front der Maschine, die Konsolschreibmaschine hackte kryptischen Code. Hastig türmte ich Lochkarten auf Gleitschienen, mit trommelfeuerartigem Knattern verschwanden sie im Innern eines blauen Blechkastens, wurden hinten in ein Ablagefach gespuckt, ich schob weitere Kartenbündel nach, rote, grüne, blaue: Job-Control, Programm, Daten. Als der Schnelldrucker mit vibrierendem Kreischen eine Programmliste und Fehlermeldungen auf endloses Zebrapapier zu hämmern begann, sackte ich erschöpft in einen Sessel. [...] Schweissgebadet, doch erleichtert türmte ich nach meiner ersten Stunde an der /360 meine Lochkartenschachteln, Zebrapapierpakete und Plattenstapel und Magnetbänder auf einen Transportwagen. Ich zog den Krawattenknopf fest, alles war rund gelaufen, die Maschine war nicht in Flammen aufgegangen.“ – Zitat aus: Emil Zopfi, Als Computer noch Maschinen waren.

Wer erfand das Programmieren?

Noch mehr Historie: Die Erfindung des Programmierens

A program is just an empty page that needs to be de-bugged. -- Marvin Minsky

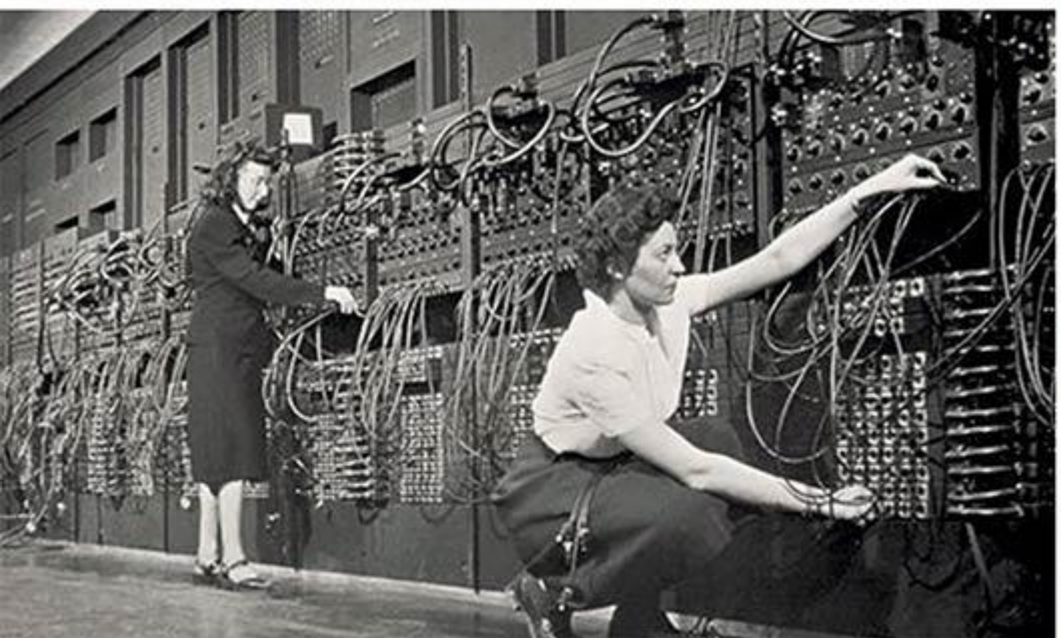
Was war das weltweit erste Computerprogramm und wer erstellte es? Dies hängt davon ab, was wir genau unter „Computer" verstehen wollen und was genau „programmieren" und „Programm" heissen soll. Sicherlich wurden die ersten elektromechanischen und elektronischen Computer der 1940er-Jahre bereits programmiert: Der von Konrad Zuse 1941 konstruierte elektromechanische Digitalrechner Z3 (ein Vorläufer des ab 1950 an der ETH Zürich verwendeten Z4-Computers) wurde über Lochstreifen programmiert, u.a. wurde seinerzeit ein Programm für die Berechnung einer komplexen Matrix geschrieben, das zur Berechnung von kritischen Flatterfrequenzen bei Flugzeugen verwendet wurde.

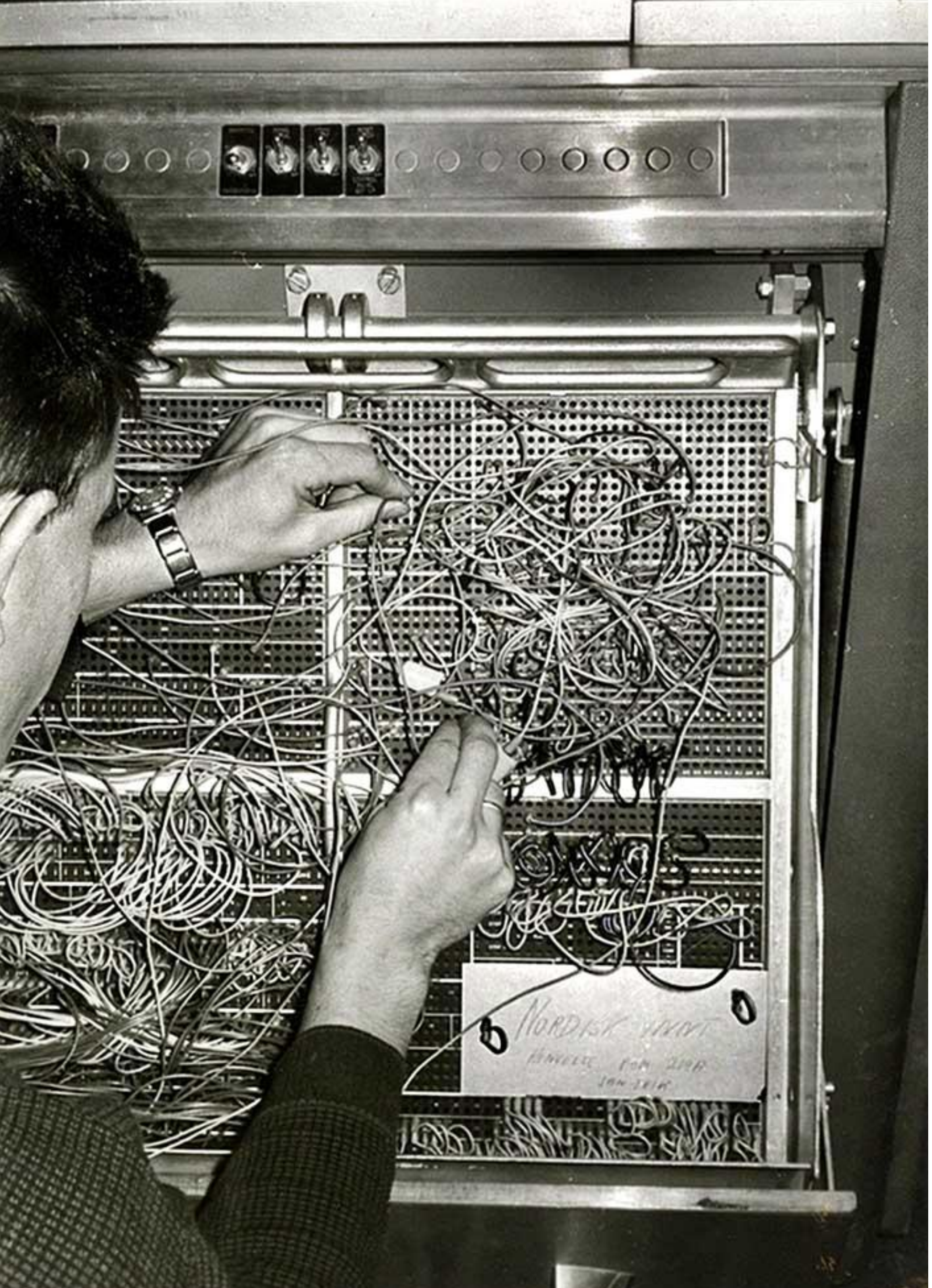
Die im Zweiten Weltkrieg entstandenen tonnenschweren und raumfüllenden elektromechanischen Rechner Colossus (Tommy Flowers, Grossbritannien, Spezialrechner zur Dechiffrierung von geheimen Funknachrichten des deutschen Militärs in Bletchley Park) und Mark I, früher ASCC – Automatic Sequence Controlled Calculator – genannt, (Howard Aiken, USA) waren ebenfalls programmierbar; Mark I mit Lochstreifen, Colossus nur teilweise und eingeschränkt durch Neuverkabelung.

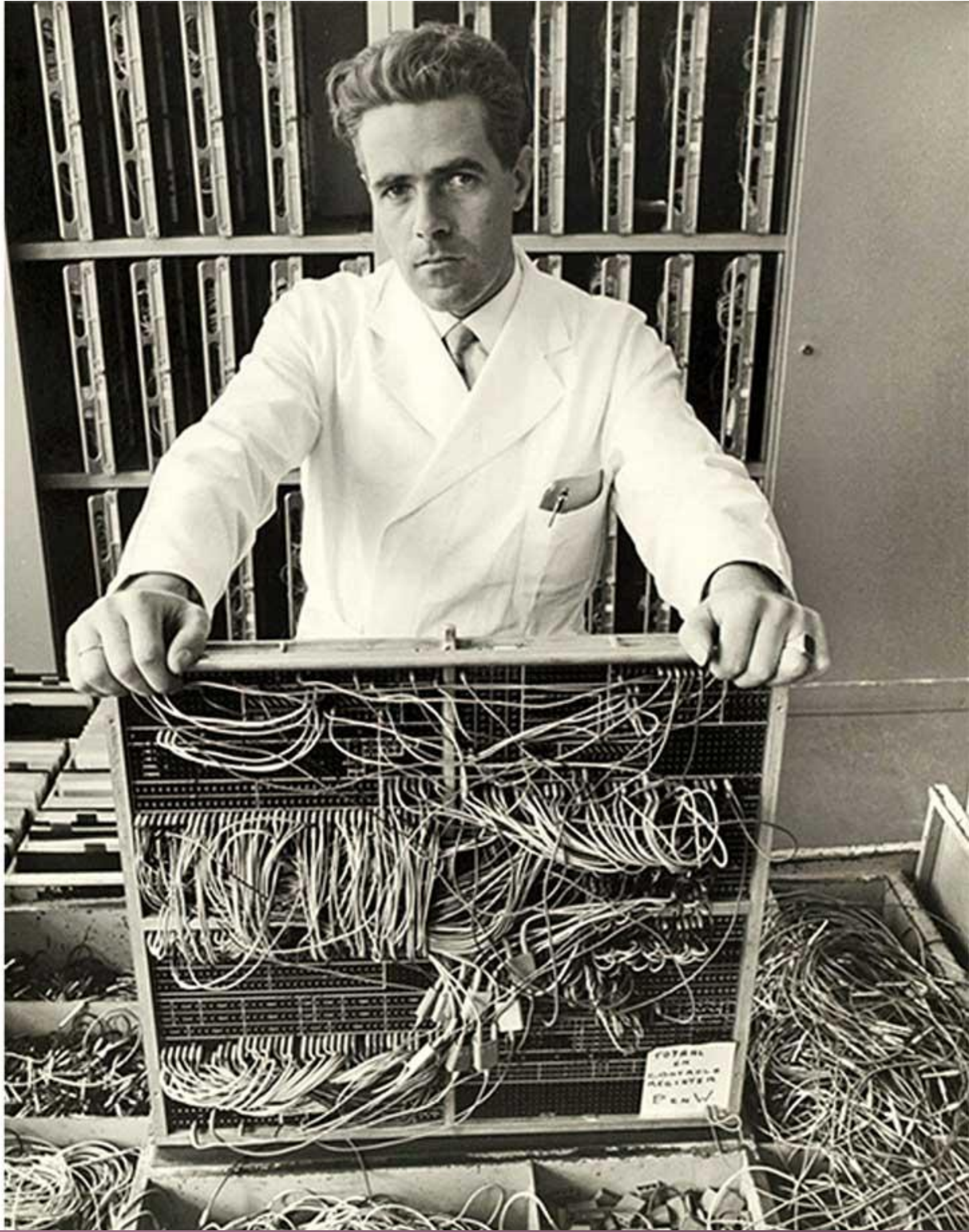
ENIAC („Electronic Numerical Integrator and Computer"), der erste rein elektronische Universalcomputer (USA, J. Presper Eckert und John W. Mauchly), der aber erst nach dem Zweiten Weltkrieg funktionsfähig war, war eher mühsam, durch teilweise Neuverkabelung und später durch den Austausch von „Steckbrettern" (in Form von Widerstandsmatrizen) programmierbar.

Programmierung mit Steckbrettern





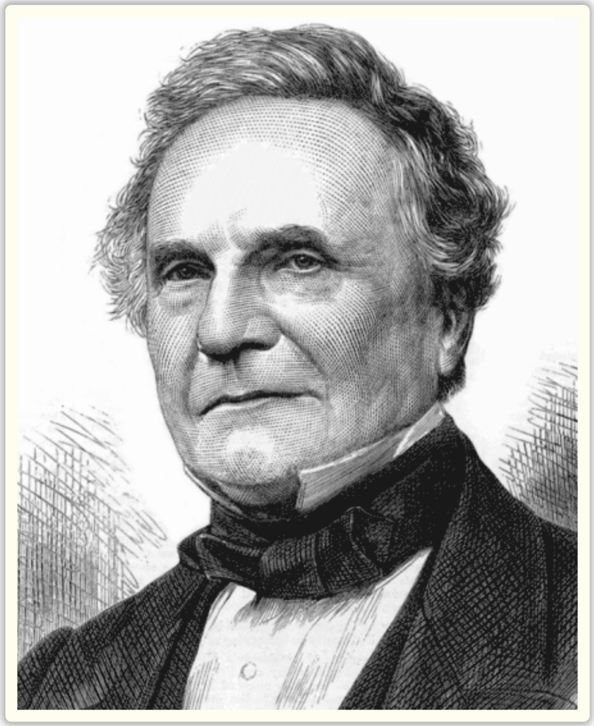


Erwartungsvolle Besichtigung eines Programms


Programmierung
mit Lochstreifen

Das allererste Computerprogramm? (1)

Nicht als Computerprogramm wollen wir Rechenverfahren auffassen (die seit Jahrhunderten in Rechenbüchern zu finden sind), auch nicht Rechenanweisungen an „Rechenknechte", die die Grundrechenarten schematisch auf vorgegebene Zahlen anwendeten, etwa zur Interpolation bei der arbeitsteiligen Erzeugung von Tafelwerken für Winkelfunktionen, Logarithmen sowie astronomische Berechnungen. Andererseits muss man zugeben, dass die weiter oben erwähnten Schablonen zur schematischen Berechnung von Fourier-Koeffizienten von 1930 durchaus konkrete, in einzelne Schritte aufgelöste Rechenbefehle an (menschliche) „Rechner" bzw. „Rechnerinnen" waren, mit denen eine nichttriviale Aufgabe gelöst wurde. Tabelliermaschinen von Hollerith bzw. IBM, die zur Datenverarbeitung mit Lochkarten dienten, konnten ab ca. 1928 über Schalttafeln (bzw. „Steckbretter" oder „plug boards") konfiguriert werden; dies mag man evtl. auch als „Programmieren" bezeichnen. Aber man assoziiert mit „Computerprogramm" heute sicherlich eher etwas, das einen Algorithmus beschreibt und vollautomatisch von einer Maschine ausgeführt wird.



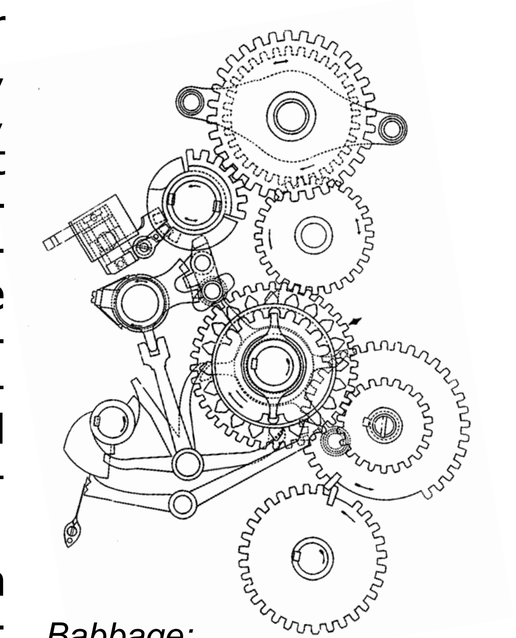
Interessant sind diesbezüglich Programme für die von Charles Babbage (1791 – 1871) ab Mitte der 1830er-Jahre konzipierte „Analytical Engine". Babbage war ein vielseitig interessierter, sehr geschäftiger Mathematiker und genialer Erfinder, zudem Philosoph, Geograph und Ökonom, aber auch ein eigensinniger Querulant und Misanthrop. („If your ideas are one hundred years in advance of your times, it is never easy to get your contemporaries to understand them; but Babbage clearly made matters far worse than they need have been by his intolerance, irascibility, vainness and unwillingness to compromise" urteilte Henry Turner über ihn.)

Das allererste Computerprogramm? (2)

Über den Beginn seiner Arbeit an Rechenautomaten berichtete Babbage in seiner Autobiographie: „Die Idee, dass es möglich sein müsste, Tabellen maschinell zu errechnen, kam mir, soweit ich mich erinnere, erstmals im Jahre 1820 oder 1821. Sie verdankte sich folgender Situation: Die Astronomical Society hatte für die Ausarbeitung bestimmter Tafeln eine Kommission ernannt, die aus Sir J. Herschel und mir bestand. Wir hatten uns auf die passenden Formeln geeinigt und sie zwei im Rechnen geübten Leuten übergeben, um die Berechnungen durchführen zu lassen. Eines Abends trafen wir uns, um die errechneten Tabellen zu vergleichen, und da wir viele Unstimmigkeiten fanden, äusserte ich gegenüber meinem Freund, dass ich wünschte, es gäbe ein dampfgetriebenes Rechnen, worauf er mir beipflichtete und meinte, so etwas liege durchaus im Bereich des Möglichen."

Babbage versuchte sich zunächst an einer einfacheren Maschine, der „Difference Engine". Diese war noch nicht allgemein programmierbar, sondern spezialisiert auf die Erstellung von Tafeln für Logarithmen, trigonometrische Funktionen etc. Das Prinzip der Maschine beruht auf dem Faktum, dass ein Polynom n-ten Grades konstante Differenzen n-ter Ordnung hat, die sukzessive zur Funktionsberechnung genutzt werden können. Bei allgemeinen Funktionen werden diese Differenzen höherer Ordnung nicht konstant, aber relativ klein, sodass – dank Weierstraß (1815–1897) bzw. seines Approximationssatzes („jede stetige Funktion kann auf einem kompakten Intervall beliebig genau durch ein Polynom gleichmässig approximiert werden") – interpolativ zurückgerechnet werden kann.

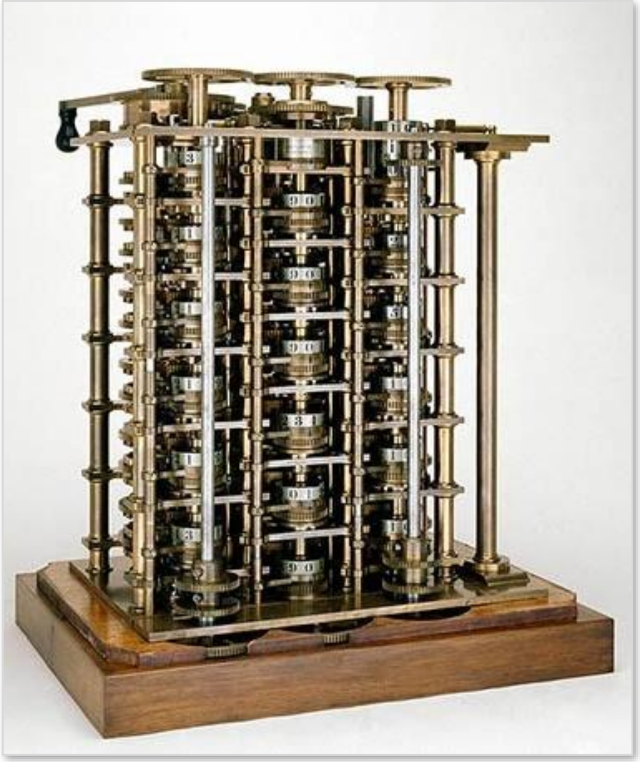
Babbage konstruierte als Machbarkeitsstudie von 1820 bis 1822 ein erstes funktionsfähiges Modell („Nr. 0"), 1832 wurde dann ein Demonstrator, die Differenzmaschine Nr. 1, fertiggestellt. Er wurde aber …



Babbage:
Method of Carrying the Tens

Das allererste Computerprogramm? (3)

nie zu einer vollständigen Differenzmaschine ausgebaut. Im „Bericht über die Ausstellung wissenschaftlicher Apparate im South Kensington Museum zu London 1876“ wird die dort ausgestellte Maschine so beschrieben: „Ihre Herstellung wurde im Jahre 1828 mit Ermächtigung und auf Kosten der Regierung begonnen, und wurde mehrere Jahre hindurch unter Hrn. Babbage's gefälliger Aufsicht fortgeführt. […] Diese Maschine war speciell dazu bestimmt, Tabellen zu berechnen und zu drucken, und nicht um einfache arithmetische Summirungen auszuführen. Bedarf man nur eines einzelnen Resultats, so ist es im allgemeinen nicht der Mühe werth, eine Maschine dafür zu construiren; aber wenn eine grosse Anzahl erfordert wird, so gelangt ihre Herstellung recht eigentlich in das Gebiet der Maschinerie, und in diesem Sinne ist die Differenz-Maschine in hervorragender Weise eine Maschine, um Tabellen auszurechnen. Vier halbe Drehungen des Handgriffs, zwei rückwärts und zwei vorwärts, sind für jede Berechnung erforderlich, und die Worte 'Calculation complete' kommen auf dem obersten Rade an der mittleren Säule zum Vorschein, wenn die Rechnung ausgeführt ist. “



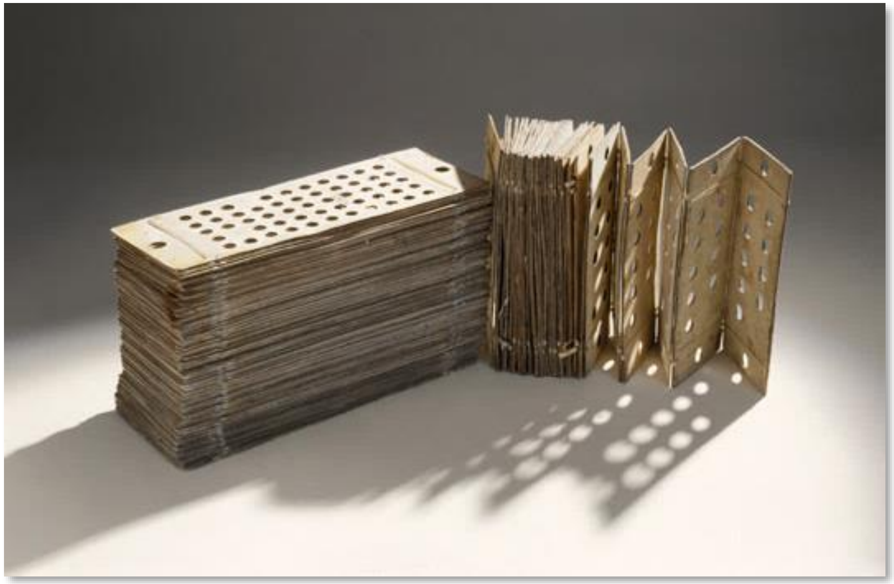
Von Charles Babbage 1832 erbauter Demonstrator der Differenzmaschine Nr. 1 (Science Museum, London).

Im Laufe der Zeit reifte bei Babbage der Gedanke, dass man das automatisierte Rechnen auch viel allgemeiner fassen kann und durch eine Maschine realisieren kann. Er nannte die neue Maschine „Analytical Engine“. Der Begriff „analytical“ sollte betonen, dass die neue Maschine wesentlich allgemeiner ist und nicht nur arithmetische und numerische, sondern algebraische und formelmässige Prinzipien verkörpert.

Das allererste Computerprogramm? (4)

Obwohl rein mechanisch aufgebaut, weist die Analytical Engine bezüglich der Grundarchitektur alle Merkmale eines heutigen elektronischen Computers auf: Sie ist gegliedert in ein Rechenwerk („the mill"), das die vier Grundrechenarten im Dezimalsystem durchführen sollte, sowie einen Speicher für 1000 Variablen zu 50 Dezimalstellen, in dem auch von der Maschine erarbeitete Zwischenergebnisse gespeichert werden sollten. Die Eingabe der Befehle und Daten sollte über Lochkarten erfolgen, eine Methode, die in der damaligen Zeit der Steuerung mechanischer Webstühle („Jacquard-Webstühle") diente. Es sollte auch ein Drucker angeschlossen werden. Die gesamte Mechanik der Analytical Engine hätte von einer Dampfmaschine angetrieben werden können, sie wäre über 30 Meter lang und 10 Meter breit geworden.

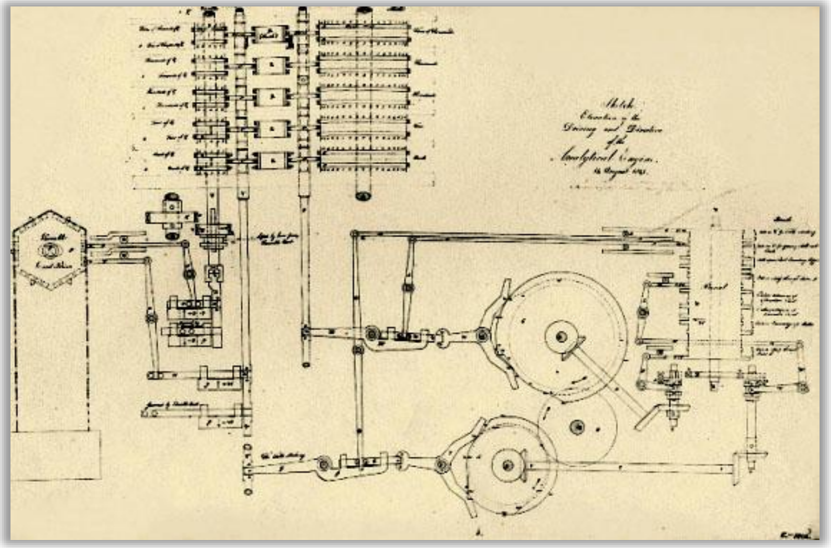
Während seiner Beschäftigung mit der Difference Engine kam Babbage zur Erkenntnis, dass weit weniger „Hardwareaufwand" notwendig wäre, wenn die Maschine sich selbst aufgrund berechneter Zwischenergebnisse rekonfigurieren könnte („a locomotive that lays down its own railway"). Ferner sollte die Möglichkeit bestehen, Rechenergebnisse als Operanden in nachfolgende Berechnungen einfliessen zu lassen. Dies erforderte eine flexible Ablaufsteuerung, die Babbage in Form von kettenförmig zusammengehängter Lochkarten realisieren wollte.



Das allererste Computerprogramm? (5)

Im Sommer 1836 notiert Babbage in seinem Skizzenbuch: „It is easier to punch pasteboard than to screw on a multitude of studs. When once the formula has been made and verified, it need never be made again until worn out. The change from one formula to another, when both have been previously made, is done in a very short time. There will be no backing of the drums, and the Jacquard pasteboards will circulate. Every formula ever put into the machine will be preserved. The extent of the formulae is almost unbounded." Tatsächlich stellte er sich später eine ganze Bibliothek aus Programmen vor, die in Form einer Kette aus aneinandergefädelten gelochten Pappkärtchen realisiert sind.

Um die kompliziertere Maschine zu bauen, stellte Babbage Konstruktionszeichner und Mechaniker ein und erwarb extra ein Haus auf einem grossen Grundstück mit Werkstätten, einer Schmiede sowie einer Giesserei. Es gab dennoch zu grosse technische Probleme, und nur wenige Komponenten wurden wirklich gebaut. Hinzu kamen finanzielle Probleme, da ihm die staatliche Förderung nicht in ausreichendem Masse gewährt wurde. Schon 1841 war er selbst pessimistisch hinsichtlich der Realisierung der Maschine, er schrieb an Alexander von Humboldt: „Es besteht keine Aussicht, dass die Maschine zu meinen Lebzeiten jemals gebaut wird, und ich weiss nicht einmal, was

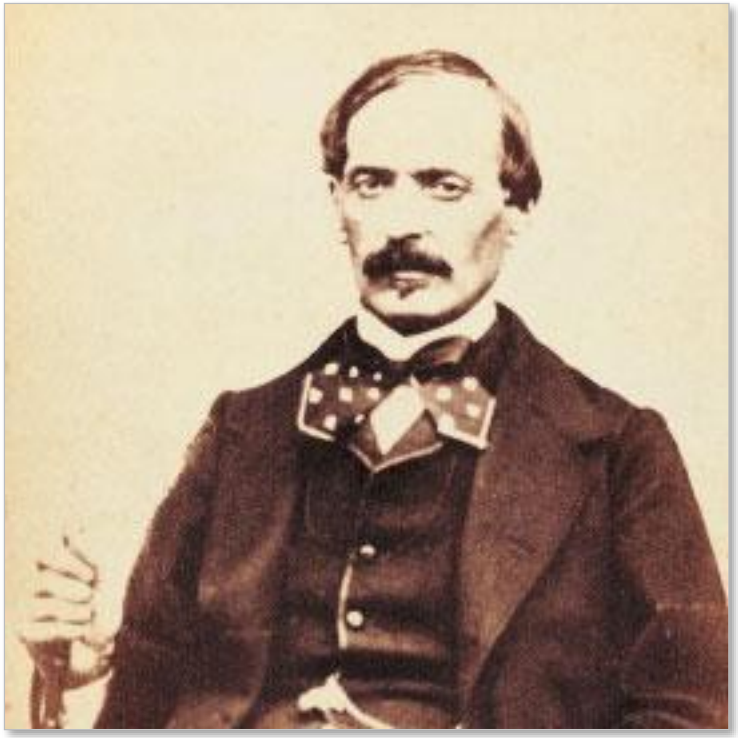


Lochkartensteuerung (links) und Hilfstrommel zur Getriebesteuerung (rechts) der Analytical Engine

Das allererste Computerprogramm? (6)

mit den Konstruktionszeichnungen nach meinem Tod werden soll.“ Tatsächlich empfahl schliesslich ein Komitee der British Association for the Advancement of Science abschliessend, die Analytical Engine nicht zu bauen: „Wir sind der Ansicht, dass die Mühen, die Herr Babbage [...] auf seine Analytical Engine verwandte, ein Wunder an technischer Ingeniösität und technischem Vermögen sind. [...] Wir sind zu dem Schluss gekommen, dass es uns beim derzeitigen Konstruktionsstand der Maschine nicht möglich ist, irgendeine vernünftige Schätzung ihrer Kosten oder ihrer Festigkeit und Dauerhaftigkeit abzugeben.“ Die Analytical Engine war ihrer Zeit weit voraus; “his stillborn machine [...] lay, forgotten, in bits and pieces in dusty libraries for a hundred years” (G.J.E. Rawlins).

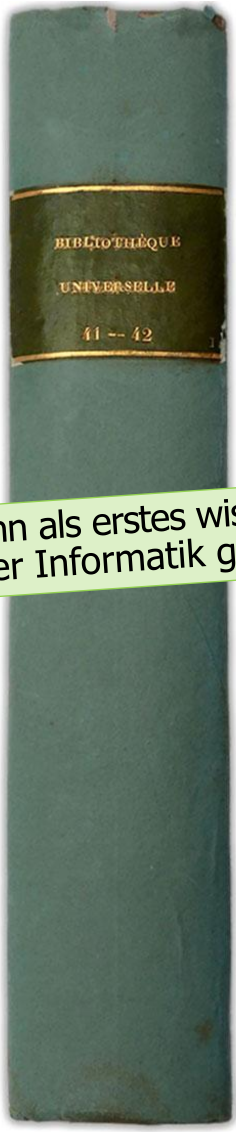
Doch zurück ins Jahr 1840. In diesem Jahr traf der italienische Ingenieur Luigi Federico Menabrea, der später Ministerpräsident von Italien wurde, Babbage auf einem Kongress der dortigen Akademie der Wissenschaften, wo dieser über seine Maschine referierte. Als Folge seiner anschliessenden Beschäftigung damit veröffentlichte Menabrea 1842 in Genf eine auf französisch verfasste (und auch heute noch sehr lesenswerte) Beschreibung der Analytical Engine („Notions sur la machine analytique de Charles Babbage“, Bibliothèque universelle de Genève, Nouvelle Série, 41^{e} tome, Oct. 1842, 352-376), und geht dabei vor allem auch auf ihre Programmierung ein.



Das allererste Computerprogramm? (7)

Die Maschine ist kein denkendes Wesen, sondern ein einfacher Automat, der nach den ihm vorgegebenen Regeln handelt. … Sie ist also nicht selbst das Wesen, das denkt, kann aber als das Wesen betrachtet werden, das unsere Vorstellung von Intelligenz ausführt. -- L. Menabrea

Ada Lovelace merkt hierzu an (von Alan Turing ***Lady Lovelace's Objection*** genannt): 'The Analytical Engine has no pretensions whatever to **originate** anything. It can do **whatever we know how to order it** to perform.' Turing widersprach: Zukünftige Computer könnten lernfähig sein bzw. so programmiert werden, dass sie Originelles produzierten.



„Kann als erstes wissenschaftliches Werk der Informatik gelten." -- Wikipedia

NOTIONS SUR LA MACHINE ANALYTIQUE DE M. CHARLES BABBAGE, par Mr. L.-F. Menabrea, capitaine du génie militaire.

Les travaux qui appartiennent à plusieurs branches des sciences mathématiques, quoique paraissant, au premier abord, être uniquement du ressort de l'esprit, peuvent néanmoins se diviser en deux parties distinctes : l'une qu'on peut appeler mécanique, parce qu'elle est sujette à des lois précises et invariables, susceptibles d'être traduites physiquement, tandis que l'autre qui exige l'intervention du raisonnement, est plus spécialement du domaine de la pensée. Dès lors on pourra se pro-

Das allererste Computerprogramm? (8)

Menabrea schreibt, dass Babbage einen „Wahnsinnsgedanken“ hatte und stellt fest, dass es sich bei der Analytical Engine um weit mehr als um eine Rechenmaschine handelt: „Il ne s’est proposé rien moins que de construire une machine capable d’exécuter, non-seulement les calculs arithmétiques ; mais encore les calculs analytiques.“ Die Maschine „devait avoir la généralité de l’écriture algébrique même, et que, pour cette raison, il nomme *machine analytique*“.

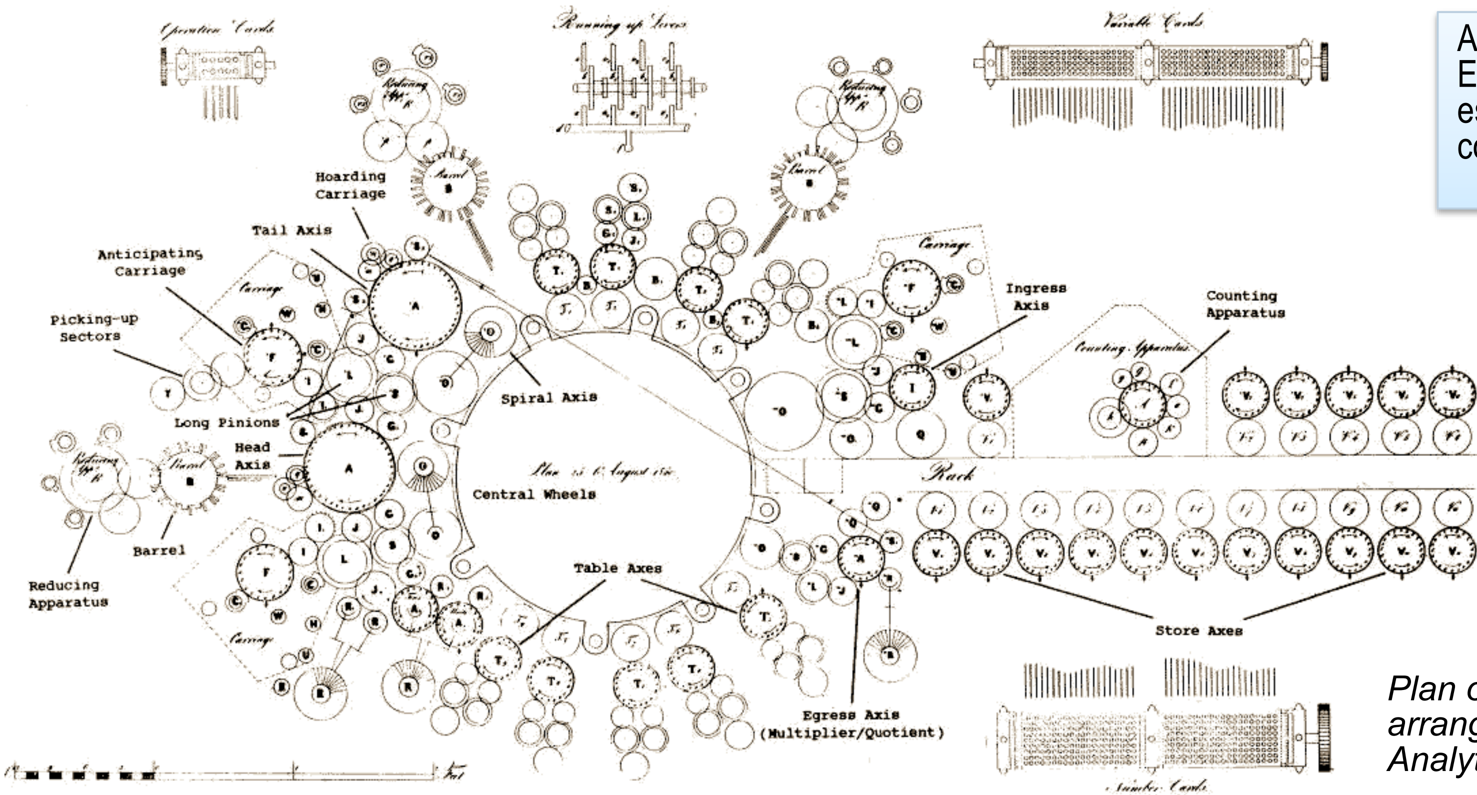
Bei algebraischen Methoden müssen mehrere Einzelschritte in geeigneter Weise nacheinander ausgeführt werden und Zwischenresultate an nachfolgende Rechenschritte weiterverteilt werden – Menschen seien hier jedoch langsam und fehleranfällig, daher solle die Maschine dies selbst leisten: „Mais si la main de l’homme était obligée d’intervenir pour diriger chacune de ces opérations partielles, il n’y aurait rien de gagné sous le rapport de l’exactitude et de l’économie de temps ; il faudra donc encore que la machine ait la propriété d’exécuter elle-même toutes les opérations successives nécessaires.“

Der Begriff „Programm“ oder „Programmierung“ taucht bei Menabrea zwar dem Namen nach noch nicht auf, doch charakterisiert er dieses „Prinzip“ als so allgemein, dass, wenn es auf eine Maschine angewendet wird, diese in der Lage sei, die ihr in algebraischer Schreibweise angezeigten Operationen mechanisch umzusetzen („assez général pour que, si on l’applique à la machine, celle-ci soit capable de traduire mécaniquement les opérations qui lui seraient indiquées par l’écriture algébrique“).

Wie erfolgt die programmierte Steuerung der einzelnen Operationen? „Comment la machine peut d’elle-même et sans avoir recours à la main de l’homme, prendre les dispositions successives convenables pour opérer? La solution de ce problème a été empruntée à l’appareil de Jacquard, en usage pour la confection des étoffes brochées.“

Das allererste Computerprogramm? (9)

Die Lochkartensteuerung beschreibt Menabrea so: „Les cartons étant mis en mouvement, disposent successivement les diverses pièces de la machine selon la nature des opérations à faire, et la machine les exécute en même temps au moyen des mécanismes dont elle est composée.“ Die Variablen befinden sich in einem Speicher und werden fallweise zum Rechenwerk transportiert bzw. aus diesem zurück in den Speicher: „...passent alternativement du moulin au magasin et du magasin au moulin, pour y subir les transformations requises par la nature du calcul à exécuter.“



As soon as an Analytical Engine exists, it will necessarily guide the future course of the science.
-- Charles Babbage

Plan of the general arrangement of the Analytical Engine

Das allererste Computerprogramm? (10)

Sodann gibt Menabrea ein Beispiel – die Lösung eines linearen Gleichungssystems mit zwei Unbekannten x,y:

$mx+ny=d;\ m'x+n'y=d'$

Das zugehörige kommentierte Programm notiert er in Form einer Tabelle, wo in elf sukzessiven Schritten mit den Elementaroperationen Multiplikation, Subtraktion und Division das Ergebnis (also die Werte für x und y) berechnet werden. Die 6 Koeffizienten der Gleichung werden durch Variablen V_0 bis V_5 repräsentiert, Zwischenresultate auf den Hilfsvariablen V_6 bis V_{14} abgespeichert und die Werte der berechneten Unbekannten resultieren auf den Variablen V_{15} und V_{16}. Jede Programmzeile nennt die arithmetische Operation, Operanden sowie die zu verwendende Ergebnisvariable. Das entspricht recht genau den erst 100 Jahre später für tatsächliche Computer genutzten Assemblerprogrammen.

Colonnes sur lesquelles sont écrites les données primitives du problème.	Nombre des opérations.	CARTONS des opérations. Nombre des cartons des opérations	CARTONS des opérations. Signe indiquant la nature des opér.	CARTONS DES VARIABLES. COLONNES soumises aux opérations	CARTONS DES VARIABLES. Colonnes qui reçoivent le résultat des opérations.	CARTONS DES VARIABLES. Indication des nouvelles colonnes sur lesquelles sont écrites les variables.	MARCHE des OPÉRATIONS.
$V_0=m$	I	I	×	$V_0\times V_4=$	$V_6\ldots.$	$\begin{cases}V_0 \text{ sur } V_0\\ V_4 \text{ id. } V_4\end{cases}$	$V_6=mn'$
$V_1=n$	2	»	×	$V_3\times V_1=$	$V_7\ldots.$	$\begin{cases}V_1 \text{ id. } V_1\\ V_3 \text{ id. } V_3\end{cases}$	$V_7=m'n$
$V_2=d$	3	»	×	$V_2\times V_4=$	$V_8\ldots.$	$\begin{cases}V_2 \text{ id. } V_2\\ V_4 \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_8=dn'$
$V_3=m'$	4	»	×	$V_5\times V_1=$	$V_9\ldots.$	$\begin{cases}V_1 \text{ id. } \ldots.\\ V_5 \text{ id. } V_5\end{cases}$	$V_9=d'n$
$V_4=n'$	5	»	×	$V_0\times V_5=$	$V_{10}\ldots.$	$\begin{cases}V_0 \text{ id. } \ldots.\\ V_5 \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_{10}=d'm$
$V_5=d'$	6	»	×	$V_2\times V_3=$	$V_{11}\ldots.$	$\begin{cases}V_2 \text{ id. } \ldots.\\ V_3 \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_{11}=dm'$
	7	2	–	$V_6-V_7=$	$V_{12}\ldots.$	$\begin{cases}V_6 \text{ id. } \ldots.\\ V_7 \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_{12}=mn'-m'n$
	8	»	–	$V_8-V_9=$	$V_{13}\ldots.$	$\begin{cases}V_8 \text{ id. } \ldots.\\ V_9 \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_{13}=dn'-d'n$
	9	»	–	$V_{10}-V_{11}=$	$V_{14}\ldots.$	$\begin{cases}V_{10} \text{ id. } \ldots.\\ V_{11} \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_{14}=d'm-dm'$
	10	3	:	$\frac{V_{13}}{V_{12}}=$	$V_{15}\ldots.$	$\begin{cases}V_{13} \text{ id. } \ldots.\\ V_{12} \text{ id. } V_{12}\end{cases}$	$V_{15}=\frac{dn'-d'n}{mn'-m'n}=x$
	11	»	:	$\frac{V_{14}}{V_{12}}=$	$V_{16}\ldots.$	$\begin{cases}V_{12} \text{ id. } \ldots.\\ V_{14} \text{ id. } \ldots.\end{cases}$	$V_{16}=\frac{d'm-dm'}{mn'-m'n}=y$

Einige kleine Druckfehler sind hier in Rot korrigiert.

Das allererste Computerprogramm? (11)

Dass das Programm auf nützliche Art „optimiert" ist, fällt erst bei genauerem Hinsehen auf: Erst kommen alle Multiplikationen, dann alle Subtraktionen und schliesslich die Divisionen; auf diese Weise werden insgesamt nur drei Operationslochkarten benötigt.

Mit einigem Grund kann man dieses Programm von Menabrea als das erste veröffentlichte Computerprogramm ansehen – auch wenn es sich bei der Analytical Engine nur um eine „virtuelle Maschine" handelt, die zur damaligen Zeit nicht wirklich existierte – und mit den damaligen technischen Möglichkeiten (vor allem der noch nicht weit genug entwickelten Feinmechanik für diesen Zweck) vielleicht auch gar nicht realisiert werden konnte.

Menabrea kommt anschliessend im Text noch auf kompliziertere Berechnungen zu sprechen und beschreibt u.a., wie Schleifen mit einer rückwärts zählenden Variablen realisiert werden können: „Les opérations indiquées se répéteront jusqu'à ce que le compteur ne marque plus que zéro." Auch bedingte Befehle erwähnt er, allerdings wird dies in einer Fussnote der englischen Übersetzung des Artikels (von Ada Lovelace) klarer ausgedrückt: „The engine is capable, under certain circumstances, of feeling about to discover which of two or more possible contingencies has occurred, and of then shaping its future course accordingly." Die Berechnung der Kreiszahl π sowie der Bernoulli-Zahlen erwähnt er nur beiläufig – solche Zahlen könnten auch vorberechnet werden und dann bei Bedarf direkt in die „Mühle" eingespeist werden.

Programme seien nach Menabrea „une autre forme d'écriture analytique", und die Programmierung („l'emploi des cartons") sieht er als das entscheidende und mächtige Prinzip der Analytical Engine an: „L'emploi des cartons offre une généralité égale à celle des formules algébriques". Mit anderen Worten: Die Programmierbarkeit verleiht der Maschine Universalcharakter.

Das allererste Computerprogramm? (12)

Wenn man diese Universalmaschine einmal gebaut hätte, ginge es nur noch um das Programmieren: „Une fois que la machine sera construite, la difficulté se reportera donc sur la confection des cartons". Optimistisch meinte Menabrea zu den Programmen seinerzeit: „Comme ceux-ci ne sont que la traduction de formules algébriques, par le moyen de simples notations il sera facile d'en confier l'exécution à un ouvrier." Was die Übersetzung von Formeln in Maschinensprache angeht, hatte er recht – noch nicht einmal Arbeiter brauchte man dazu ab der Mitte des 20. Jahrhunderts, sondern die Maschine selbst erledigte dies mit Compilern. Dass dies nicht alles ist und knapp 130 Jahre später Begriffe wie „Software-Krise" und „Software-Engineering" entstehen würden, war seinerzeit natürlich nicht absehbar.

Am Ende seines Artikels gerät Menabrea ins Schwärmen: Ein Instrument zu schaffen, das die menschliche Schwäche in Form von Langsamkeit und Fehleranfälligkeit beim Rechnen ausgleichen würde, sei höchst nützlich: „Combien d'observations précieuses restent inutiles aux progrès des sciences, parce qu'il n'y a pas de forces suffisantes pour en calculer les résultats !"

Hier betritt nun Ada Augusta King, Countess of Lovelace (geb. Byron) (1815 – 1852), eine Tochter des bekannten britischen Dichters Lord Byron, die Bühne. Ihre mathematisch interessierte Mutter, die Geometrie und Astronomie studiert hatte, ermöglichte Ada eine naturwissenschaftliche Ausbildung, in deren Verlauf sie auch die Universalgelehrte und Wissenschaftsautorin Mary Somerville und auch Charles Babbage kennenlernte. Eine

> "It is a convenience to refer to her as *Ada Lovelace* rather than the more precise but ponderous *Augusta Ada King, Right Honourable the Countess of Lovelace*." [Thomas J. Misa]

Not even countesses were supposed to count. But Ada could be sometimes absolutely convinced of her mathematical, musical, and experimental genius. -- Sadie Plant

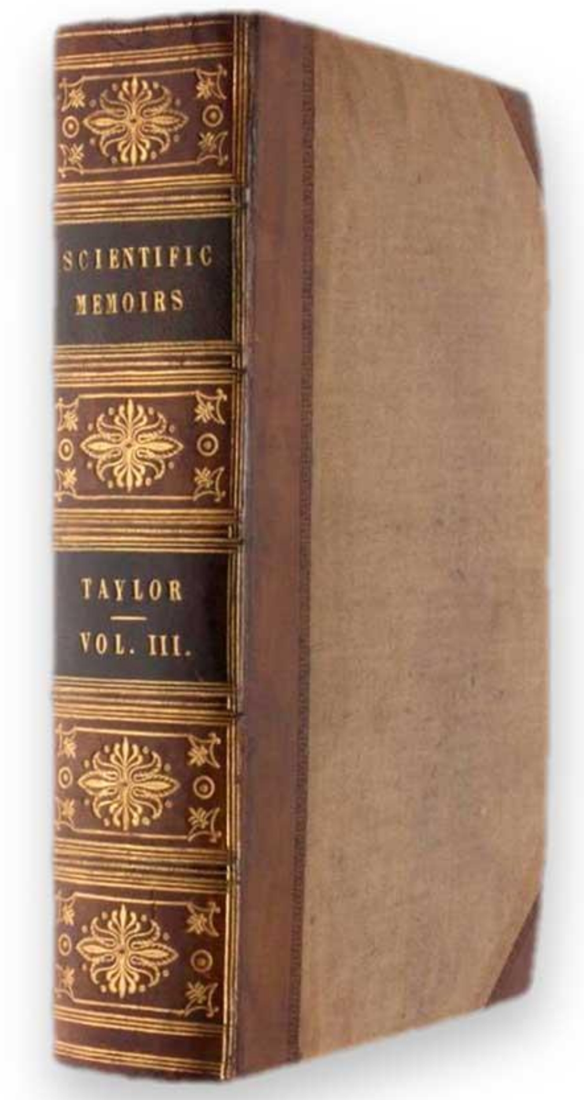
Das allererste Computerprogramm? (13)

engere Zusammenarbeit mit Babbage entstand allerdings erst im Rahmen ihrer Übersetzung von Menabreas Veröffentlichung („Sketch of the Analytical Engine invented by Charles Babbage", Taylor's Scientific Memoirs, Vol. III, pp. 666-731, 1843). Zu dieser Übersetzung hatte ihr der bekannte Experimentalphysiker Charles Wheatstone geraten, ein Freund der Familie, der für die britische Zeitschrift „Taylor's Scientific Memoirs" arbeitete, welche auf die Publikation von Übersetzungen fremdsprachiger Artikel spezialisiert war. (Wheatstone ist Elektrotechnikerinnen und Elektrotechnikern durch die sogen. „Wheatstone-Brücke" bekannt, die Wheatstone allerdings gar nicht selbst erfunden hatte.) Dabei ist der Artikel durch Ada Lovelace mit ausführlichen Annotationen versehen worden, welche fast drei Mal so lang wie der ursprüngliche Text von Menabrea sind und damit quasi eine eigenständige Abhandlung darstellen.

Ada Lovelace – Aquarell (Ausschnitt) von Alfred Edward Chalon, 1840.

"*Programming is a particularly British skill. In fact, we invented it.* Thus spoke the narrator of an influential 1978 BBC documentary on the challenges of the information age." [James Sumner]

Das allererste Computerprogramm? (14)



In ihren „notes by the translator" präsentiert Ada Lovelace zusätzliche Details und verdeutlicht dabei auch einige der Aussagen von Menabrea. So betont sie etwa die Leistungsfähigkeit der Analytical Engine mit folgenden Worten: „The engine may be described as being the material expression of any indefinite function of any degree of generality and complexity." Oder: „It can arbitrarily substitute any formula for any other". Auch die Tatsache, dass es nicht nur um numerische Rechnungen geht, streicht sie heraus: „Symbolical results are not less the necessary and logical consequences of operations performed upon symbolical data, than are numerical results when the data are numerical."

Ada, die Pressesprecherin von Babbage, der seine Computer in Anlehnung Jacquards Webstuhlsteuerung konstruierte, sagte: „Wir können höchst zutreffend sagen, dass die analytische Maschine algebraische Muster webt". -- Rolf Todesco

Vor allem drei grundlegende, weitreichende Bemerkungen in ihren Annotationen zu Menabreas Bericht begründen den Ruhm von Ada Lovelace. Die *erste Bemerkung* betrifft den entscheidenden Unterschied zwischen einer blossen Rechenmaschine und einem programmierbaren Computer: „The bounds of arithmetic were however outstepped the moment the idea of applying the cards had occurred; and the Analytical Engine does not occupy common ground with mere calculating machines. It holds a position wholly its own; and the considerations it suggests are most interesting in their nature."

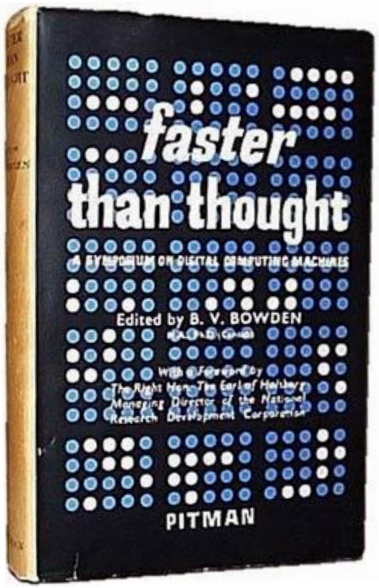
Das allererste Computerprogramm? (15)

Die *zweite Bemerkung* betrifft die Möglichkeit, mit einem Computer wie der Analytical Engine mehr als nur arithmetische Aufgaben bearbeiten zu können: „It might act upon other things besides number, were objects found whose mutual fundamental relations could be expressed by those of the abstract science of operations, and which should be also susceptible of adaptations to the action of the operating notation and mechanism of the engine."

Die *dritte Bemerkung* bleibt ein wenig vage, wird aber aufgrund ihres poetischen Charakters besonders gerne zitiert (und dabei vielleicht sogar überinterpretiert): „The Analytical Engine weaves algebraical patterns just as the Jacquard-loom weaves flowers and leaves."

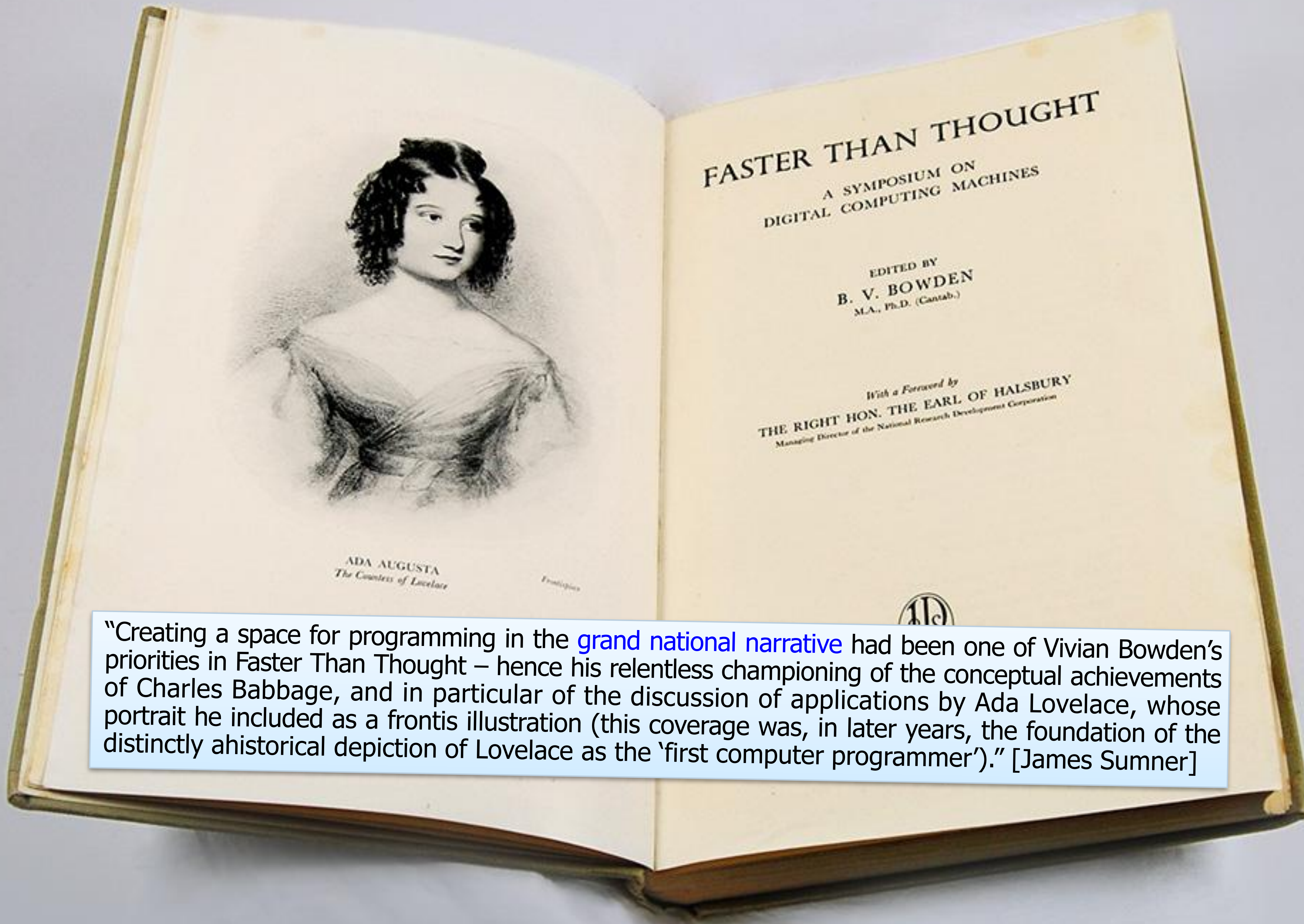
Ferner enthalten die Annotationen von Ada Lovelace ein Programm zur Berechnung von Bernoulli-Zahlen mit der Analytical Engine – genauer gesagt, wird die Bernoulli-Zahl B_7 berechnet und beschrieben, wie sich dieses Schema generalisieren lässt. (Es enthält übrigens einen kleinen „Bug": In Zeile 4 sind die Variablen V_4 und V_5 vertauscht.) Dieses Programm wird im Wesentlichen in der gleichen Notation verfasst wie das Programm zur Lösung linearer Gleichungssysteme von Menabrea. Vor allem aufgrund dieses Programms wird Ada gern mit dem Ehrentitel „first programmer" dekoriert, auch wenn Menabrea sein oben angegebenes Programm (schleifenlos und daher etwas einfacher strukturiert) bereits früher veröffentlichte.

Kaum bemerkt wurde in der Öffentlichkeit, dass es sich gar nicht um ein Programm zur Berechnung der Bernoulli-Zahlenfolge $B_1, \ldots, B_k$ für beliebiges k handelt; dazu müsste man indiziert auf vorherige B_j, $j<k$, zu-



In diesem Sammelband von 1953 wird der Aufsatz von Menabrea und Ada Lovelace erneut veröffentlicht – erst dadurch gewann er im angehenden Computerzeitalter an Bekanntheit und Bedeutung.

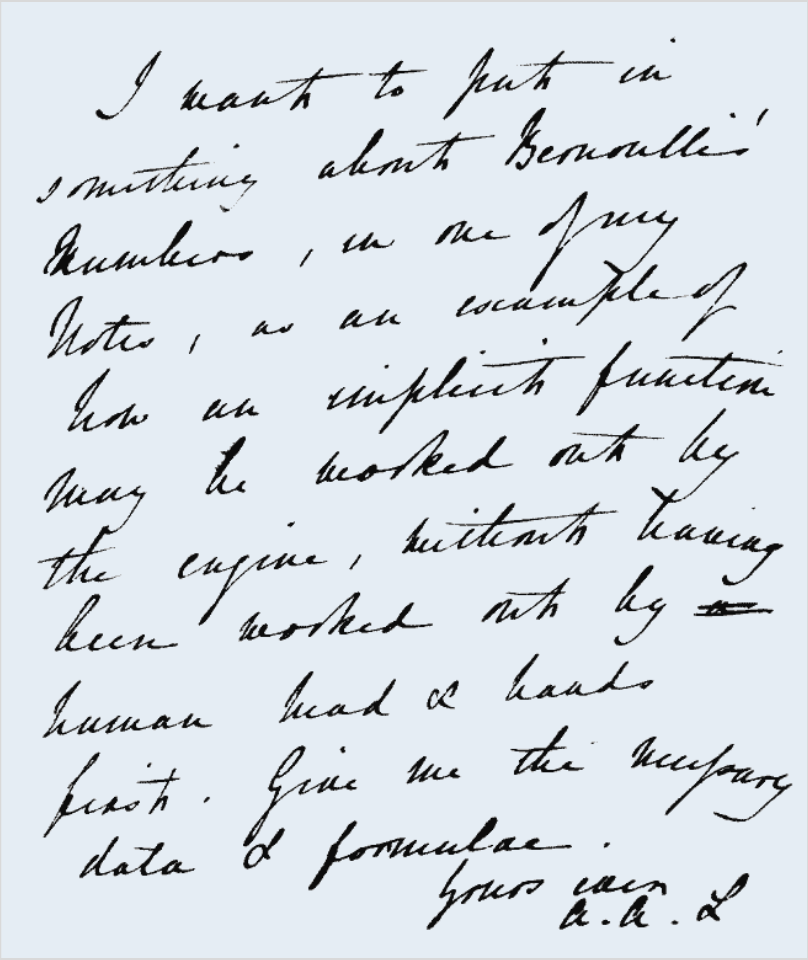
„Faster than thought" ist ein geflügeltes Wort aus Shakespeares „Wintermärchen": Die Liebe solle schneller wachsen als „thought or time".



"Creating a space for programming in the grand national narrative had been one of Vivian Bowden's priorities in Faster Than Thought – hence his relentless championing of the conceptual achievements of Charles Babbage, and in particular of the discussion of applications by Ada Lovelace, whose portrait he included as a frontis illustration (this coverage was, in later years, the foundation of the distinctly ahistorical depiction of Lovelace as the 'first computer programmer')." [James Sumner]

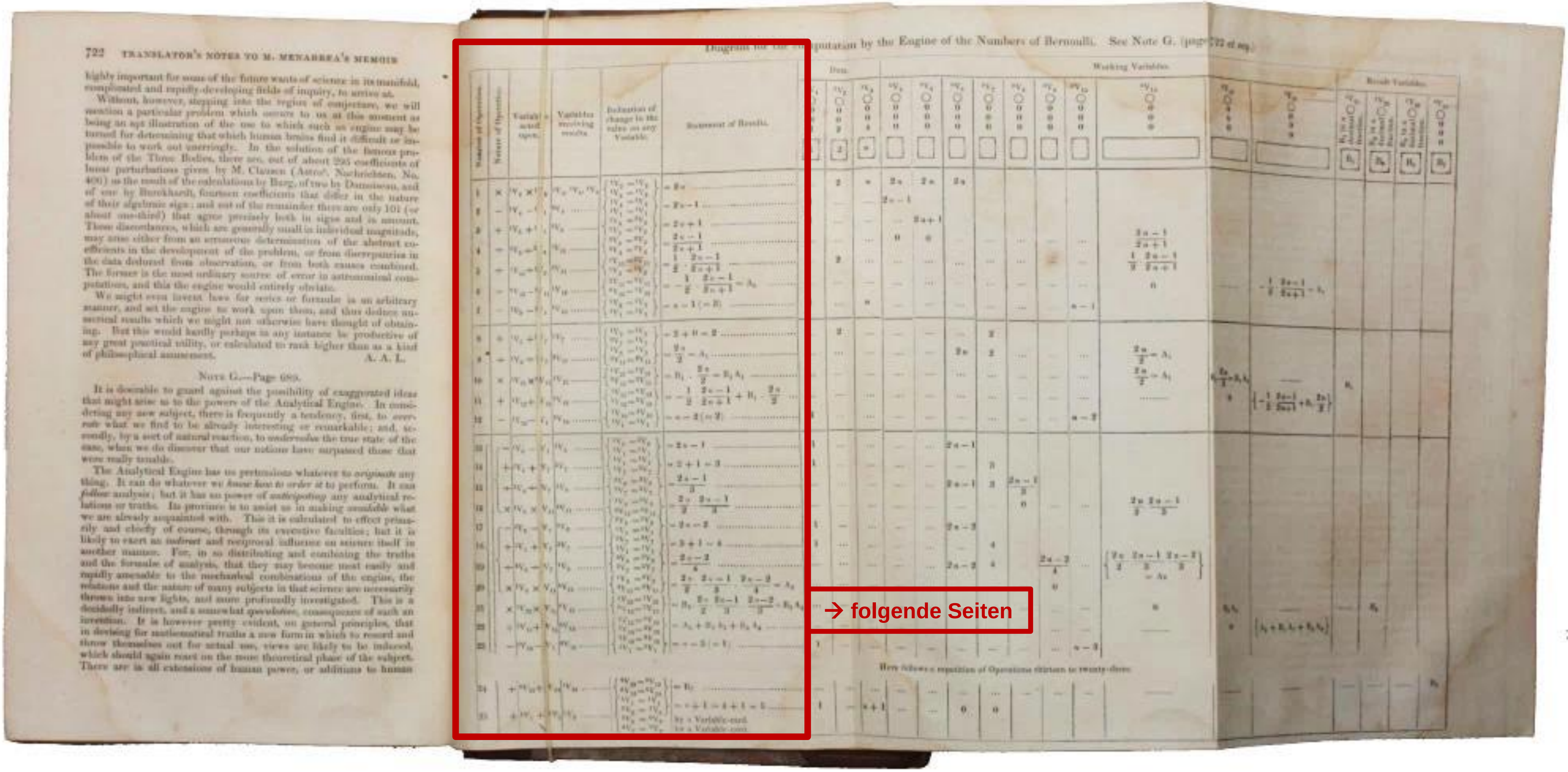
Das allererste Computerprogramm? (16)

greifen, was ohne Indexrechnung oder indirekte Adressierung (was die Maschine von Babbage nicht vorsah) so wohl auch nicht geht. Ada und Babbage dürften es zu kurzfristig vor der Drucklegung bemerkt haben, um es substantiell zu reparieren. Ada vermerkt zum Problem, dass jede Schleifeniteration andere Variablen erfordert („departure from perfect identity […] during the repetitions“) in einem Brief an Babbage, dass sie „diplomatically“ im Artikel bewusst unscharf („uncommitted“) bleiben wolle mit einer vernebelnden Aussage „as the variations follow a regular rule, they would be easily provided for“.


I want to put in
something about Bernoulli's
Numbers, in one of my
Notes, as an example of
how an implicit function
may be worked out by
the engine, without having
been worked out by
human head & hands
first. Give me the necessary
data & formulae.
Yours ever
A. A. L.

Unter Fachleuten ist im Übrigen nicht unumstritten, ob das Bernoulli-Programm tatsächlich bzw. hauptsächlich von Ada (oder etwa von Babbage) entwickelt wurde. In einem Brief vom 10. Juli 1843 an Babbage bittet Ada Lovelace jedenfalls um die Formeln zur Berechnung: *„I want to put in something about Bernoulli's Numbers, in one of my Notes, as an example of how an implicit function may be worked out by the engine, without having been worked out by human head & hands first. Give me the necessary data & formulae.“* Und die Autobiographie von Babbage, welche erst einige Jahre nach Adas frühem Tod entstand, vermerkt: „We discussed together the various illustrations

Das allererste Computerprogramm? (17)



that might be introduced: I suggested several, but the selection was entirely her own. So also was the algebraic working out of the different problems, except, indeed, that relating to the numbers of Bernoulli, which I had offered to do to save Lady Lovelace the trouble. This she sent back to me for an amendment, having detected a grave mistake which I had made in the process.“ (War damit das oben genannte Problem gemeint? Dies konnte jedenfalls nicht behoben werden.)

Das allererste Computerprogramm? (18)

Number of Operation	Nature of Operation	Variables acted upon	Variables receiving results	Indication of change in the value on any Variable	Statement of Results
1	$\times$	$^1V_2 \times {}^1V_3$	$^1V_4, {}^1V_5, {}^1V_6$	$^1V_2 = {}^1V_2$ $^1V_3 = {}^1V_3$	$= 2n$ ....
2	$-$	$^1V_4 - {}^1V_1$	$^2V_4$	$^1V_4 = {}^2V_4$ $^1V_1 = {}^1V_1$	$= 2n - 1$ ....
3	$+$	$^1V_5 + {}^1V_1$	$^2V_5$	$^1V_5 = {}^2V_5$ $^1V_1 = {}^1V_1$	$= 2n + 1$ ....
4	$\div$	$^2\overset{V_4}{\cancel{V_5}} \div {}^2\overset{V_5}{\cancel{V_4}}$	$^1V_{11}$	$^2V_5 = {}^0V_5$ $^2V_4 = {}^0V_4$	$= \frac{2n-1}{2n+1}$ ..
5	$\div$	$^1V_{11} \div {}^1V_2$	$^2V_{11}$	$^1V_{11} = {}^2V_{11}$ $^1V_2 = {}^1V_2$	$= \frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1}$ ....
6	$-$	$^0V_{13} - {}^2V_{11}$	$^1V_{13}$	$^2V_{11} = {}^0V_{11}$ $^0V_{13} = {}^1V_{13}$	$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} = A_0$ ....
7	$-$	$^1V_3 - {}^1V_1$	$^1V_{10}$	$^1V_3 = {}^1V_3$ $^1V_1 = {}^1V_1$	$= n - 1 (= 3)$ ....
8	$+$	$^1V_2 + {}^0V_7$	$^1V_7$	$^1V_2 = {}^1V_2$ $^0V_7 = {}^1V_7$	$= 2 + 0 = 2$ ....
9	$\div$	$^1V_6 \div {}^1V_7$	$^3V_{11}$	$^1V_6 = {}^1V_6$ $^0V_{11} = {}^3V_{11}$	$= \frac{2n}{2} = A_1$ ....
10	$\times$	$^1V_{21} \times {}^3V_{11}$	$^1V_{12}$	$^1V_{21} = {}^1V_{21}$ $^3V_{11} = {}^3V_{11}$	$= B_1 \cdot \frac{2n}{2} = B_1 A_1$ ....
11	$+$	$^1V_{12} + {}^1V_{13}$	$^2V_{13}$	$^1V_{12} = {}^0V_{12}$ $^1V_{13} = {}^2V_{13}$	$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} + B_1 \cdot \frac{2n}{2}$ ....
12	$-$	$^1V_{10} - {}^1V_1$	$^2V_{10}$	$^1V_{10} = {}^2V_{10}$ $^1V_1 = {}^1V_1$	$= n - 2 (= 2)$ ....

Programm zur Berechnung der Bernoulli-Zahlen (erster Teil)

Ein kleiner „Bug" in Zeile 4: die Variablen V_4, V_5 sind vertauscht

Def. Bernoulli-Zahlen als Taylorreihe-Koeffizienten:

$$\frac{x}{e^x - 1} = \sum_{n \geq 0} B_n \frac{x^n}{n!}$$

Daraus in „Note G" von Ada Lovelace durch Umformung die „formula (8)" für die rekursive Berechnung einer Bernoulli-Zahl B_{2n-1} aus $B_1, B_3, B_5, \ldots$:

$$0 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} + B_1 \frac{2n}{2} + B_3 \frac{2n(2n-1)(2n-2)}{2 \cdot 3 \cdot 4} + B_5 \frac{2n(2n-1)(2n-2)\cdots}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \cdots} \cdots \frac{\cdots(2n-3)(2n-4)}{\cdots \cdot 5 \cdot 6} + \cdots + B_{2n-1}$$

(Für ein konkretes n nehmen alle grösseren Summanden den Wert 0 an)

Das allererste Computerprogramm? (19)

Programm zur Berechnung der Bernoulli-Zahlen (zweiter Teil)

13	$-$	$^1V_6 - {}^1V_1$	$^2V_6$	$\left\{\begin{matrix} ^1V_6 = {}^2V_6 \\ ^1V_1 = {}^1V_1 \end{matrix}\right\}$	$= 2n - 1$ ...
14	$+$	$^1V_1 + {}^1V_7$	$^2V_7$	$\left\{\begin{matrix} ^1V_1 = {}^1V_1 \\ ^1V_7 = {}^2V_7 \end{matrix}\right\}$	$= 2 + 1 = 3$
15	$\div$	$^2V_6 \div {}^2V_7$	$^1V_8$	$\left\{\begin{matrix} ^2V_6 = {}^2V_6 \\ ^2V_7 = {}^2V_7 \end{matrix}\right\}$	$= \frac{2n-1}{3}$ ....
16	$\times$	$^1V_8 \times {}^3V_{11}$	$^4V_{11}$	$\left\{\begin{matrix} ^1V_8 = {}^0V_8 \\ ^3V_{11} = {}^4V_{11} \end{matrix}\right\}$	$= \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3}$ ....
17	$-$	$^2V_6 - {}^1V_1$	$^3V_6$	$\left\{\begin{matrix} ^2V_6 = {}^3V_6 \\ ^1V_1 = {}^1V_1 \end{matrix}\right\}$	$= 2n - 2$ ....
18	$+$	$^1V_1 + {}^2V_7$	$^3V_7$	$\left\{\begin{matrix} ^2V_7 = {}^3V_7 \\ ^1V_1 = {}^1V_1 \end{matrix}\right\}$	$= 3 + 1 = 4$ ....
19	$\div$	$^3V_6 \div {}^3V_7$	$^1V_9$	$\left\{\begin{matrix} ^3V_6 = {}^3V_6 \\ ^3V_7 = {}^3V_7 \end{matrix}\right\}$	$= \frac{2n-2}{4}$ ....
20	$\times$	$^1V_9 \times {}^4V_{11}$	$^5V_{11}$	$\left\{\begin{matrix} ^1V_9 = {}^0V_9 \\ ^4V_{11} = {}^5V_{11} \end{matrix}\right\}$	$= \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3} \cdot \frac{2n-2}{4} = A_3$ ....
21	$\times$	$^1V_{22} \times {}^5V_{11}$	$^0V_{12}$ .... $^2V_{12}$	$\left\{\begin{matrix} ^1V_{22} = {}^1V_{22} \\ ^0V_{12} = {}^2V_{12} \end{matrix}\right\}$ $^5V_{11} = {}^3V_{11}$	$= B_3 \cdot \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3} \cdot \frac{2n-2}{4} = B_3A_3$
22	$+$	$^2V_{12} + {}^2V_{13}$	$^3V_{13}$	$\left\{\begin{matrix} ^2V_{12} = {}^0V_{12} \\ ^2V_{13} = {}^3V_{13} \end{matrix}\right\}$	$= A_0 + B_1A_1 + B_3A_3$ ....
23	$-$	$^2V_{10} - {}^1V_1$	$^3V_{10}$	$\left\{\begin{matrix} ^2V_{10} = {}^3V_{10} \\ ^1V_1 = {}^1V_1 \end{matrix}\right\}$	$= n - 3 (= 1)$ ....
		Here follows a repetition of Operations thirteen to twenty-three			
24	$+$	$^4V_{13} + {}^0V_{24}$	$^1V_{24}$	$\left\{\begin{matrix} ^4V_{13} = {}^0V_{13} \\ ^0V_{24} = {}^1V_{24} \end{matrix}\right\}$	$= B_7$
25	$+$	$^1V_1 + {}^1V_3$	$^1V_3$	$\left\{\begin{matrix} ^1V_1 = {}^1V_1 \\ ^1V_3 = {}^1V_3 \end{matrix}\right\}$ $^5V_6 = {}^0V_6$ $^5V_7 = {}^0V_7$	$= n + 1 = 4 + 1 = 5$ by a Variable-card. by a Variable-card.

Noch ein kleiner „Bug“: Das Vorzeichen des Ergebnisses muss vertauscht werden!

„…a Table, containing the details of the computation for B_7, (B_1, B_3, B_5 being supposed given)."

„…the numerical value of every Number of Bernoulli in succession, from the very beginning, ad infinitum, by the following series of computations–

- 1st Series.– Let n = 1, and calculate (8) for this value of n. The result is B_1.
- 2nd Series.– Let n = 2. Calculate (8) for this value of n, substituting the value of B_1 just obtained. The result is B_3.
- 3rd Series.– Let n = 3. Calculate (8) for this value of n, substituting the values of B_1, B_3 before obtained. The result is B_5. And so on, to any extent."

Das allererste Computerprogramm? (20)

Die folgende Interpretation des Programms mag hilfreich sein. (Die Variable V_{13} dient als Akkumulator für die Summanden in „formula (8)". Die innere „Schleife" geht über Zeilen 13 bis 23, allerdings gibt es gar keine explizite äussere Schleife! Als moderner Programmierer denkt man diese sich gerne hinzu, jedoch lässt sich das nicht ohne indizierte Variablen (V_{23} anstelle von V_{22} in der nächsten Iteration, B_5 statt B_3 etc.) bzw. ohne Adressrechnung oder indirekte Adressierung erreichen – Konzepte, die bei Babbages Maschine fehlen. Der Computerhistoriker Alan G. Bromley (1947-2002) schrieb dazu bereits 1982: „Babbage did not possess the variable-address concept; that is, there was no mechanism by which the machine could, as a result of a calculation, specify a particular variable in the store to be used of an operand for an instruction." Ada trickst hier also ein bisschen zu viel; auch vertuscht sie, dass es so jedenfalls nicht klappt!)

"Computing each Bernoulli number one at a time constituted the outer loop of the program, to use modern computer programming parlance. To compute the fractional value next to each Bernoulli number, Ada used a second loop. She started by dividing the first factor of the numerator by the first factor of the denominator and storing that value. She then divided the second factor of the numerator by the second factor of the denominator and multiplied that value by the previously stored value. These steps were repeated until the value of the fraction was completely calculated, at which point it was multiplied by the appropriate Bernoulli number.

When the program begins, there are six variables in use: V_1, V_2, V_3, V_{21}, V_{22} and V_{23}. (The superscripts in the chart indicate the number of times the variable has been used.) The values of these variables are 1, 2, n (which in this case is 4, because Ada is calculating B_7, the fourth Bernoulli number), B_1, B_3 and B_5. V_{10} is used to store the number of iterations left to perform. At the first iteration, V_{10} is equal to n–1, at the second iteration, V_{10} is equal to n–2, and so on. When V_{10} equals 1, the loop stops, and the program is finished computing the Bernoulli number.

The first six operations calculate (1/2) x $(2n - 1) / (2n + 1)$ and store the value in V_{13}. Operation 7 subtracts 1 from n and assigns it to V_{10} because the first iteration is complete. Operations 8, 9 and 10 calculate $2n/2$ and multiply it by B_1, which was calculated earlier and stored in V_{21}; they store the value in V_{12}. Operation 11 takes V_{12} and adds it to V_{13}, and operation 12 subtracts 2 from n and stores that value in V_{10}, because the second iteration is complete. Operations 13 through 21 calculate the next value and multiply it by B_5. ← [Muss wohl B_3 heissen]

One flaw in Ada's program is that she does not use a variable to keep track of each iteration while calculating the fractional values, as she does with V_{10} when she computes the product of the fractions by the previous Bernoulli numbers."

Eugene E. Kim, Betty A. Toole: *Ada and the First Computer*. Scientific American, 280 (1999): 76-81.

Das allererste Computerprogramm? (21)

Das Bernoulli-Programm – hier einmal moderner in Java:

```
[0]       n = 4;  B1 = 1.0/6.0;  B3 = -1.0/30.0;  B5 = 1.0/42.0;
//-----------------------------------------------------------------
[1-6]     A0 = -0.5 * (2*n - 1) / (2*n + 1);
[7]       i = n-1;
//---------------------------------------------
[8-9]     A1 = n;
[10-11]   V13 = A0 + A1 * B1;
[12]      i = i-1;
//-----------------------------------------------------------------
[1;8-9]   V6 = 2*n; V7 = 2; V11 = A1;   // Loop inits
//-----------------------------------------------------------------
[13-14]   V6 = V6 - 1;   V7 = V7 + 1;
[15-16]   Z = (V6 / V7) * V11;
[17-18]   V6 = V6 - 1;   V7 = V7 + 1;
[19-20]   V11 = (V6 / V7) * Z;   // V11 = A3, A5,...
[21-22]   V13 = V13 + V11 * B3; // B5 in 2nd iteration
[23]      i = i-1;  // Leave repetition loop when i = 0
//   Here follows a repetition of Operations 13 to 23
//-----------------------------------------------------------------
    System.out.println(-V13); // Result B7
```

Mit: **int** i, n;
double A0, A1, V6, V7, V11, V13, Z, B1, B3, B5;

Gegenüber dem Original-Programm wurden i.W. komplexere Ausdrücke in einer einzigen Zeile geschrieben anstatt jede Maschinenoperation in einer neuen Zeile; man beachte auch, dass Gleitkommazahlen (hier: „double“) bei der Analytical Engine nicht vorgesehen waren.

Das allererste Computerprogramm? (22)

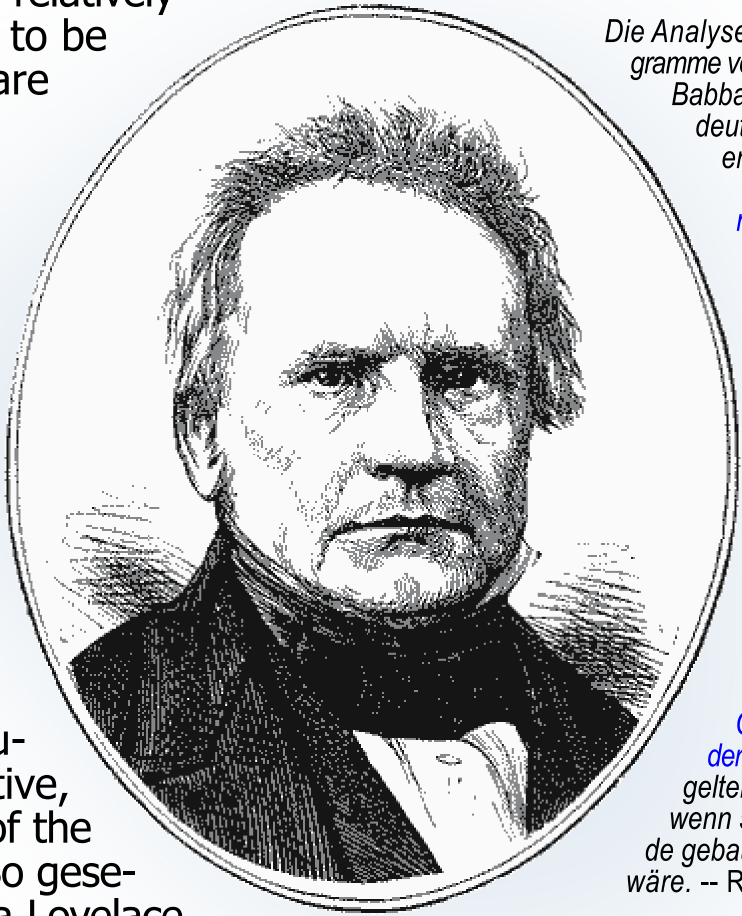
Auch Menabrea hat sein 1842 veröffentlichtes Programm zur Lösung eines linearen Gleichungssystems mit der Analytical Engine wohl nicht selbst erdacht; im Nachlass von Babbage finden sich frühere ganz ähnliche Programme; Babbage hat diese bei seinen Vorträgen in Turin vermutlich zur Illustration verwendet. Jedenfalls schreibt Babbage in seinen Memoiren, wie er in Turin ausführlich mit Menabrea und anderen Wissenschaftlern über die Analytical Engine diskutierte: „Around the room were hung the formula, the drawings, notations, and other illustrations which I had brought with me. I began on the first day to give a short outline of the idea. My friends asked from time to time further explanations. [...] It was during these meetings that my highly valued friend, M. Menabrea, collected the materials for that lucid and admirable description which he subsequently published.“ Einige der Materialien, die Babbage seinerzeit mitgebracht hatte, werden heute noch in der Akademie in Turin verwahrt; vgl. dazu das Video “Charles Babbage and the Academy of Sciences of Torino”, www.youtube.com/watch?v=_p0cSQD26Xk

Babbage hatte jedenfalls die Veranstaltung in Turin explizit dazu benutzt, für seine Maschine „Reklame“ zu machen; die Veröffentlichung von Menabrea war mit Babbage abgestimmt. Dieser schrieb später Angelo Sismoda: „Mit der Entdeckung der Analytischen Maschine bin ich meinem Land, und sogar, wie ich fürchte, meinem Zeitalter, so weit voraus, dass es für den Erfolg der Maschine von grosser Bedeutung ist, dass sie nicht allein von meinem unbestätigten Zeugnis abhängt. Ich habe deshalb das Treffen von Turin gewählt, um die Sache zu publizieren.“

Und Allan Bromley, der in den 1980er-Jahren das Archivmaterial zu Babbage im Science Museum in London studiert hatte (siehe *Allan G. Bromley: Charles Babbage's analytical engine, 1838; Annals of the History of Computing 4.3, 1982, 196-217* sowie *Allan G. Bromley: The Evolution of Babbage's Calculating Engines; Annals of the History of Computing 9.2, 1987, 113-136*) schreibt: „About 50 fragments of ‘programs’ (the modern term is somewhat misleading) for the Analytical Engine exist. They cover a variety of appli-

Das allererste Computerprogramm? (23)

cations such as the evaluation of simple formulas, recurrence relations, manipulation of power and trigonometric series, and the solution of simultaneous equations."
Und an anderer Stelle: „Babbage prepared, in total, relatively few user-level programs, and many of them seem to be attempts to clarify difficulties of which he was aware but could not overcome. [...] Some two dozen programs for the Analytical Engine exist dated between 1837 and 1840. [...] One group of programs deals with the tabulation of polynomials by difference techniques. [...] A second group of programs deals with the tabulation of iterative formulas of varying complexity. [...] A third group of programs deals with the solution of simultaneous equations by variants of Gaussian elimination. Part of the group explores various methods of doing the row reductions, with a view to minimizing the computing time. [...] These programs were reported by Babbage at Turin in 1840, written up by Menabrea, and translated into English by Augusta Ada King. That work is all essentially derivative, however; the programming ideas, and almost all of the examples, were developed by Babbage by 1840." So gesehen hatten offenbar sowohl Menabrea als auch Ada Lovelace den gleichen Gehilfen (oder gar Ghostwriter?) für ihre Programme – Charles Babbage, der Erfinder des programmgesteuerten Digitalcomputers.



Die Analyse der Programme von Charles Babbage macht deutlich, dass er der erste Programmierer der Welt war. Wie könnte es auch anders sein? Er hat die Analytische Maschine entworfen, die mit Recht als erster Computer der Welt hätte gelten können, wenn sie zu Ende gebaut worden wäre. -- Raúl Rojas

Das allererste Computerprogramm? (24)

Im Juni 2024 berichtet Raúl Rojas, emeritierter Professor der FU Berlin, in einem Aufsatz „The First Computer Program“ (CACM Vol 67 No 6), wie er das wohl tatsächlich erste Programm von Babbage analysierte; die entsprechende Notiz aus dem Nachlass von Babbage wurden vom Science Museum in London digitalisiert:

“The title of the sketch is ‘Notations and Calculations,’ and the first line reads ‘No. 1. 4 August 1837.’ This was the first of the series of programs that Babbage decided to carefully sketch out. […] The program deals with the solution of a system of two linear equations in two variables.* […] The complete computation for x requires four multiplications, two subtractions, and a final division. That is a grand total of five ‘big’ and two ‘small’ operations (as Babbage called them).

Babbage drew up two complete tables for the calculation. Table 1 shows the code and the order of the seven operations required. […] The Second Code Table: […] Having found x with the first seven lines of the program, we can now compute y using the value of x. […]

Solving systems of linear equations is very useful in many areas of mathematics and engineering. It is natural that Babbage decided to use this as a kind of benchmark problem for the Analytical Engine. In his code sketches, Babbage did not write high-level code and then compile the program. The annotations in his program are more like comments and the actual code would be the strings of punched cards for the processor and the memory. […] Babbage wrote his programs by listing the required operations and the required arguments. Both things immediately translate to the necessary punched cards. In modern parlance, Babbage wrote his programs in ‘assembler.’ […]

It is important to point out, although it is obvious, that the first sketch ever written of a computer program is not one of those published in [Menabrea, L.F. Sketch of the Analytical Engine Invented by Charles Babbage, translation with notes from Ada Augusta Lovelace, (1843)]. That publication appeared six years after Babbage had already sketched his program ‘number one’ for solving simultaneous linear equations and other 25 coding examples.”

*) Das Programm ist sehr ähnlich dem weiter oben gezeigten Programm bei Menabrea (vermutlich bildete es die Vorlage dafür).

Leseempfehlung hierzu: *Raúl Rojas: Die Computerprogramme von Charles Babbage.* Informatik-Spektrum 40(3), Juni 2017, 283-293, https://doi.org/10.1007/s00287-017-1018-5

Menabrea
Ein Pseudonym von Babbage?

> Although Lovelace was the first person to publish a computer program,… Babbage had written snippets of programs before… The fact that the statement 'Ada Lovelace was the first computer programmer' is controversial says a lot more about modern attitudes toward women in computing than it does Lovelace's abilities or achievements. -- Suw Charman-Anderson

Im April 1855 schieb Menabrea *einen Brief an den Herausgeber der Zeitschrift „Cosmos", „revue encyclopédique hebdomadaire des progrès des sciences". Er reagiert damit auf einen früheren Bericht, in dem* seine *Schrift vom Präsidenten der Royal Society, Lord Rosse, als „petit essai publiée par M. Babbage, sous le titre de* Ménabréa*" bezeichnet wurde. (Cosmos, T. 6, Avril 1855, 421–422):*

« […] Je suis bien réellement l'auteur du petit écrit que M. le comte Rosse attribue à M. Babbage, sous le pseudonyme de Ménabréa. Il y a bien des années, M. Babbage, lors d'un voyage qu'il fit en Italie, s'arrêta quelque temps à Turin, où il eut la bonté de m'expliquer les dispositions principales de sa *machine analytique*, qui diffère essentiellement de la *machine aux différences* déjà connue du public. A dire vrai, le problème que s'était proposé M. Babbage était tellement singulier, que mon premier sentiment fut celui du doute. Mais en y réfléchissant, je parvins à me convaincre que l'idée de cet illustre savant était parfaitement rationnelle et, du consentement de l'auteur, je pris le parti de faire connaître les principes fondamentaux sur lesquels repose l'étonnant instrument dont il s'agit, dans un article qui fut publié dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, nº 82, octobre 1842, page 352 et suivantes.

Quelque temps après, parut une traduction anglaise de ce même écrit, intitulée : *Sketch of the Analytical Engine, invented by Charles Babbage, Esq., by L. F.* Ménabréa *of Turin, officer of the Military Engineers,* WITH NOTES BY THE TRANSLATOR. […] Les notes qui accompagnaient la traduction de mon petit mémoire étaient extrêmement remarquables et annonçaient, dans leur auteur, une sagacité peu ordinaire.—J'ignorais le nom de cet auteur lorsque, à mon grand étonnement, j'appris de M. Babbage lui-même que la traduction et les notes étaient l'ouvrage de lady Ada Lovelace, de la fille de lord Byron, dame aussi distinguée par l'élévation de son esprit que remarquable par sa beauté, et que la mort a enlevée, il y a peu d'années dans l'âgé le plus brillant de la vie. […]

Cette invention ne ressemble à rien de ce qui a été imaginé jusqu' à ce jour, et je ne pourrais, dans les limites d'une simple lettre, en faire connaître les principes; mais qu'il suffise de dire que, par son moyen, on pourrait exécuter la série des opérations analytiques et numériques qu'exige la solution d'un problème déterminé, de la même manière que, dans le métier à la *Jacquard*, par l'emploi des *cartons*, on exécute les dessins d'une étoffe brochée. […] »

Charles Babbage
(1791 – 1871)

Charles Babbage was the son of a banker, who was himself the son and grandson of goldsmiths. [...] In 1810 he entered Trinity College, Cambridge. [...] He discovered that he already knew more of mathematics than his tutors. [...]

No one doubted that Charles Babbage was brilliant. Nor did anyone quite understand the nature of his genius, which remained out of focus for a long time. What did he hope to achieve? For that matter, what, exactly, was his vocation? [...]

Babbage did not quite belong in his time, which called itself the Steam Age or the Machine Age. He did revel in the uses of steam and machinery and considered himself a thoroughly modern man, but he also pursued an assortment of hobbies and obsessions — cipher cracking, lock picking, lighthouses, tree rings, the post — whose logic became clearer a century later. Examining the economics of the mail, he pursued a counterintuitive insight, that the significant cost comes not from the physical transport of paper packets but from their "verification" — the calculation of distances and the collection of correct fees — and thus he invented the modern idea of standardized postal rates. He loved boating, by which he meant not "the manual labor of rowing but the more intellectual art of sailing." He was a train buff. He devised a railroad recording device that used inking pens to trace curves on sheets of paper a thousand feet long: a combination seismograph and speedometer, inscribing the history of a train's velocity and all the bumps and shakes along the way. [...] He did become expert on the manufacture of Nottingham lace; also the use of gunpowder in quarrying limestone; precision glass cutting with diamonds; and all known uses of machinery to produce power, save time, and communicate signals. He analyzed hydraulic presses, air pumps, gas meters, and screw cutters. [...]

[James Gleick – The information: a history, a theory, a flood. Pantheon Books, 2011.]

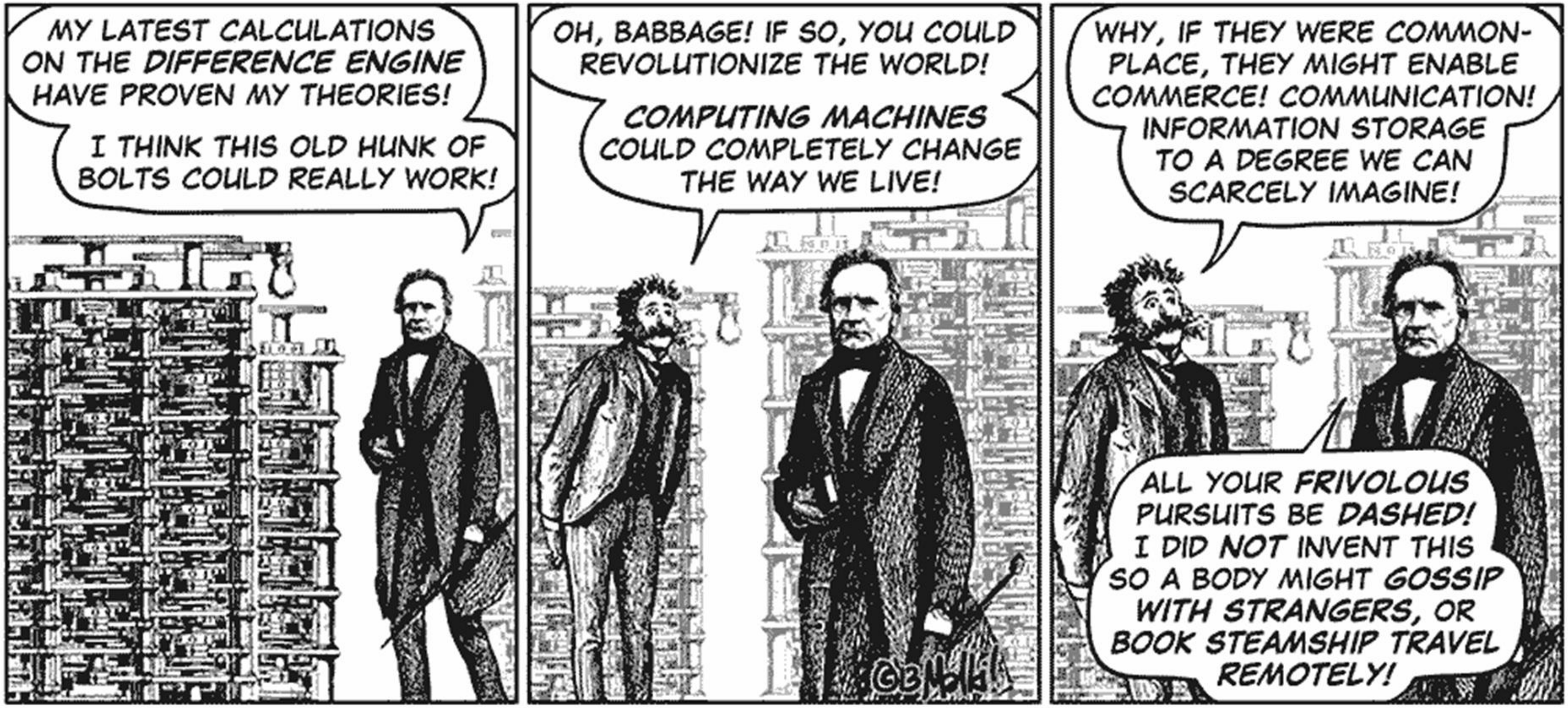
Charles Babbage (2)

Babbage als Mathematikprofessor in Cambridge (Gravur: Roffe, 1833).
https://wellcomecollection.org/works/krsuk329/images?id=wrd93e2n

"As early as 1812 or 1813 he entertained the notion of calculating mathematical tables by mechanical means, and in 1819 or 1820 began to reduce his ideas to practice. Between 1820 and 1822 he completed a small model, and in 1823 commenced a more perfect engine with the assistance of public money. It would be needless as well as impossible to pursue in detail the history of this undertaking, fully stated as it is in several of Mr. Babbage's volumes. Suffice it to say that, commencing with 1,500*l*., the cost of the Difference Engine grew and grew until 17,000*l*. of public money had been expended. Mr. Babbage then most unfortunately put forward a new scheme for an Analytical Engine, which should indefinitely surpass in power the previously-designed engine. To trace out the intricacies of negotiation and misunderstanding which followed would be superfluous and painful. The result was that the Government withdrew all further assistance, the practical engineer threw up his work and took away his tools, and Mr. Babbage, relinquishing all notions of completing the Difference machine, bestowed all his energies upon the designs of the wonderful Analytical Engine. This great object of his aspirations was to be little less than the mind of a mathematician embodied in metallic wheels and levers. It was to be capable of any analytical operation, for instance solving equations and tabulating the most complicated formulæ." -- Aus dem Nachruf „Charles Babbage died…“ in *Nature*, November 1871.

Charles Babbage (3)

Als junger Mann wollte er die Bibel testen und wissen, warum Jesus über das Wasser gehen konnte. Für diesen Zweck baute er sich entsprechende Schuhe; es gelangen ihm einige erstaunliche Schritte. Er wollte auch wissen, wie es für ein Brot ist, wenn es gebacken wird. Dazu legte er sich in einen geheizten Backofen, musste allerdings abbrechen, als es ihm zu knusprig wurde. -- Elmar Schenkel



http://wondermark.com/953 (David Malki)

Non est facta pro his qui olera aut pisculos vendunt.

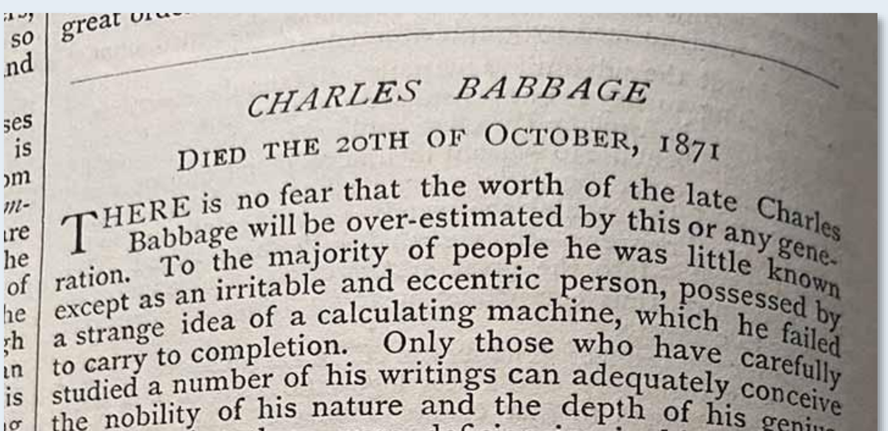
-- Gottfried Wilhelm Leibniz über seine eigene Rechenmaschine

Charles Babbage (4)

*On Dorset Street in London, when Victoria was **queen**,*
*The ingenious Charlie Babbage built a very strange **machine**…*
*One day when Charles was looking at a logarithmic **table**,*
*He thought of how much labor could be saved if he were **able***
*To build the Difference **Engine**… -- Ernest Davis*

„Sonntag, also den 29sten März, war ich bei Charles Babbage. Dieser zeigte mir und einigen Andern seine Rechenmaschine. Ich bemerkte bei den Erörterungen sehr bald, daß ich nicht binnen einer Stunde und in englischer Sprache könne in einen Mathematiker verwandelt werden; doch begriff ich: die Maschine leiste so Außerordentliches und Wunderbares durch bloßes Hin- und Herdrehen, daß Herr Babbage vor Jahrhunderten ohne Zweifel als ein Schwarzkünstler wäre verbrannt worden. In Babbages bekanntem Werke findet ihr hierüber nähere Nachrichten und es müßte sich mathematisch und doch populair nachweisen lassen, wie die Möglichkeit solcher Maschine und die Nothwendigkeit ihrer Ergebnisse, aus der Natur der Mathematik selbst folgt. Die Betrachtung und Ermittelung bloßer Quantitäten unterliegt, meines Erachtens, so natürlichen und nothwendigen Gesetzen, daß der Geist sich zurückziehen kann, sobald er das Gesetz zur Erkenntniß gebracht hat. Ist dies geschehen, so bleibt für ihn eigentlich nichts mehr zu thun, er kann die weitere Arbeit einer Maschine übertragen."

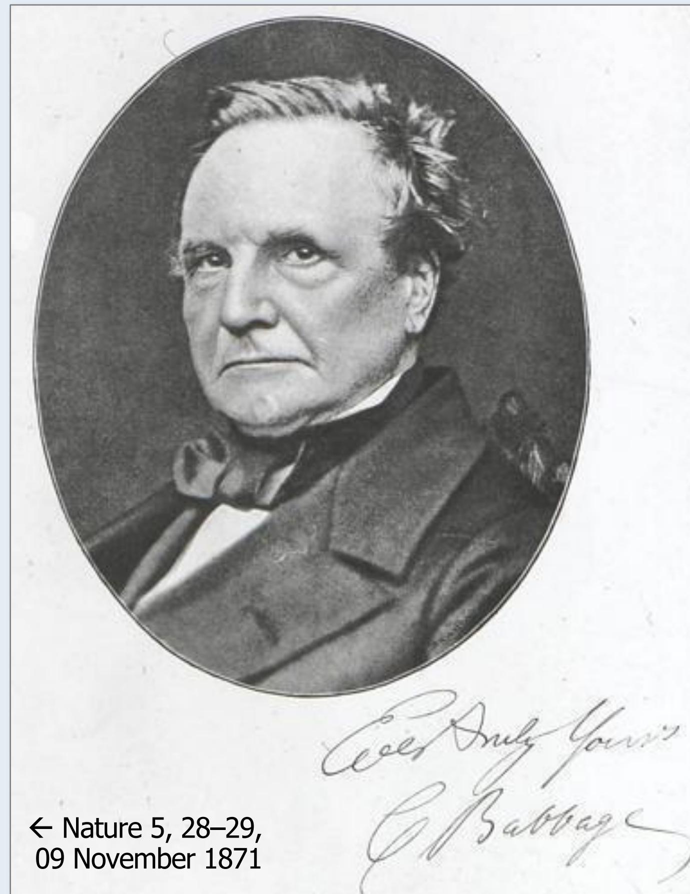
← Aus dem Reisebericht „England im Jahre 1835" von Friedrich von Raumer (1781 – 1873), Staatsbeamter sowie Professor und Rektor der Universität zu Berlin.



CHARLES BABBAGE

DIED THE 20TH OF OCTOBER, 1871

THERE is no fear that the worth of the late Charles Babbage will be over-estimated by this or any generation. To the majority of people he was little known except as an irritable and eccentric person, possessed by a strange idea of a calculating machine, which he failed to carry to completion. Only those who have carefully studied a number of his writings can adequately conceive the nobility of his nature and the depth of his genius



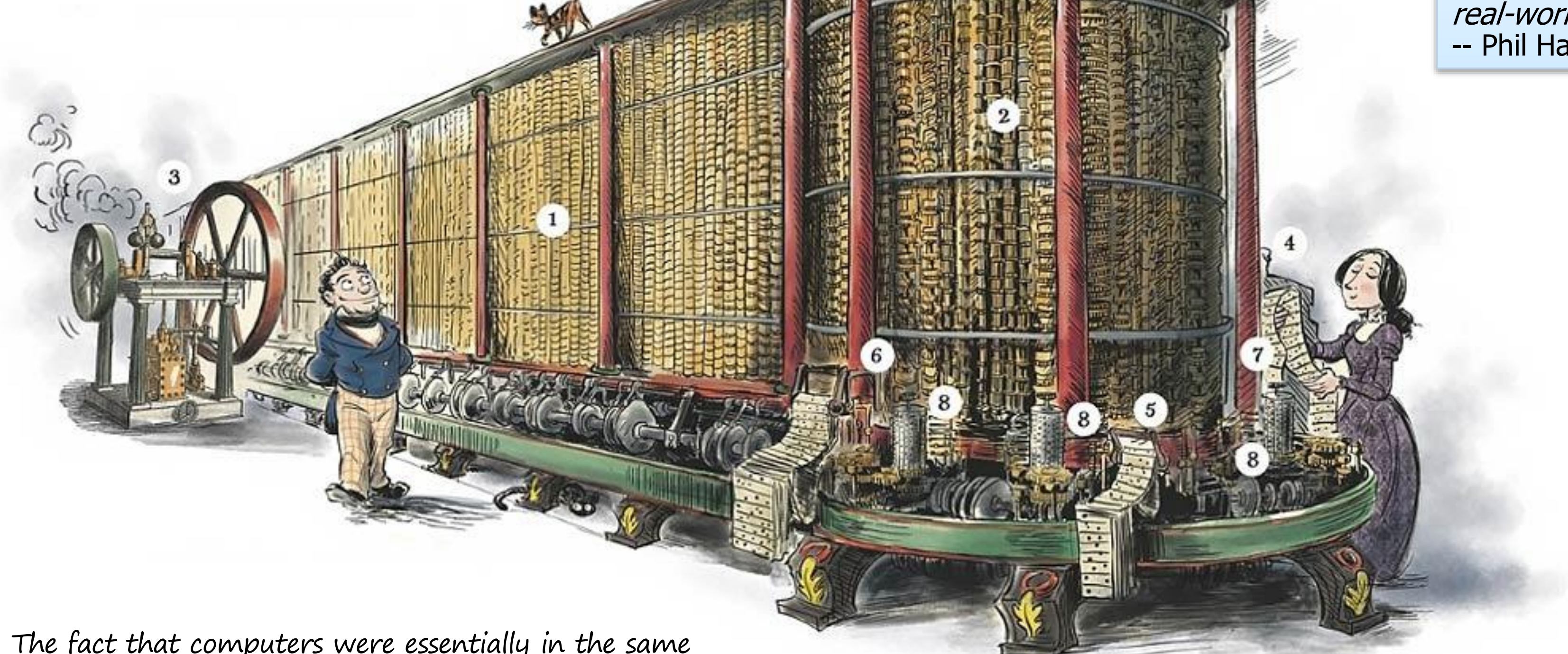
← Nature 5, 28–29, 09 November 1871

Die Analytical Engine in einer „graphic novel“

Sydney Padua: The Thrilling Adventures of Lovelace and Babbage – The (Mostly) True Story of the First Computer

This is the Analytical Engine, had it been built to Babbage's plans in the early 1840s.

1. **The Store** (hard disk, or memory). 2. **The Mill** (Central Processing Unit). 3. **Steam Engine** (power). 4. **Printer** (printer, around the other side). 5. **Operation Cards** (the program). 6. **Variable Cards** (addressing system). 7. **Number Cards** (for entering numbers). 8. **The Barrel Controllers** (microprograms).



Expecting productions of this kind to be historically accurate is a bit like expecting Superman comics to contain real-world physics.
-- Phil Harmsworth

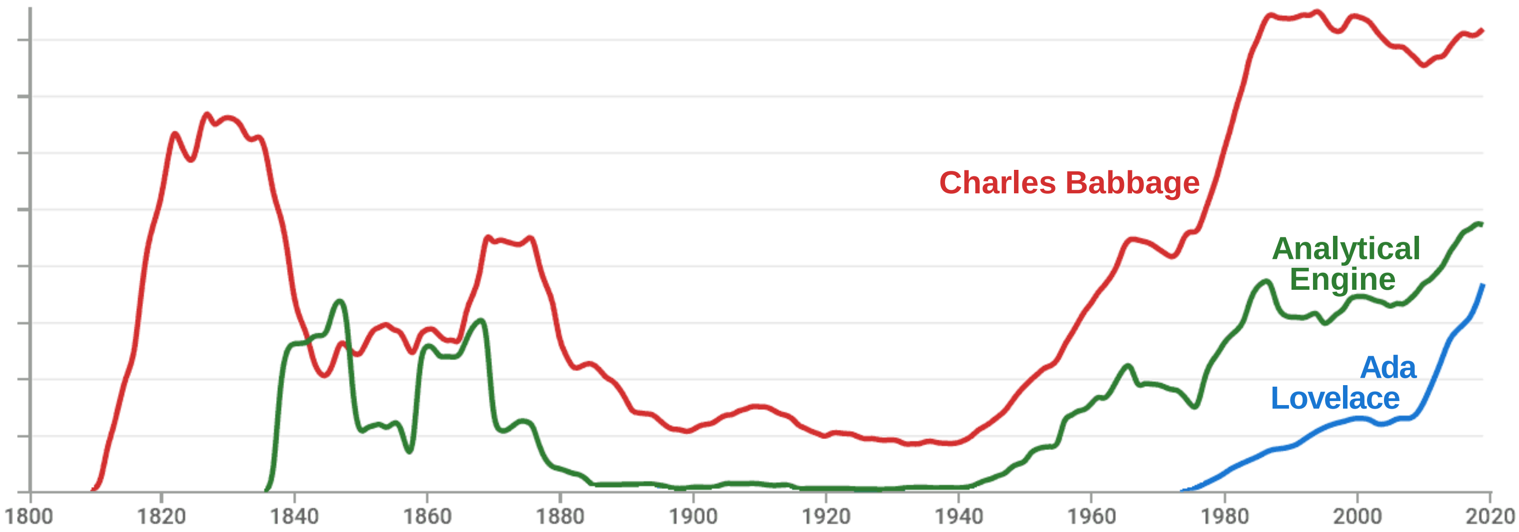
*The fact that computers were essentially in the same category as steam engines might have changed the way **programmers** were regarded – would they have worn the overalls of an engineer, complete with grease stains, an oil can in hand? Presumably "**computer operator**" would be a job with a shovel and a lot of coal to move.*

-- www.i-programmer.info

Babbage, Ada, Analytical Engine

Früher Ruhm, späte Ehre?

In all probability my reign (if ever I have one) over mankind will be chiefly after my death. -- Ada Lovelace



Grundlage ist hier der englischsprachige Wortschatz. Varianten der Schreibweise von Adas Namen (Augusta Ada King, Augusta Ada Byron, Countess of Lovelace etc.) haben nur wenig Einfluss auf ihre „Popularitätskurve".

In deutschsprachigen Publikationen (hier ohne Bild) ist zwar Charles Babbage seit ca. 1820 ein Begriff, die Analytical Engine bzw. analytische Maschine taucht aber kaum auf; Ada wird im späten 20. Jh. erst einige Jahre später als im englischsprachigen Sprachraum populär.

Die Erfinder und Konstrukteure der ersten „richtigen" Computer (Zuse, ENIAC etc.) kannten die Konzepte der Analytical Engine nicht; Babbages Ideen und Bemühungen blieben somit ohne erkennbaren Einfluss und stellen auch keine Vorläufer der modernen Computer dar.

The EDSAC-Film (1951)

www.youtube.com/watch?v=6v4Juzn10gM

Wenn man wissen will, wie das Programmieren eines Computers um 1950 ablief, dann möge man sich den von Maurice Wilkes (1913 – 2010) kommentierten Film ansehen. Wilkes war ein Computerpionier aus Cambridge, der den EDSAC-Computer konstruierte und 1967 den Turing Award erhielt.

Der DERA-Film (1963)

www.youtube.com/watch?v=HgqLIxsbRcM

Ebenfalls sehr interessant und generell „aus einer anderen Zeit“: Eine Fernsehreportage über Alwin Walthers Darmstädter Elektronischen Rechenautomaten (DERMA) von 1963.

Walthers Interviewer war der damals durch viele Fernsehsendungen bekannte und beliebte Astronom Dr. Rudolf Kühn (1926 – 1963). Er war gewissermassen der „Harald Lesch“ seiner Zeit, der physikalische Vorgänge einfach live erklären konnte. Kühns Vater war ein Testpilot, der am Tag der Geburt des Sohnes tödlich verunglückt ist. Er selbst starb im gleichen Jahr, in dem die Fernsehreportage entstand, bei einem Glatteisunfall auf der Autobahn mit seinem Porsche.

Der DERA-Film (1963)

www.youtube.com/watch?v=HgqLIxsbRcM

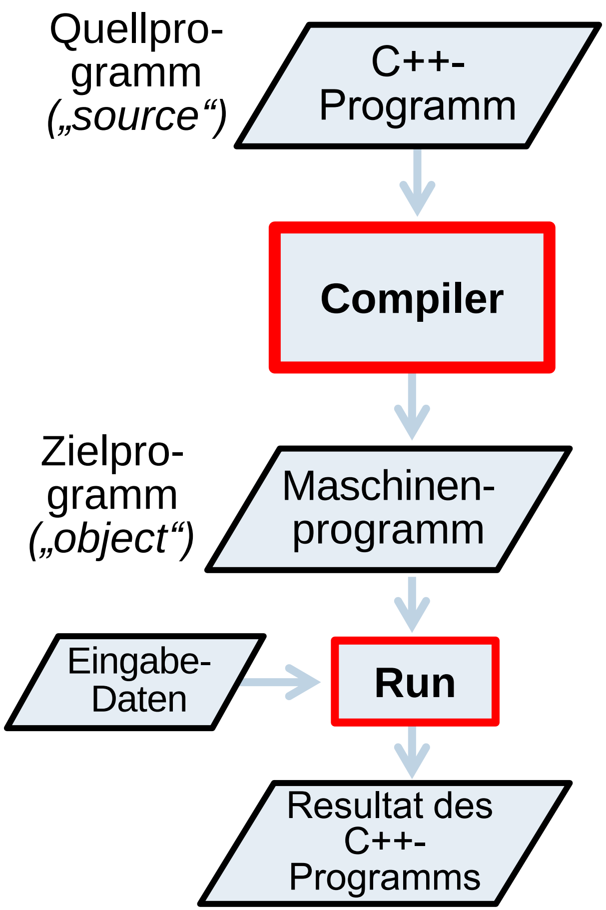
- Alte Sorgen?
- Alte Vorurteile?

Ende der längeren historischen Notiz

Compiler

Von Compilern haben wir ja bereits ausführlich (auch in „Informatik I“) Gebrauch gemacht

- Übersetzt ein Programm einer (höheren) Programmiersprache (z.B. C++) ganz in Maschinensprache




```
sc (char x[], char y[])
{ int i; i=0;
  while ((x[i]=y[i]) != 0) i++; }
```

```
sc: subi $sp, $sp, 4
    sw $s0, 0($sp)
    add $s0, $zero, $zero
L1: add $t1, $a1, $s0
    lb $t2, 0($t1)
    add $t3, $a0, $s0
    sb $t2, 0($t3)
    addi $s0, $s0, 1
    bne $t2, $zero, L1
    lw $s0, 0($sp)
    add1 $sp, $sp,4
    jr $ra
```

Eine Maschine kann keine Programme einer höheren Sprache ausführen, sondern nur Maschinenprogramme

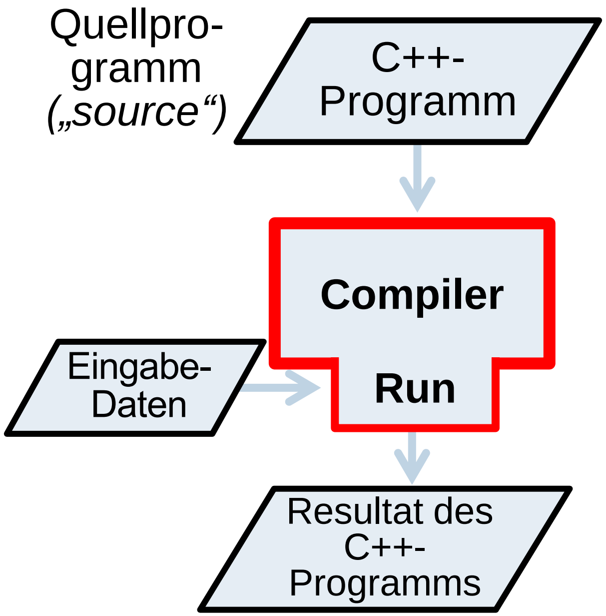
Die Maschinensprache ist Menschen nicht zumutbar

Transformation muss bedeutungsäquivalent sein!

Maschinenprogramm hier in „symbolischer“ Form; eigentlich ist jede Zeile eine Folge aus 0 und 1 („Maschinencode“)

Compiler

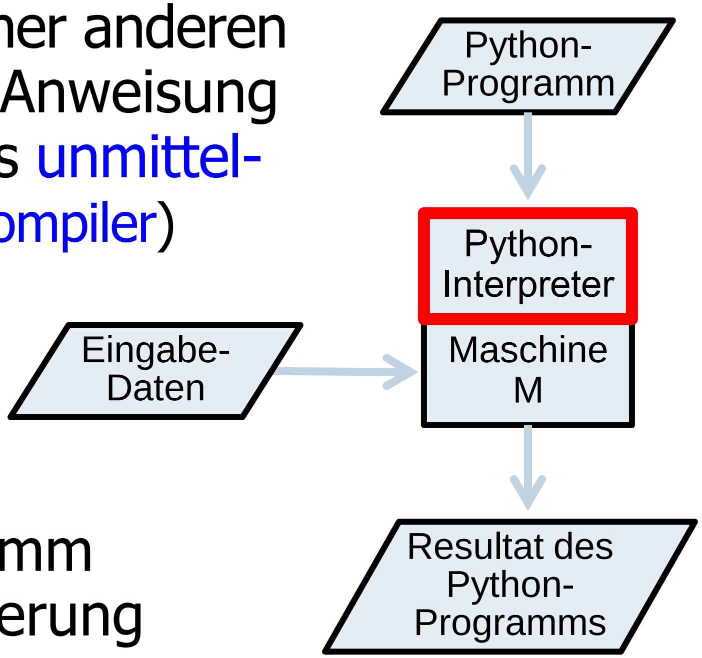
- Übersetzt ein Programm einer (höheren) Programmier-sprache (z.B. C++) ganz in Maschinensprache



→ Interpreter

Interpreter

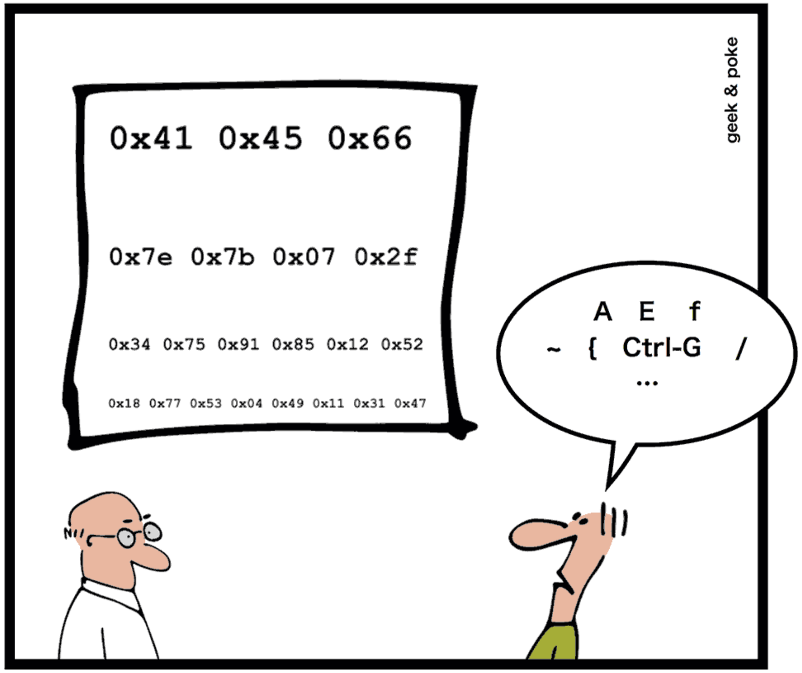
- Programm, welches ein Programm einer anderen Programmiersprache Anweisung für Anweisung nur intern analysiert und diese jeweils unmittelbar ausführt (im Gegensatz zu einem Compiler)
- Typisch für Dialog-, Skript- und Kommandosprachen
  - Z.B. Perl, Python, oder Ruby
- Vorteil: Einfaches Testen, da Programm sofort (weiter) ausführbar nach Änderung
- Nachteil: Programmausführung dauert länger als die Ausführung übersetzter (compilierter) Programme
  - Analyse, Adressberechnung etc. wird z.B. bei Schleifen neu bei jedem Durchlauf (statt einmalig) gemacht!



Java stellt eine Zwischenform dar: Java wird in Bytecode übersetzt, dieser wird dann interpretiert

Java-Bytecode

- Bytecode ist die Maschinensprache der Java-VM
  - Bei der Java-VM handelt es sich um eine Stackmaschine
- Bytecode ist ziemlich kompakt: Die meisten Instruktionen („Operationen“) sind nur 1 Byte (= 8 Bit) lang
  - Kennzeichnung durch einen 8-Bit-Operationscode („Befehlsschlüssel“)
  - Haben zusätzlich auch eine „symbolische“ Bezeichnung, z.B.:
    - **add** mit Opcode 01100000 (dezimal 96, hexadezimal 0x60)
    - **pop** mit Opcode 01010111
    - **iconst_3** mit Opcode 00000100



GEEK AT THE EYE DOCTOR

Übersetzung in Java-Bytecode

```
int abc (int p) {
  int i;
  i = 5;
  int j = 7;
  int k = j+i+j+i+3;
  return k;
}
```

iconst und bipush wirken analog

```
0  iconst_5
1  istore_1    i
2  bipush 7
4  istore_2    j
5  iload_2     j
6  iload_1     i
7  iadd
8  iload_2     j
9  iadd
10 iload_1     i
11 iadd
12 iconst_3    k
13 iadd
14 istore_3    k
15 iload_3     k
16 ireturn
```

- Die Speicherplätze für Variablen werden vom Compiler durchnummeriert
  - p auf Platz 0, i auf 1, j auf 2, k auf 3
- Diese Nummern werden dann bei istore und iload als „Adressen" verwendet
- Übergabe des Rückgabewertes via Stack
  - Daher vor „ireturn" noch „iload_3" für k

Übersetzung in Java-Bytecode

```java
int abc (int p) {
   int i;
   i = 5;
   int j = 7;
   int k = j+i+j+i+3;
   return k;
}
```

0	iconst_5	
1	istore_1	i
2	bipush 7	
4	istore_2	j
5	iload_2	j
6	iload_1	i
7	iadd	
8	iload_2	j
9	iadd	
10	iload_1	i
11	iadd	
12	iconst_3	k
13	iadd	
14	istore_3	k
15	iload_3	k
16	ireturn	

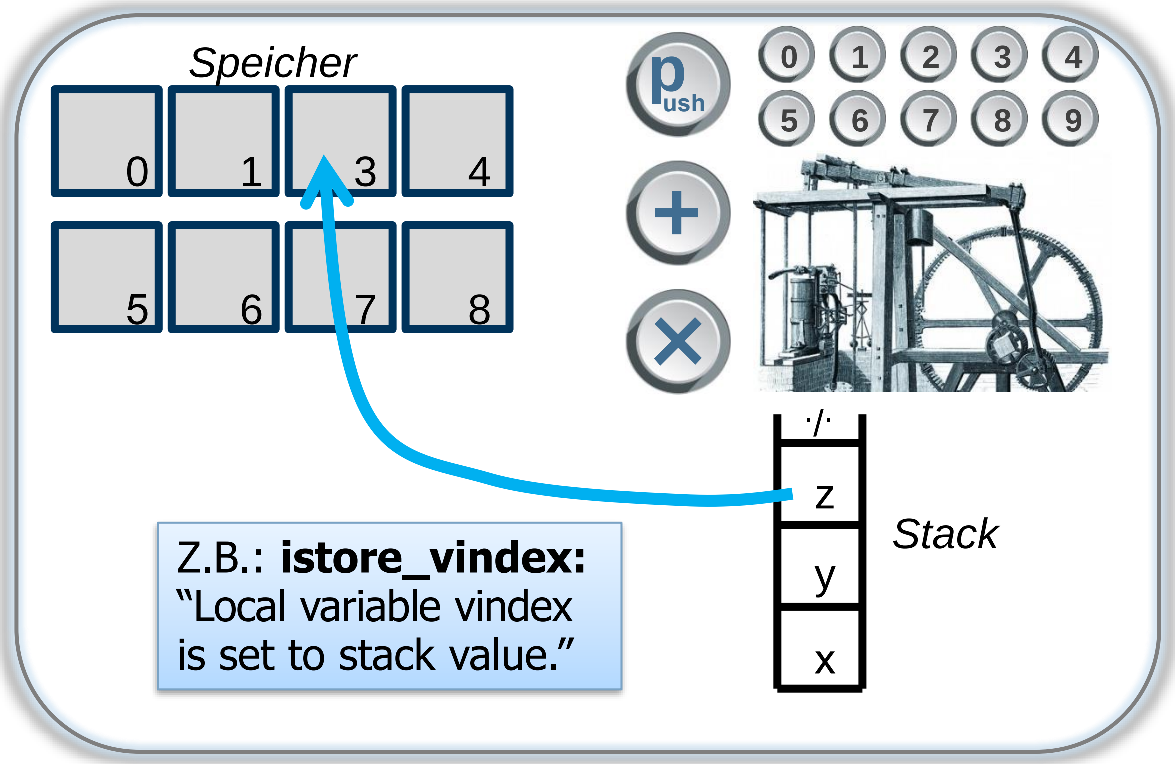
In Binärcode weiterübersetzt, sieht das Ergebnis so aus:

```
0000 1000 0011 1100 0001 0000 0000 0111
0011 1101 0001 1100 0001 1011 0110 0000
0001 1100 0110 0000 0001 1011 0110 0000
0000 0110 0110 0000 0011 1110 0001 1101
1010 1100
```

Das sind nur 136 Bits für dieses (ziemlich sinnlose) Demo-Programm

Übersetzung in Java-Bytecode

- Um die Wirkung der Befehlssequenz zu verstehen, denken wir uns eine Stackmaschine
  - Jeder einzelne Befehl ist als Operation mit dieser Maschine festgelegt („operationale Semantik")




```
0  iconst_5
1  istore_1    i
2  bipush 7
4  istore_2    j
5  iload_2     j
6  iload_1     i
7  iadd
8  iload_2     j
9  iadd
10 iload_1     i
11 iadd
12 iconst_3    k
13 iadd
14 istore_3    k
15 iload_3     k
16 ireturn
```

Übersetzung in Java-Bytecode – zweites Beispiel

```
void q() {
  int i=0, j=0;
  boolean b = false;
  b = (4*i + (3+j)*2) > j+7*i;
  b = b & (33 > 2+j);
}
```

Postfix!

```
 0 iconst_0      i
 1 istore_0
 2 iconst_0      j
 3 istore_1
 4 iconst_0      b
 5 istore_2
 6 iconst_4
 7 iload_0
 8 imul
 9 iconst_3
10 iload_1
11 iadd
12 iconst_2
13 imul
14 iadd
15 iload_1
16 bipush 7
18 iload_0
19 imul
20 iadd
21 if_icmpgt 28
24 iconst_0
25 goto 29
28 iconst_1
29 istore_2
30 iload_2
31 iconst_2
32 iload_1
33 iadd
34 bipush 33
36 if_icmplt 43
39 iconst_0
40 goto 44
43 iconst_1
44 iand
45 istore_2
```

Man kann sich den Java-Bytecode der Klasse xx, den der Java-Compiler (z.B. in der Datei xx.class) generiert hat, in symbolischer Form anzeigen lassen. Bei Linux etwa mit dem Konsolekommando

`javap -c xx`

Unter Eclipse gibt es auch diverse Byte-code-Viewer / -Visualizer als plug-ins.

Tipp: Dieses ausprobieren, man macht interessante Entdeckungen!

Denkübung: Wie ändert sich der Bytecode bei „&&" statt „&"? Wieso?

VM-Instruktionen

- Instruktionen operieren i.Allg. auf dem Operandenstack
  - Aber einige dienen auch nur der Steuerung des Kontrollflusses
- Instruktionen werden durch einen Operationscode gekennzeichnet (1 Byte, daher max. 256 Instruktionen)
  - Einige Instruktionen sind auch zwei oder mehr Byte lang, wenn nachfolgende Bytes Operanden darstellen (z.B. Index einer Variablen oder ein direkter Wert, wie z.B. bei bipush)
- Neben den genannten Beispielen gibt es viele weitere
  - Siehe z.B. *Tim Lindholm et al.: The Java Virtual Machine Specification:* https://docs.oracle.com/javase/specs/index.html
  - Oder bei Wikipedia *Java bytecode instruction listings:* https://en.wikipedia.org/wiki/Java_bytecode_instruction_listings

Eine Auswahl von VM-Instruktionen

iconst_m1
Push the integer -1 onto the stack.

iconst_0, ... iconst_5
Push the integer 0,..., 5 onto the stack.

iload_vindex
The value of the local variable at vindex in the current Java frame is pushed onto the operand stack.

istore_vindex
Local variable vindex in the current Java frame is set to stack value.

nop
Do nothing

bipush byte
Push one-byte signed integer.

pop
Pop top stack word from the stack.

iadd
Top stack values must be integers. Two values are added and replaced on the stack by their integer sum.

imul
...replaced on the stack by their integer product.

vindex: die Variablen eines „frames" sind durchnummeriert; vindex ist dabei die Nummer („index") einer Variablen

Ein Bytecode-Beispiel: Fakultätsfunktion rekursiv

$$f(n) = \begin{cases} 1 & \textit{falls } n = 1 \\ n \times f(n-1) & \textit{falls } n > 1 \end{cases}$$

```
0  load_0
1  iconst_1
2  if_icmpne  5
3  iconst_1
4  ireturn

5  iload_0
6  iload_0
7  iconst_1
8  isub
9  invokestatic  #29
10 imul
11 ireturn
```

Der Parameter n

Man kann Bytecode wie jede andere Programmiersprache benutzen und Programme schreiben – das ist allerdings doch etwas mühsam und fehleranfällig

Methodenaufruf: Die Bezeichnung der Methode erfolgt indirekt über einen Index (hier #29) einer Namenstabelle, wo die Methodennamen aufgeführt sind – hier ist es rekursiv die Methode selbst.

Zuoberst auf dem Stack steht n-1 (als Parameter), darunter n.

Die Parameter für die gerufene Methode werden konventionsgemäss vorher auf den Stack gelegt, das Ergebnis findet sich danach ebenfalls auf dem Stack.

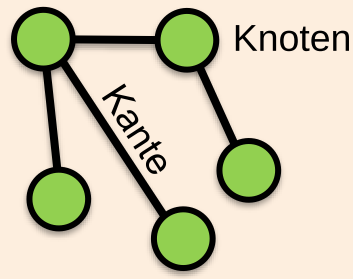
Eine kleine „Reverse-Engineering"-Aufgabe

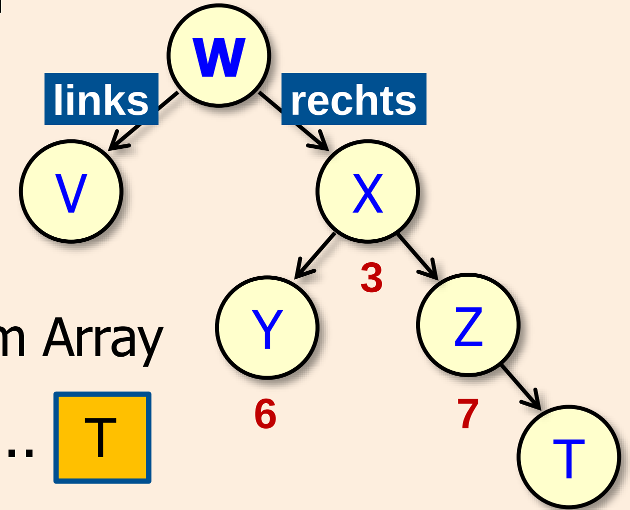
Welche Funktion des in Speicherplatz 0 abgelegten Parameters berechnet folgendes Bytecode-Programm?

```
0  iconst_1
1  istore_1
2  iload_0     // push parameter (variable 0) on stack
3  ifle 14     // go to 14 if negative or null
6  iload_1
7  iload_0
8  imul
9  istore_1
10 iinc 0, -1  // decrement variable 0 by 1
11 goto 2
14 iload_1
15 ireturn
```

Resümee des Kapitels

- Bäume
  - Definition, Charakterisierung

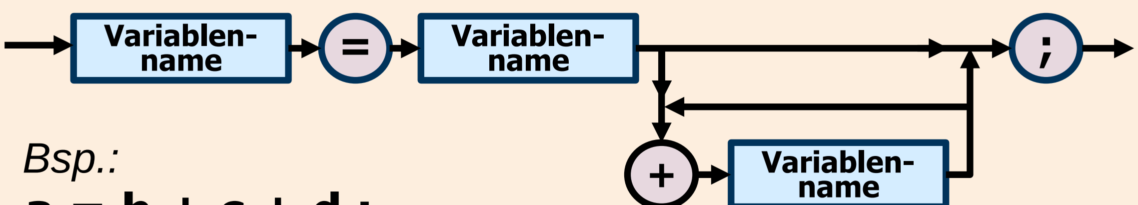




- Wurzelbäume
  - Diverse äquivalente Darstellungen
  - Binärbaum niveauweise repräsentiert in einem Array

~~ ~~	W	V	X			Y	Z				…	T
0	1	2	**3**	4	5	**6**	**7**	8	9	10		15

- Syntaxdiagramme
  - Generierung aller syntaktisch korrekten Programme
    (das ist im Allgemeinen eine unendliche Menge!)

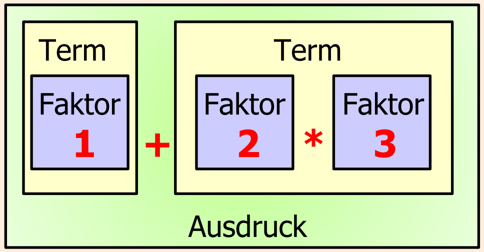


Bsp.:

a = b + c + d ;

Resümee des Kapitels (2)

- Syntaxanalyse arithmetischer Ausdrücke Beispiel: **1 + 2 ∗ 3**
  → Struktur explizit machen (z.B. Bindungspriorität; implizite Hierarchie)
  → Automatische Generierung eines Syntaxbaums

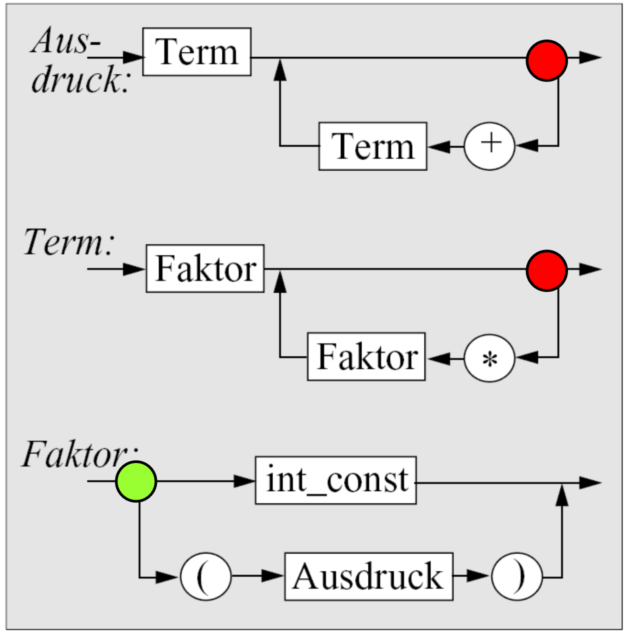



```
Ausdruck
  Term
    Faktor
      int_const: 1
  +
  Term
    Faktor
      int_const: 2
    *
    Faktor
      int_const: 3
```

In the '60s, computer scientists started designing sophisticated, human-friendly languages like Fortran and ALGOL. These pioneers designed languages that they honestly weren't even sure how to write compilers for, and then did ground-breaking work inventing parsing and compiling techniques. The truth is you don't need to know most of that stuff to bang out a high-quality parser for a modern machine. -- Robert Nystrom.

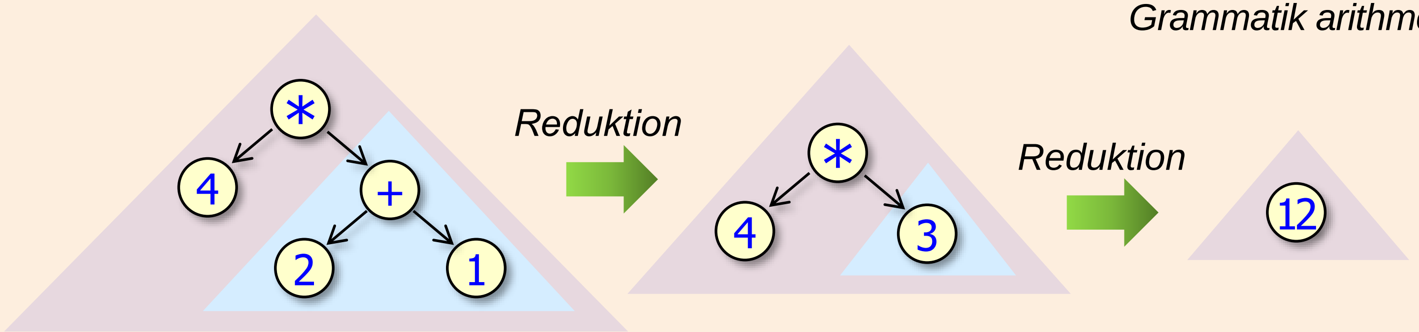
Resümee des Kapitels (3)

- Syntaxanalyse mit rekursiven Abstieg
  → Parser als „programmierte“ Syntaxdiagramme
  → Erzeugung eines Syntaxbaums „en passant“



Grammatik arithmetischer Ausdrücke

- Auswertung von Operatorbäumen



- Traversieren von Bäumen in inorder bzw. postorder
  - Liefert bei Operatorbäumen den Ausdruck in Infix- bzw. Postfixnotation

Resümee des Kapitels (4)

Bedeutungserhaltende algorithmische
Transformation von Darstellungen

- Compiler-Aspekte
  - Infix → Postfix
  - Postfix-Auswertung

  } mit Stack
  - Ziffernfolgen → Zahlen: Horner-Schema

```
( 5 + ( 7 * 3 ) )
```

- Infix-Ausdrücke
  - Codegenerierung für eine Stackmaschine `(1+2)*3` →

```
push(1)
push(2)
plus
push(3)
mult
```

  - Interpreter („Taschenrechner“)

```
while (c == '+') { …
   stk.push(stk.pop() + stk.pop());
}
```

- Übersetzung Java → Bytecode
  - Java-VM als Bytecode-Interpreter

```
0 iconst_5
1 istore_1
2 bipush 7
3 istore_2
4 iload_2
5 iload_1
6 iadd
```