

11.

Spielbäume, Computerspiele und Spieltheorie

Buch Mark Weiss „Data Structures & Problem Solving Using Java“ siehe: 459-469

Weiterer Literaturhinweis: Alexander Reinefeld: Entwicklung der Spielbaum-Suchverfahren: Von Zuses Schachhirn zum modernen Schachcomputer. In: W. Reisig, J.C. Freytag: Informatik – Aktuelle Themen im historischen Kontext, S. 241-273, Springer-Verlag 2006, https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-32743-6_11

Lernziele Kapitel 11 Spielbäume ... Spieltheorie

- Strategische 2-Personen-Nullsummenspiele mit perfekter Information charakterisieren und von anderen Spieltypen abgrenzen können
- Prinzip des Spielbaums und seiner Analyse kennen
- Minimax- und Alpha-Beta-Algorithmus anwenden können
- Optimierungen, wie z.B. Nullfenster-Verfahren, beschreiben können

Thema / Inhalt

Ein langes Kapitel der Vorlesung! Wir behandeln das Thema der strategischen Spiele aus zwei Gründen ausführlich: Zum einen werden im vorlesungsbegleitenden Praktikum in Kleingruppen schrittweise **Reversi**-Spielprogramme entwickelt, die am Ende des Semesters in einem Turnier gegeneinander antreten – Kenntnisse der zugrundeliegenden Theorie und der praktisch anwendbaren Konzepte sind dafür natürlich nützlich. Zum anderen haben Spielprogramme eine faszinierende jüngere Geschichte: Viele bekannte Mathematiker und Informatiker (u.a. Charles Babbage, Alan Turing, John von Neumann, Konrad Zuse, Claude Shannon oder Norbert Wiener) haben sich damit befasst; ferner wurden viele Spielprogramme (zunächst eher für strategisch und algorithmisch weniger anspruchsvolle Kinderspiele wie Nim oder Tic-Tac-Toe, später auch für „schwierige“ und gesellschaftlich hochgeachtete Spiele wie Schach und Go)

Thema / Inhalt (2)

nicht nur entwickelt, sondern wirkungsvoll in Szene gesetzt und vorgeführt oder konnten in dramatischen Schaukämpfen und Turnieren gegen menschliche Spieler ihr Können unter Beweis stellen.

Gerade letzteres ist auch kulturgeschichtlich interessant: Können Maschinen dem Menschen bei intellektuellen Fähigkeiten ebenbürtig sein oder können sie ihn sogar übertrumpfen? Wenn zum Spielen, zumindest bei so anspruchsvollen Spielen wie Schach, Dame oder Go, Intelligenz nötig ist, um gut zu spielen und zu gewinnen (und wer wollte das bestreiten?), dann würde der Sieg einer Maschine über den Menschen ja heissen, dass **künstliche Intelligenz** auf einem hohen Niveau existiert (und es so gesehen vielleicht nur noch ein kleiner Schritt ist, bis die superklugen Maschinen uns bei all` den intellektuell schwierigen Alltagsproblemen helfen – Auto fahren, Krieg führen, Umweltprobleme lösen – oder sie uns versklaven...).

Insofern war das automatische Spielen schon immer mit künstlicher Intelligenz verbunden, auch schon lange, bevor es ein Forschungsgebiet mit diesem Namen gab. Den glamourösen **Schachtürken**, den Baron Wolfgang von Kempelen vor 250 Jahren gebaut und vorgeführt hat, könnte man als Anfangspunkt nennen (kunstvolle mechanische Automaten in Form von Puppen, die z.B. mit der Hand schreiben konnten, gab es allerdings schon zuvor). Zwar war die Sache ein Betrug, weil ein kleiner schachkundiger Mensch, versteckt im Räderwerk der Türkenpuppe, diese über ein Gestänge steuerte, aber das Faszinosum eines schachspielenden Automaten war damit in der Öffentlichkeit angekommen. Sogar **Charles Babbage** verlor ein Spiel gegen den Schachtürken, konzipierte dann aber Mitte des 19. Jahrhunderts „a machine that should be able to play a game of purely intellectual skill successfully; such as tit-tat-to, drafts, chess, &c.“ und kam zu einer zentralen Erkenntnis: „I soon arrived at a demonstration that every game of skill is susceptible of being played by an automaton.“

Thema / Inhalt (3)

Konkret befassen wir uns in diesem Kapitel vor allem mit der Klasse der „**endlichen rein-strategischen 2-Personen-Nullsummenspiele mit perfekter Information**“, wozu die meisten klassischen Brettspiele gehören, insbesondere Schach, Dame, Go und Reversi – vermutlich meinte auch Charles Babbage genau dies mit seinen „games of skill“. Einen Meilenstein der mathematisch-algorithmischen Analyse solcher Spiele stellt der Artikel „Zur Theorie der Gesellschaftsspiele“ dar, den **John von Neumann** 1928, im Alter von 25 Jahren, in den „Mathematischen Annalen“ veröffentlichte, aber schon 1926 (im Jahr, nachdem er sein Studium an der ETH Zürich abgeschlossen hatte), als Manuskript für einen Vortrag verfasst hatte. Es geht um die Frage, wie sich ein Spieler in einer gegebenen Spielsituation entscheiden sollte, um ein möglichst günstiges Resultat zu erzielen. Von Neumann beschreibt das Problem in der Einleitung so: „...hängt das Schicksal eines jeden Spielers ausser von seinen eigenen Handlungen auch noch von denen seiner Mitspieler ab; und deren Benehmen ist von genau den selben egoistischen Motiven beherrscht, die wir beim ersten Spieler bestimmen möchten. Man fühlt, dass ein gewisser Zirkel im Wesen der Sache liegt.“

Für die hier relevante Spielklasse beweist von Neumann das **Min-Max-Theorem**; es stellt den garantierten Mindestgewinn dar, den die beiden Spieler bei jeweils „optimalem“ Spiel erzielen können. Wir wählen für die Analyse sogenannten „reinen“ Strategien einen anschaulichen Zugang über Entscheidungsbäume, in diesem Kontext auch Spielbäume genannt. Solche Spielbäume stellen eine vollständige Beschreibung eines Spiels dar – die Blätter beschreiben die Endsituationen, aus denen ersichtlich ist, wer (wie hoch) gewonnen hat bzw. ob es unentschieden ausging; jedem Ast entspricht ein möglicher Spielverlauf. Theoretisch könnte man also jeden Unterbaum nach einem Zug aus der gegenwärtigen Situation heraus dahingehend überprüfen, ob ein Sieg erzwungen werden kann oder (bei klugem Spielen des Gegners) ein

Thema / Inhalt (4)

Verlust droht. Dann könnte man sich für die aussichtsreichste Alternative entscheiden. Typischerweise sind Spielbäume aber viel zu gross für eine erschöpfende Suche, so dass man den Baum nur bis zu einer bestimmten Tiefe analysiert und die dort erreichten Stellungen schätzungsweise bewertet; ausserdem wird man möglichst die wenig zielführend erscheinenden Zugalternativen schon früh ausschliessen, um den Baum schlank zu halten. Die derart zurechtgestutzten Spielbäume sind dann in vernünftiger Zeit auswertbar und stellen hoffentlich trotzdem eine gute Approximation des Ergebnisses dar, das eine vollständige Spielbaumauswertung liefern würde.

Die Spielbaumauswertung geschieht nach dem **Minimax-Prinzip**, welches unmittelbar in einen einfachen Algorithmus umgesetzt werden kann. Im Grunde geht es genauso, wie wir es von der Auswertung von Syntaxbäumen oder Operatorbäumen für arithmetische Ausdrücke schon kennen – nur dass man hier keine Addition und Multiplikation vorliegen hat, sondern die Operatoren „max“ und „min“. Noch deutlicher wird die Entsprechung, wenn man an den Blättern nur zwei Werte zulässt: „1“ für gewonnen, und „0“ für verloren (inkl. unentschieden). Dann entspricht „max“ der Oder-Funktion (mit „1“ = true und „0“ = false) und „min“ der Und-Funktion. Mit solchen **Und-Oder-Bäumen** landet man schnell bei booleschen Funktionen bzw. der booleschen Algebra – und kann damit buchstäblich auf algebraische Weise ausrechnen, ob ein Zug gut oder schlecht ist.

Bei der Auswertung logischer Ausdrücke kennt man naheliegende Abkürzungen: Sobald sich bei einem „und“ auch nur einer der Operanden als „false“ herausstellt, dann kann man abbrechen – das Ergebnis ist „false“, unabhängig von evtl. noch vorhandenen weiteren Operanden. (Analoges gilt für „oder“.) Dieses Abkürzungsprinzip lässt sich auf Ausdrücke mit max und min verallgemeinern und führt zu einer wesentlich effizienteren Auswertung von Spielbäumen als

Thema / Inhalt (5)

nach dem einfachen Minimax-Algorithmus. Dies ist die zentrale Idee des sogenannten **Alpha-Beta-Algorithmus**. Mit ein paar (in der Praxis meist zutreffenden) Annahmen kann man die Spielbaumauswertung darüber hinaus noch weiter beschleunigen. Wir besprechen drei solche Verfahren: „Spekulative Suchfenster“, „Last Move Improvement“ und „Nullfenster-Suchverfahren“.

Im **historischen Teil** des Kapitels kommen wir auf einige Personen zu sprechen, die sich einerseits an der Automatisierung von Spielern versucht haben, andererseits auch darüber hinaus Bedeutendes für den Fortschritt von Mathematik, Informatik und Computeranwendung geleistet haben. Dazu gehören Torres Quevedo, Claude Shannon, John von Neumann, Alan Turing und Norbert Wiener. Wir nutzen die Gelegenheit, einige Aspekte aus ihrer Biographie zu beleuchten – man erkennt nebenbei, dass die Welt vor 50 bis 100 Jahren in manchem doch ein bisschen anders aussah als heute und kann beispielhaft an den beiden jüdischen Emigranten Dietrich Prinz und Josef Kates das schwere Schicksal vieler nobler Menschen erahnen, die unter nationalistischer und rassistischer Ideologie sowie dem Krieg stark gelitten haben, teilweise mehrfach und in jedem Fall unverschuldet.

Vor allem **Norbert Wiener** gibt Anlass zu einem kleinen thematischen Einschub, da er unmittelbar nach dem zweiten Weltkrieg die Kybernetik begründet hatte. Seinerzeit gab es Begriffe wie „Informatik“, „Automatisierung“, „Digitalisierung“ (im heutigen Sinne) oder „künstliche Intelligenz“ noch nicht, andererseits lag das dadurch Bezeichnete in der Luft; Claude Shannon hatte gerade seinen Artikel zur Informationstheorie veröffentlicht, Regelkreise hatte man bei Dampfmaschinen schon länger verwendet, aber nun auch in der Biologie entdeckt und der zweite Weltkrieg hatte der Computerentwicklung und der Informationsübertragung einen deutlichen Schub verliehen. Die **Kybernetik** war der Versuch, diese diversen und doch zusammen-

Thema / Inhalt (6)

hängenden Wissenschaftsgebiete und ihre analogen Erkenntnisse unter einen Hut zu bringen. Rückblickend aus heutiger Zeit wurde die Kybernetik einmal als „analoge künstliche Intelligenz“ bezeichnet, auch um zu verdeutlichen, dass die heute allumfassende Digitalisierung seinerzeit noch keine Rolle spielte. Die Kybernetik erlebte einen kometenhaften Aufstieg, aber auch einen jähen Fall. Wie es dazu kommen konnte, ist eine interessante und lehrreiche Geschichte.

Vor allem im **Sozialismus**, insbesondere in der UdSSR und der DDR, war der Umgang mit der Kybernetik in hohem Masse spannungsgeladen: Denn die Kybernetik versuchte einerseits fast im Sinne einer Ideologie (und dann eben in Konkurrenz zur marxistisch-sozialistischen Weltanschauung) eine umfassende Theorie zum Verständnis komplexer Systeme zu begründen – und zwar nicht nur technischer und biologischer Systeme, sondern durchaus auch gesellschaftlicher – andererseits stellten ihre Erkenntnisse (sowie die Computer als ihre Erzeugnisse) mächtige Werkzeuge dar, die insbesondere für eine Planwirtschaft und für Rationalisierungsbemühungen (sowie im kalten Krieg für den Wettlauf im Weltall und um die besseren weltvernichtenden Waffensysteme) von grösstem Nutzen erschienen. Wie geht man mit diesem dialektischen Widerspruch um? Nun, wie man historisch tatsächlich damit umging, ist ebenfalls lehrreich!

Mittlerweile ist sowohl im Osten wie auch im Westen der Hype um die Kybernetik schon längst wieder verflogen und ist der Begriff von der Bildfläche verschwunden – sogar fast zu einem Tabu geworden. Übriggeblieben ist „cyber“ als Abkürzung – zunächst als postmoderner Sammelbegriff für alles Mögliche, dann als kreatives Wortpräfix des aufgehenden Digitalzeitalters.

Schliesslich thematisieren wir noch kurz die (teilweise dramatischen) **Schaukämpfe „Mensch gegen Maschine“**. Es begann mit der Levy-Wette: 1968 wettet Schachmeister **David Levy**

Thema / Inhalt (7)

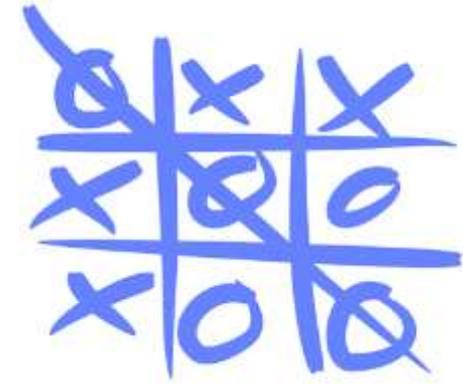
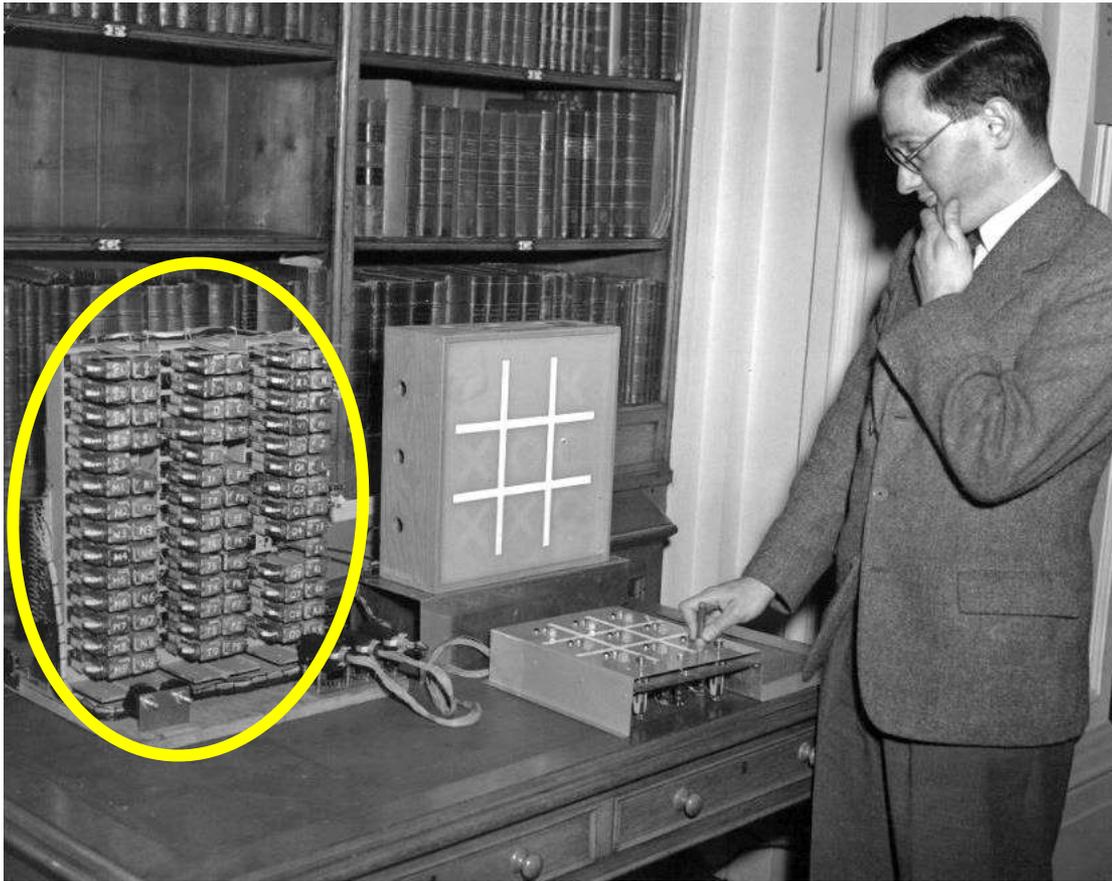
250 britische Pfund, dass ihn innerhalb von 10 Jahren kein Computer im Schach schlagen würde. 1978 ging zwar alles nochmal gut, doch dann kam es ein Jahr später in einem Fernsehstudio zur Entscheidungsschlacht von ihm gegen „Chess 4.8“, die theatralisch inszeniert war. Ein zeitgenössischer Bericht vermerkt: „... hatten die Hamburger einen riesigen Arm, mit dem normalerweise Autos lackiert werden, an den Computer angeschlossen. Der führte die Züge am Brett mit roboterhafter Starre und Entsetzlichkeit aus, und nicht nur dem armen Levy, sondern auch den Zuschauern im Studio kam dabei eine Gänsehaut.“

1997 tritt der amtierende Schachweltmeister **Garri Kasparow** („niemals werde ich mich von einer Maschine schlagen lassen!“) in einem Turnier gegen den speziell hierfür gebauten Supercomputer „**Deep Blue**“ von IBM an – und verliert knapp mit 3,5:2,5 Punkten! Damit war ein Meilenstein erreicht – zumindest im Königsspiel Schach sind Menschen den Maschinen nun tatsächlich unterlegen.

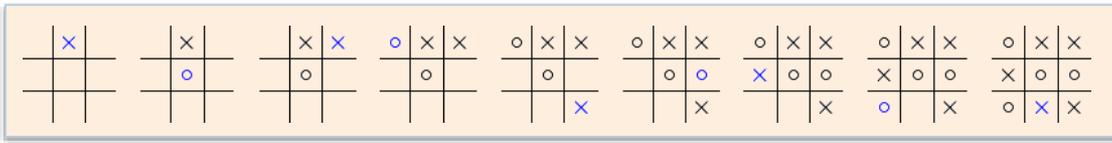
Nunmehr galt das noch schwierigere Go als nächste grosse Herausforderung für die Entwickler strategischer Spielprogramme. Im März 2016, früher als erwartet, kam es zu einem unerwarteten Triumph der künstlichen Intelligenz: Das Programm **AlphaGo**, das die Monte-Carlo-Baumsuche mit tiefen neuronalen Netzen kombiniert, gewann ein Go-Turnier gegen Weltmeister **Lee Sedol**. Ein Kommentator schrieb zu den ersten drei Niederlagen Lees gegen AlphaGo: „Nach dem ersten Spiel war er überrascht. Nach dem zweiten Spiel war er enttäuscht. Nach dem dritten Spiel sah er aus, als hätte ihn ein Pferd getreten.“ Sedol konnte zwar mit dem Gewinn der vierten Partie seine Ehre retten, verlor aber klar das Turnier. Eine weitere Niederlage der Menschheit im globalen Wettkampf um die Intelligenz (und damit die Welt Herrschaft?) – so wird es jedenfalls oft interpretiert. Aber kann aus der Inselbegabung von Maschinen wirklich so etwas wie eine „Artificial General Intelligence“ hervorgehen?

1949: Eine **Tic-Tac-Toe**-Maschine mit elektromechanischen Relais

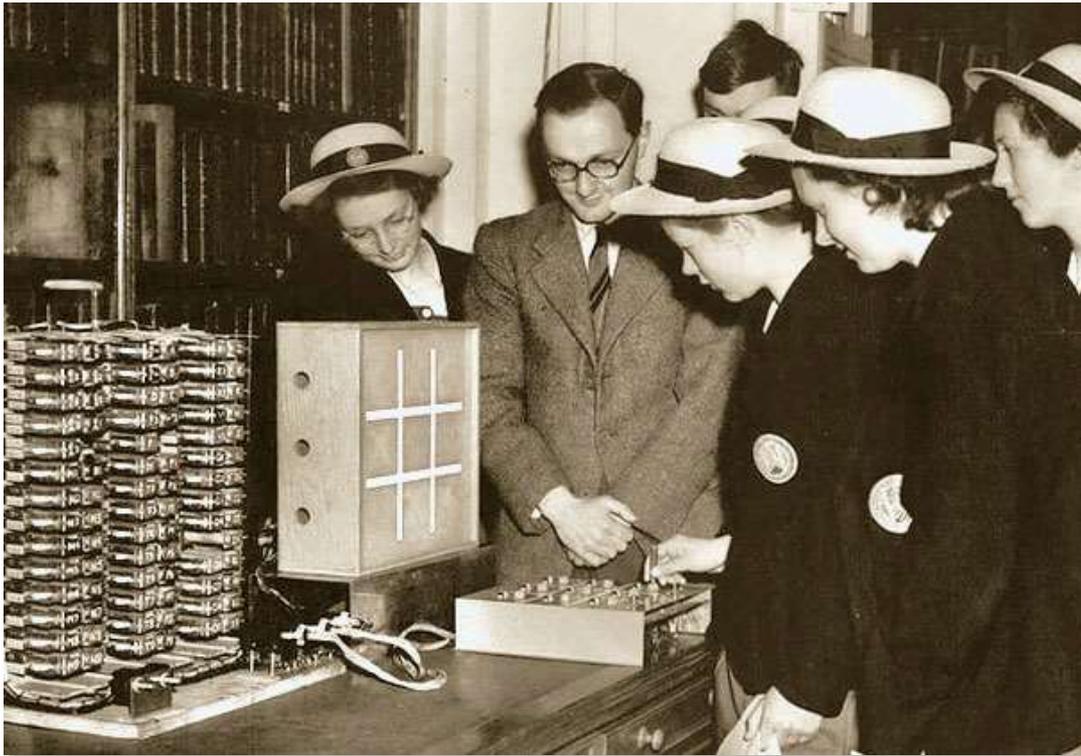
Eine etwas längere historische Notiz zum „automatischen Spielen“



Auf Deutsch auch „**Drei gewinnt**“. Auf einem 3 × 3 Felder grossen Spielfeld machen die beiden Spieler abwechselnd ihre Zeichen (ein Spieler Kreuze, der andere Kreise). Der Spieler, der als erstes drei seiner Zeichen in eine Reihe, Spalte oder eine der beiden Hauptdiagonalen setzen kann, gewinnt. (Wenn allerdings beide Spieler optimal spielen, kann keiner gewinnen, und es kommt zu einem Unentschieden.)



1949: Eine **Tic-Tac-Toe**-Maschine mit elektromechanischen Relais (2)



Donald Davies (1924 – 2000) war britischer Physiker und Informatiker; er konstruierte um 1950 den „**Pilot ACE-Computer**“ (nach Plänen des ACE-Computers von Alan Turing), ab 1955 von English Electric weiterentwickelt zum ersten kommerziellen britischen Computer (**DEUCE** – „Digital Electronic Universal Computing Engine“). 1960 erfand er die **Paketvermittlung** (engl. „packet switching“), die grundlegend für den Internet-Datenverkehr wurde.

Davies (25) führt im Burlington House der Royal Academy seine Maschine für Tic-Tac-Toe (bzw. „noughts and crosses“) Schülerinnen der Royal Masonic School vor.

„The noughts and crosses display worked absolutely beautifully – until some **schoolchildren** came along and pressed all the buttons at once!“

1949: Eine **Tic-Tac-Toe**-Maschine mit elektromechanischen Relais – Video

www.youtube.com/watch?v=SINxBb_27CA (29s)



“The machine ‘thinks’ for itself and beats Davies at games of noughts and crosses”

A Machine Using Post Office Relays

“A by-product of my electromechanical work was to finalise my quest for a machine to play noughts and crosses. In the evenings I built a machine using Post Office relays. NPL* put it forward as an exhibit at the Royal Society Soirée in 1949. Its clicking noise and nice display attracted people, so it received more attention than it deserved. I felt rather bad for the other exhibitors with real scientific achievements to show. Next day I was on the *Daily Express* front page and much more publicity followed. [...] This machine did not use the whole strategy, so I built a second model which was partly electronic, with a wire threaded through magnetic cores to represent each rule. This machine was a regular feature of the NPL children’s party.”

*) NPL = National Physical Laboratory (UK)

Biogr. Mem. Fell. R. Soc. 2002 48, 87-96

Play against a machine that knows all answers?

„Volle Taschen und ein Gebäude, so gross wie eine Zehntscheune“

NOUGHTS AND CROSSES

By the courtesy of the President of the Royal Society we were amongst those visitors to the National Physical Laboratory who were beguiled into playing noughts and crosses against a robot opponent. The robot is in three sections: the selector panel, the nest of apparatus and the display panel. The human player chooses his move on the selector panel and the robot responds. Both moves are recorded by illumination on the display panel which is about one foot square, divided into nine smaller squares. The machine cannot be beaten; one must lose or achieve a draw.

What does this forebode? We admire the puckish application of the inventor's ingenuity and we speculate on the possibility of his invasion of chess and bridge. Speaking for ourselves we shall always prefer the human opponents in spite of the inquests and occasional estrangement of partners at the bridge tables. We don't want to play against a machine that knows all the answers. But for the lonely and the bedridden there are possibilities. The philanthropist who takes this matter up will need a deep pocket and the apparatus would require a building to itself, as big as a tithe barn.

A description of a robot against which one can play noughts and crosses, at the National Physical Laboratory (Journal of the Society of Engineers, 1949)

The Sydney Morning Herald – 12. Juni 1949

Electric Brain to Play Noughts and Crosses

★ ★ ★

NEW YORK.—Fifty women in Morristown, Pennsylvania, have decided to hold a yearly celebration because they are not married.

They have started "Old Maid's Day," which they hope to make a nation-wide idea.

★ ★ ★

LONDON.—The British scientists who built an electric brain to play noughts and crosses are now planning more formidable ones, to play chess and draughts.

The noughts and crosses machine was exhibited last week at a meeting of the Royal Society.

Many of Britain's leading scientists played noughts and crosses

against it, the moves showing on a fluorescent screen. The machine beat them every time.

Donald Davies, 25, the proud designer, said there were more than 6,000 combinations in noughts and crosses.

★ ★ ★

OTTAWA.—A resident of Ottawa, Mr. Donald Phipps, has a new brick home, with one brick missing from an outer wall.

When workers laid the wall they found a sparrow family had built a nest on top of one layer of bricks.

So they left an empty space for the nest while finishing the rest of the wall.

As soon as three fledglings find their wings Mr. Phipps will add the missing brick.

A Theory of Chess and Noughts and Crosses

Im Juni 1950 veröffentlichte [Donald Davies](#) einen Artikel „[A Theory of Chess and Noughts and Crosses](#)“ in der populären „Science News“-Reihe der „Penguin Books“. Begrifflichkeiten wie „[Baum](#)“ waren noch nicht Standard und mussten der Leserschaft erst erläutert werden. Nachfolgend die ersten beiden Absätze:

Everyone who has spent the tedious hours of the mathematics lessons in playing Noughts and Crosses will be aware of certain features of the game. In Noughts and Crosses [you need never lose if you play well](#), whether you or your opponent takes the first move. Since the same applies to your opponent, it follows that you cannot expect to win if he is smart enough. The game is therefore rather trivial, because [if both players are good the result will always be a draw](#). It is easy to imagine games in which one of the players can always win, though there seems little point in playing such a game. All these games are trivial in the sense that [the outcome of the game, win, lose or draw, is to all intents and purposes a foregone conclusion](#).

At first sight, a game like [Chess](#) is an entirely different matter. If black could always win then nobody would play white, and if it could always be drawn, the game would consist of waiting for your opponent to make a mistake. Chess does not seem to be like this at all, but perhaps this is merely because we do not understand it sufficiently. Is it possible that [the only difference between Chess and the trivial games in which the outcome can be foreseen is in complexity](#)? We propose to show that this is so, and that there is a wide class of games in which the outcome is just as much a foregone conclusion as in Noughts and Crosses.

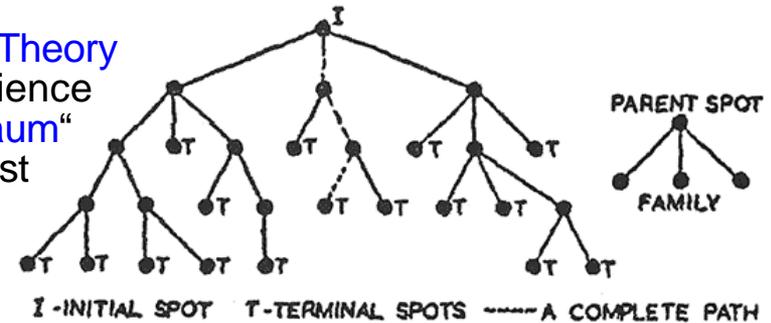


Fig. 5. A typical tree



Donald Davies (1924–2000)

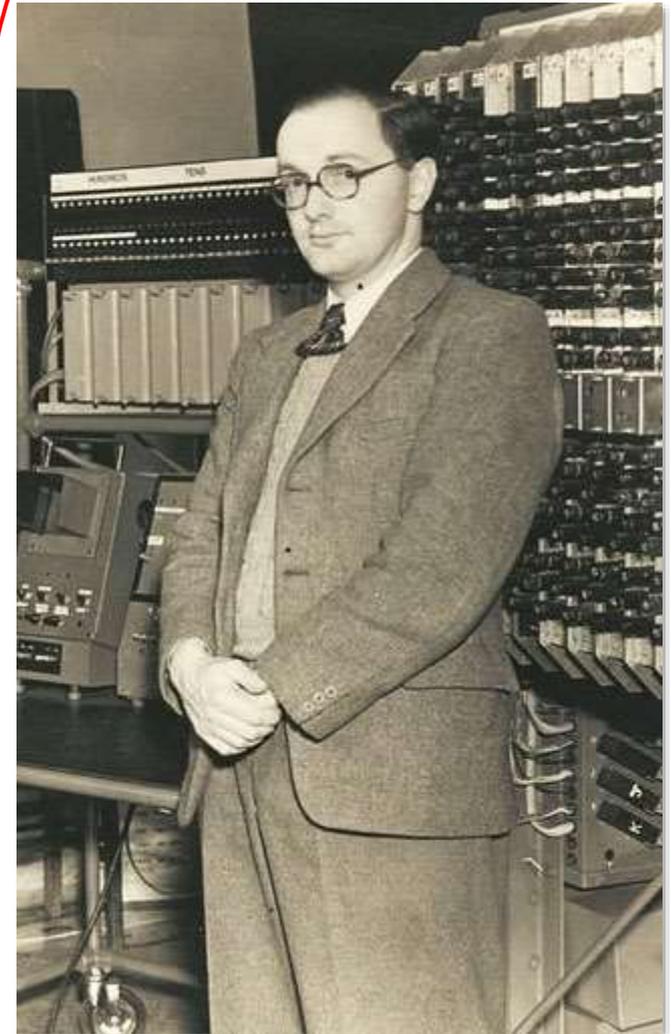


Donald Davies gained BSc degrees in physics in 1943 and mathematics in 1947 at Imperial College, London, both with first class honours. He also worked at Birmingham University on atomic research as an assistant to Klaus Fuchs. In 1947,

he joined NPL and played a major part in the development of the Pilot ACE computer (based on Alan Turing's design) and indeed spotted mistakes in Turing's seminal 1936 paper *On Computable Numbers*, much to Turing's annoyance. These were perhaps some of the first "programming" errors in existence, even if they were for a theoretical computer, the universal Turing machine. He further contributed in the development of full scale ACE as well. Not only this but as his interests widened, he developed a road traffic simulator, and in 1958 he initiated a project to use a computer to translate technical Russian into English. In 1966 he was appointed head of what was soon to become NPL's Division of Computer Science. An important new project was the development of an idea he had originated in 1965: the concept of Packet Switching. In 1979 realising the threat of malicious interference on computer networks, he started a group to work on Data Security, concentrating on the new method of public key cryptosystems. He retired from NPL in June 1984 and continued his work as data security consultant.

<http://thelinuxmaniac.users.sourceforge.net/docs/be/chc61/biography.html>

Klaus Fuchs, der berühmte sowjetische Atomspion



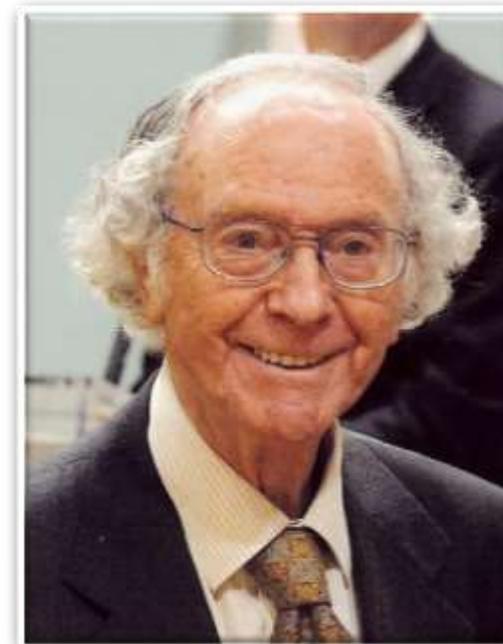
Pilot Ace successfully runs its first program in May 1950 (Photo: NPL)

1950: Bertie the Brain



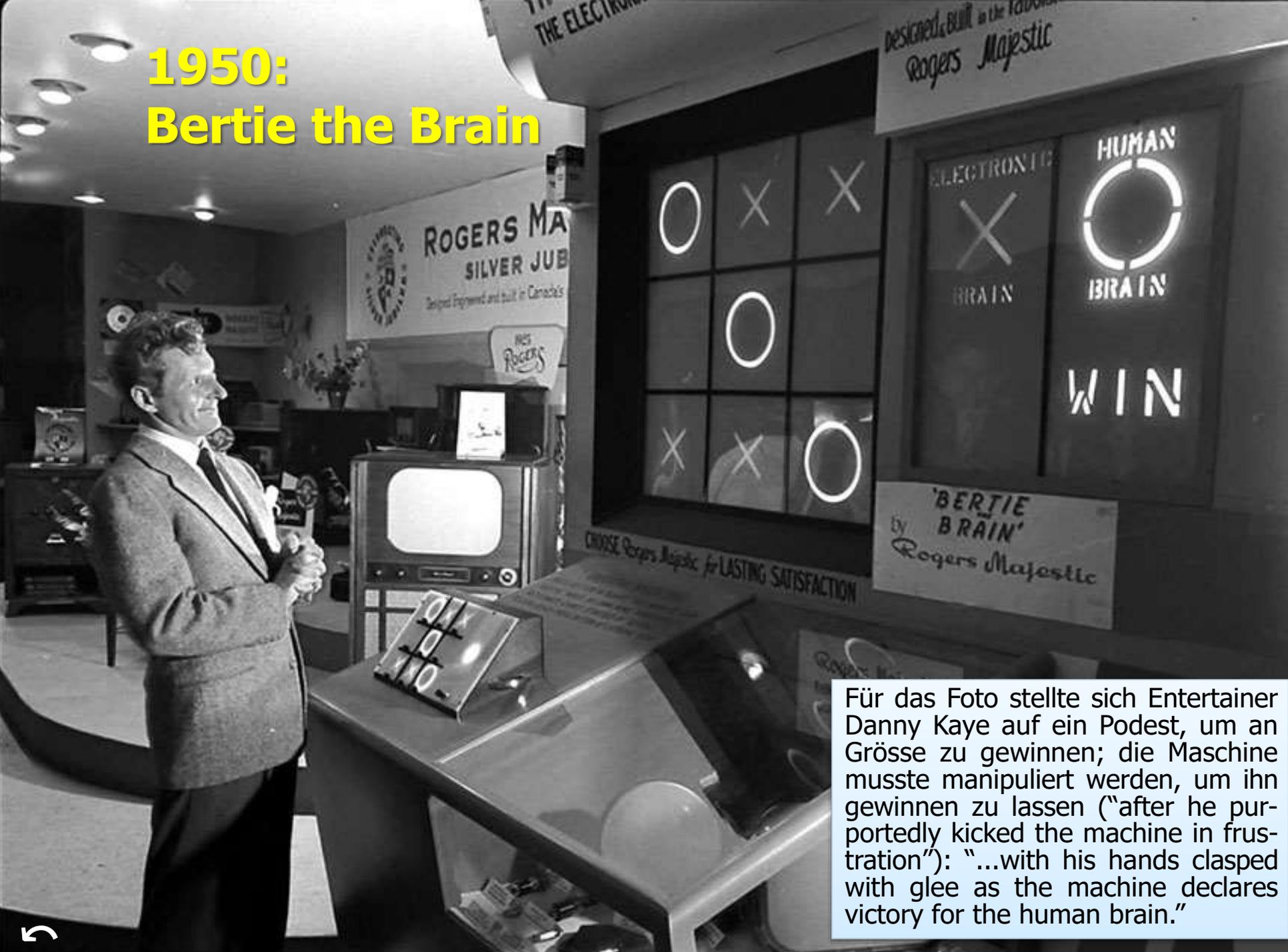
[Josef Kates](#) (1921 – 2018), jüdischer Emigrant aus Österreich, konstruiert auch eine Tic-Tac-Toe-Maschine („Bertie the Brain“); 1950 wird sie auf der „Canadian National Exhibition“ vorgeführt.

Siehe auch: en.wikipedia.org/wiki/Bertie_the_Brain



Josef Kates
im Nov. 2011

1950: Bertie the Brain



Für das Foto stellte sich Entertainer Danny Kaye auf ein Podest, um an Größe zu gewinnen; die Maschine musste manipuliert werden, um ihn gewinnen zu lassen ("after he purportedly kicked the machine in frustration"): "...with his hands clasped with glee as the machine declares victory for the human brain."

Josef Kates („Katz“, 1921–2018) berichtet aus seinem Leben: 1938 besuchte ich die 7. Klasse der Goethe-Realschule im 13. Wiener Bezirk. Wegen antisemitischer Bemerkungen und anderer Schikanen verliess ich die Schule und flüchtete über Italien in die Schweiz.

Dort traf ich auf einige meiner Geschwister, die zwischenzeitlich ihren Weg direkt nach Zürich gefunden hatten. Meiner jüngsten Schwester Erika, damals erst 14 Jahre alt, wurde zunächst die Einreise in die Schweiz verweigert; mit Hilfe einiger lokaler Freunde schafften wir es aber dann, sie hineinzubekommen. Das ganze Erlebnis war für Erika so traumatisch, dass sie sich schliesslich das Leben nahm. In Zürich gestattete mir der Direktor einer privaten höheren Schule, Dr. Tschulik, seine Anstalt kostenlos zu besuchen, um meine Schulausbildung fortzusetzen; er wollte mich auch auf der „Eidgenössischen Hochschule“ unterstützen. Leider duldet die Schweizer Polizei keine Niederlassung von Flüchtlingen in der Schweiz und nötigte mich, innert kurzer Frist nach England abzureisen.

Dort machte ich eine Optikerlehre, bis ich mit tausenden anderen österreichischen und deutschen Flüchtlingen als verdächtige Person in ein Internierungslager kam. Von dort wurde ich nach Kanada verschickt, wo die Internierung andauerte. Erst 1942 wurde ich aus dem Internierungslager entlassen. Danach besuchte ich Kurse in Radiotechnik, studierte Mathematik und Physik an der Universität von Toronto und qualifizierte mich als Ingenieur. Nach einem postgradualen Studium promovierte ich 1951. Ich war mitbeteiligt an der Entwicklung des ersten kanadischen Computers und der ersten Spielkonsole, „Bertie the Brain“. 1968 wurde ich vom kanadischen Premierminister zum Vorsitzenden des Canadian Science Council ernannt, und ich bekleidete die Funktion des Chancellor of the University of Waterloo von 1979 bis 1985.



Quelle: www.astgasse.net/cms/images/stories/schule_allg/spurensuche.pdf;
Bild: www.theglobeandmail.com/canada/article-josef-kates-97-was-a-visionary-scientist-who-believed-computers/

Das Schicksal von Josef Kates als Flüchtling und als internierter Gefangener beschreibt Andrea Strutz 2017 in einem Buchbeitrag, dem ein Interview mit Katz in Toronto im Jahr 2010 zugrunde liegt, *Austrian Immigration to Canada and Contributions of Austrian Migrants*. In: Günter Bischof (Hg.): *Revisited: Biographies of Twentieth Century Immigrants to the United States*. Hier einige Auszüge:

His school years were marked by anti-Semitism, such as physical attacks he suffered at the hands of schoolmates. Josef Kates remembers a hostile climate in Vienna in the 1930s and also the many anti-Semitic posters throughout the city. Until the “Anschluss” in March 1938, he attended the Goethe Real-schule in Vienna, but then he was expelled from school, which prevented him from finishing his secondary education. Even though Josef Kates’s parents were reluctant to leave, he decided to go immediately. In June of 1938, he went to Italy, then moved on to Switzerland and finally succeeded to escape to Great Britain in February of 1939. He first lived in London and found work as an optician’s apprentice. Because his small income was not enough to live in London, on September 1, 1939, the day the Second World War broke out, Josef Kates moved to Leeds, where his parents and three brothers and sisters had settled in the meantime. As a consequence of the war, the British government classified German nationals residing in the country as “enemy aliens.” However, in an attempt to avoid mass internments of “enemy aliens,” the British government installed alien tribunals to review the status of foreigners, including the refugees, according to their loyalty to or to their resentment of Nazi Germany. Overall, they examined 73,800 foreigners, assigning the vast majority of them (86%) Category “C” (“friendly alien”), most of whom were identified as “refugee from Nazi oppression” (55,400). A few thousand foreigners were classed in category “B,” which meant certain restrictions to their freedom of movement and police observation. And just about one percent of all of the investigated foreigners was regarded as disloyal (category “A,” “dangerous enemy aliens”) and interned immediately.

However, in the course of the German war of expansion in the spring of 1940 and during the so-called phony war-period, immigration policies became more restrictive when the British public perceived even refugees from Nazism as a threat to national security. As a result, in May 1940, Churchill ordered the internment of all male foreigners between the age of sixteen and sixty in categories “B” and “C” and also of some 4,000 category “B”-women. Josef Kates was arrested in mid-May in Leeds and a few days later transferred to in Huyton near Liverpool, where about 5,000 “enemy aliens” were gathered

in an improvised camp. Despite these measures, the British public and the government kept worrying about potential fascist spies, and so the cabinet decided to send prisoners of war and “dangerous enemy aliens” abroad to British dominions. Canada agreed to intern 3,000 POWs and 4,000 dangerous civilian internees. However, the British had overestimated the number of dangerous enemy aliens in British internment camps and added harmless internees of category “B” and “C” to fill the Canadian quota. This is how about 2,300 innocent refugees of Nazism, many of them Jews, ended up in Canada. Josef Kates, who then was nineteen years old, was one of them.

All of the deportees were interned in several camps throughout Eastern Canada (Ontario, Quebec, and New Brunswick) and had to wear prisoner-of-war uniforms. When finally, in October 1940, the internment camps were reorganized according to inmate groups, most of the refugees were concentrated in camp “B” near Fredericton (New Brunswick), camp “I” (Ile aux Noix, Quebec), and camp “N” close to Sherbrooke (Quebec). The internees were required to perform routine jobs around the camps and could voluntarily participate in some paid labor programs. Josef Kates volunteered as lumberjack and worked his way up to foreman. Even though the work was poorly paid, such work programs helped interned refugees to kill time.

Many of Josef Kates’s fellow prisoners were young and had been expelled before they finished high school. Almost a quarter of the interned refugees were teenagers (22%; sixteen to nineteen years old), and roughly half of the group was younger than twenty-four (48%). Therefore, education and vocational training became an important concern, and on the initiative of older internees, school programs were established. Some of the inmates had been eminent scholars and university professors before their expulsion from their home countries, and they passed on their knowledge in mathematics, physics, chemistry, engineering, history, art history, linguistics, and language; they taught the boys in the camps English and agronomics and organized vocational training. They intended to prepare the young internees for the time after release by teaching them job skills or preparing them for college, which meant that they had to pass junior and senior matriculation exams during their internment. Along with another forty internees, Josef Kates, who was expelled before he finished high school, enrolled in the Sherbrooke-camp school (camp “N” in Quebec). As a student, he was allowed to work part-time, which enabled him to attend classes and to study. By September 1941, he had passed the junior and senior matriculation exams for McGill University with excellent grades. Like many other internees, Josef Kates

emphasized that the schooling they received from dedicated Austrian and German scholars was outstanding and inspiring and that it gave them the intellectual foundation for their later professional success in academia and other professional fields.

The interned refugees were allowed to return to Great Britain in 1940. Although Josef Kates's family was still in Leeds, he decided to remain in Canada, not only because he thought it would be too dangerous to cross the Atlantic during the war, but because he wanted to finish his high school education in the camp.

About a year after their deportation in July of 1941, the Canadian government changed the status of the interned refugees from "enemy aliens" to "friendly aliens," which gave them refugee status and certain rights. After lengthy negotiations with immigration officials, the Canadian refugee lobby brought about the release of the internees in the fall of 1941. One of the first groups to be released were students under twenty-one, under the condition that they had a sponsor and were accepted at a college or university. Because Josef Kates was an excellent student, he hoped that he would soon be free to attend university. Unfortunately, he could not find a sponsor because there were simply not enough sponsors available for all of the gifted juvenile refugees eager to study. However, in March of 1942, when an optical company from Toronto offered about 30 jobs, Josef Kates was released. He qualified for the job offer because of his working experience in the optical business in London. To fulfill the tight conditions for a release in Canada, Josef Kates had to stay with the optical company for at least a year. But because this job did not allow him to go to college, he wanted to find another post as soon as possible. He found a position with Rogers Electronics Tubes (later Philips Electronics) that allowed him to attend evening classes in Physics and Mathematics at Toronto University; he earned a BA in 1948 and a MA in Applied Mathematics in 1949.

When he was still a graduate student, he joined the research team at the newly established Computation Centre at the University of Toronto, where a pilot model of the first computer to be built in Canada (UTEC = University



U of T Scientist's Invention Simplifies Mechanical Brain
Building „Brain“ to Help Canadian Scientists Think. Tiny tube held by Joseph Katz (right), who invented it, will replace maze of equipment in the foreground, built by co-worker Alfred Ratz (left).

of Toronto Electronic Computer) was designed and programmed. In addition, he earned a PhD in Physics at Toronto University in 1951. Remembering his workload in these days, Kates stated 2014 in an interview: “I was going back and forth to Phillips developing this Bertie the Brain, at the same time working at the university on the computer, and at the same time working on my PhD. I was doing three things at a time. I’m known as a multi-processor.” [...]

Huge Pushbutton Brain To Be Built at U. of T.

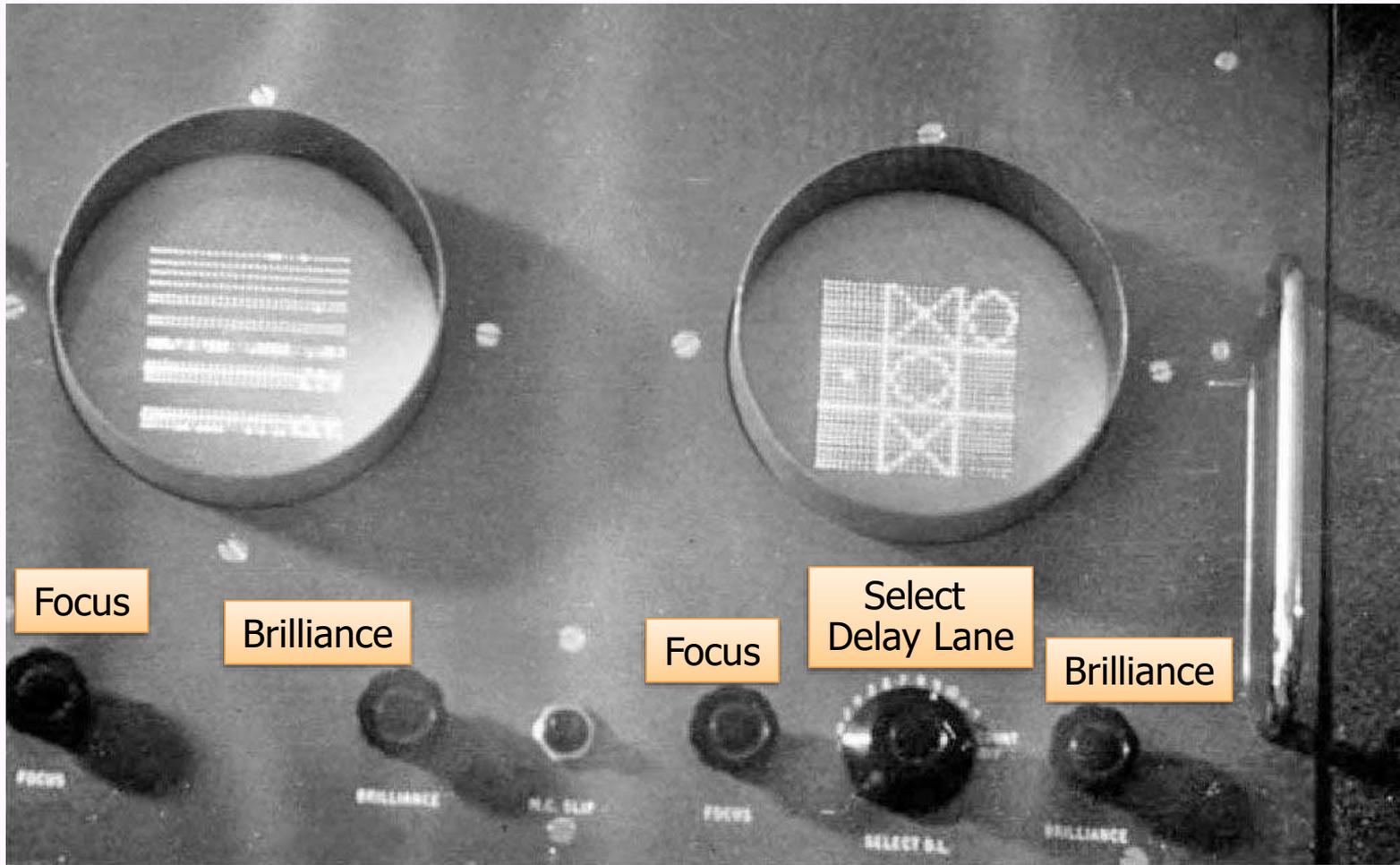
Zum geplanten **UTEK-Computer** schrieb die kanadische Tageszeitung “The Globe and Mail” im Mai 1949: “Huge **pushbutton brain** to be built at U. of T. [...] It will be able to compute income taxes; to tell the trend of business at an electrified glance; to play a passable game of chess, and maybe even to forecast weather months in advance. Any of these operations will be done in less than a second.”

Len Casciato, einer der Entwickler, sagte 1992 rückblickend: “You comb your hair and that would be enough to destroy the contents of the electro-static storage tubes if you weren’t careful. That is where my practicality came in, because I was able to shield, protect, and otherwise reinforce the electricians to make them function well.”



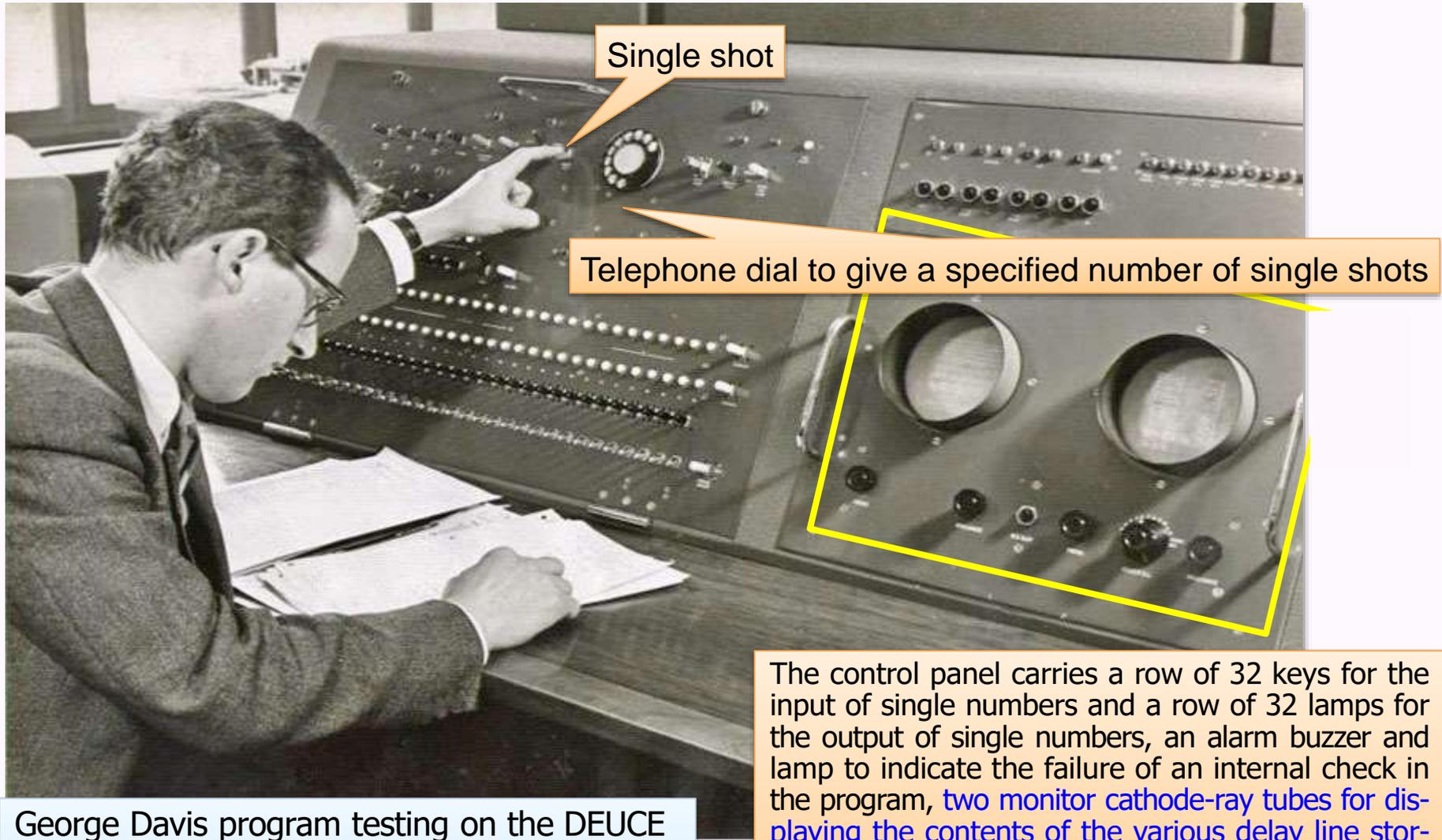
*Left to right: Jim Richardson, **Joseph Kates**, and Len Casciato – three of the principal developers of UTEC (University of Toronto Electronic Computer) which was the first functional electronic computer in Canada.*

Tic-Tac-Toe auf dem DEUCE-Computer



Eines der ersten interaktiven Spiele auf einem echten Computer (ca. 1956) – „The program enables the operator to compete with DEUCE at the game of Noughts and Crosses“

Die Konsole des DEUCE-Computers



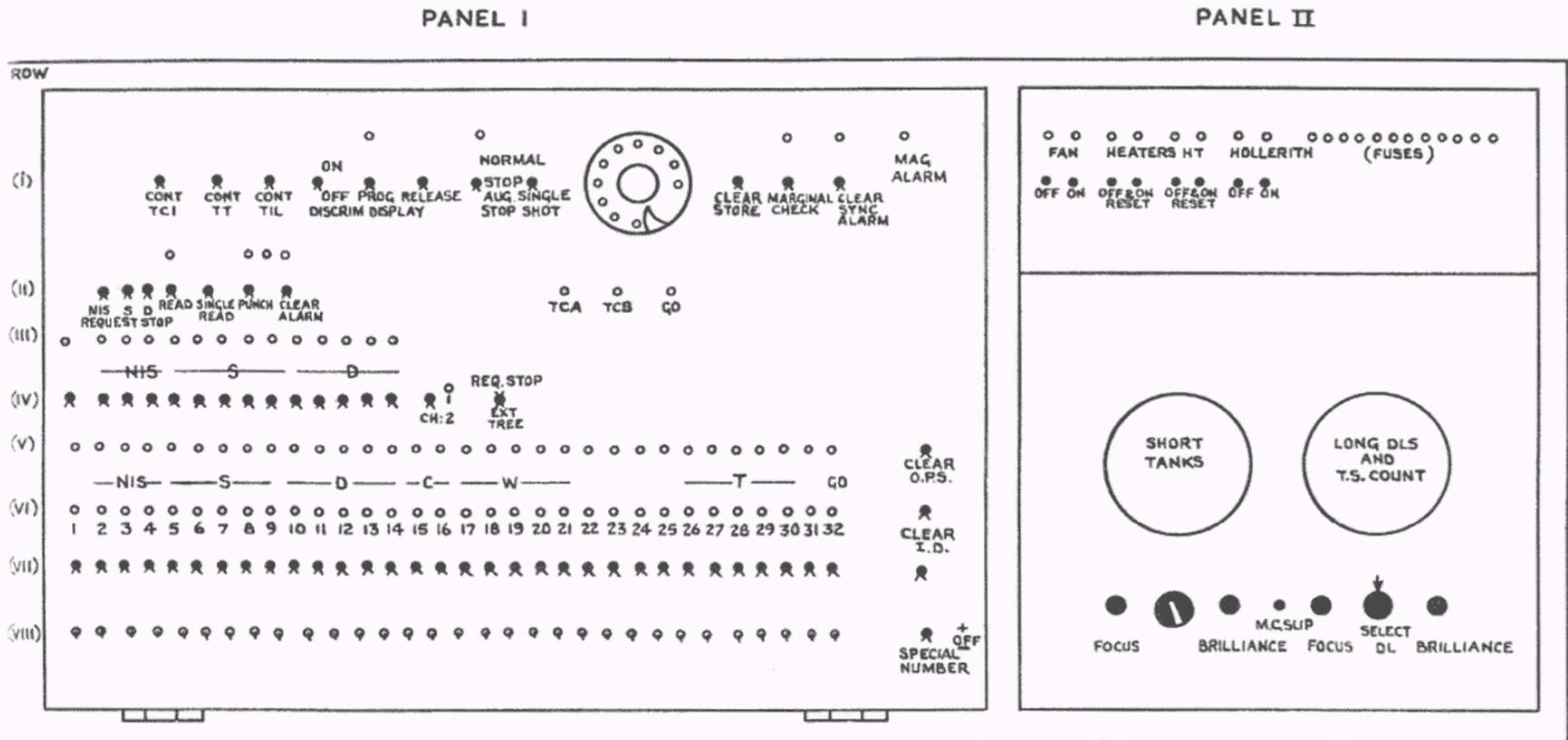
Single shot

Telephone dial to give a specified number of single shots

George Davis program testing on the DEUCE in English Electric London Computer Centre, Marconi House, The Strand, London

The control panel carries a row of 32 keys for the input of single numbers and a row of 32 lamps for the output of single numbers, an alarm buzzer and lamp to indicate the failure of an internal check in the program, **two monitor cathode-ray tubes for displaying the contents of the various delay line storage positions**, and keys for imitating almost everything that the DEUCE normally does automatically.

Die Konsole des DEUCE-Computers



When the operator faces the main bank of switches on the console he has 3 keys and 13 lamps on the reader to his left: 101 keys, 88 lamps and a telephone dial on the left hand panel facing him: 2 cathode ray tubes, 20 lamps, 9 buttons and 5 knobs on the right hand panel facing him

Die Konsole des DEUCE-Computers

The order of the keys in the top row is:

- (i) Cont. TCI.
- (ii) Cont. TT.
- (iii) Cont. TIL.
- (iv) Discrim. On/Off.
- (v) Prog. Display - with a lamp above it.
- (vi) Release.
- (vii) Normal/Stop/Aug.Stop - with a lamp above it.
- (viii) Single-Shot.
- (ix) A telephone dial comes here.
- (x) Clear Store.
- (xi) Marginal Check - with a lamp above it.
- (xii) Clear Sync. Alarm - with a lamp above it.
- (xiii) Also a lamp marked "Mag. Alarm".

DEUCE-Computer: 1450 Elektronenröhren; Magnettrommelspeicher mit 8192 Worten a 32 Bit; Ein-/Ausgabe über 80-spaltige Lochkarten und elektromechanische IBM-Lochkartengeräte, die in der kommerziellen Datenverarbeitung seinerzeit üblich waren.



"...valves of nine types, of which the most common was the ECC91 common-cathode double-triode. Another was the EL81, which was used to drive the head movement on the drums. The failure rate of valves was typically about 40,000 hours, so with 1400-odd valves in Deuce it doesn't take a genius to work out that they failed fairly frequently." [P.J. Walker]

Die Konsole des DEUCE-Computers

The Normal/Stop/Augmented Stop key is usually up in the Normal position so that the machine can run at full speed. If it is put in the horizontal position marked "Stop", the machine treats every instruction as being stopped and waits for the single-shot signal before obeying the instruction. This facility is frequently used in program testing - too frequently users are seen with this key at Stop and their hand on the single-shot key obeying instructions one by one and wasting enormous quantities of time.

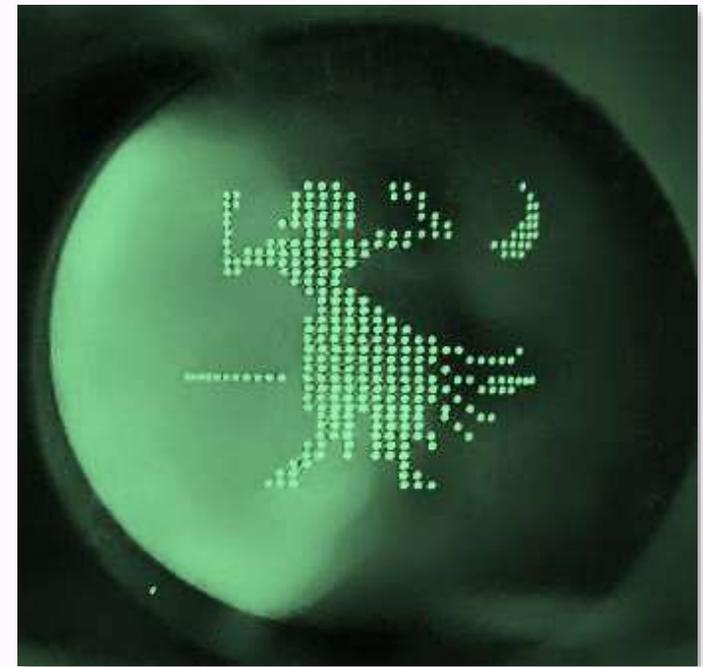
The Single-Shot key, if pressed down, gives one single-shot causing a stopped instruction to be obeyed. It cannot give a second single-shot until it has swung back to its normal position. If this key is lifted up a series of single-shots is given at the rate of 10 per second.

The Telephone Dial gives a specified number of single-shots; e.g. dialling 6 gives 6 single-shots. 0 should be labelled 10 because dialling 0 gives 10 single-shots. Dialling 9 then 8 gives 17 single-shots.

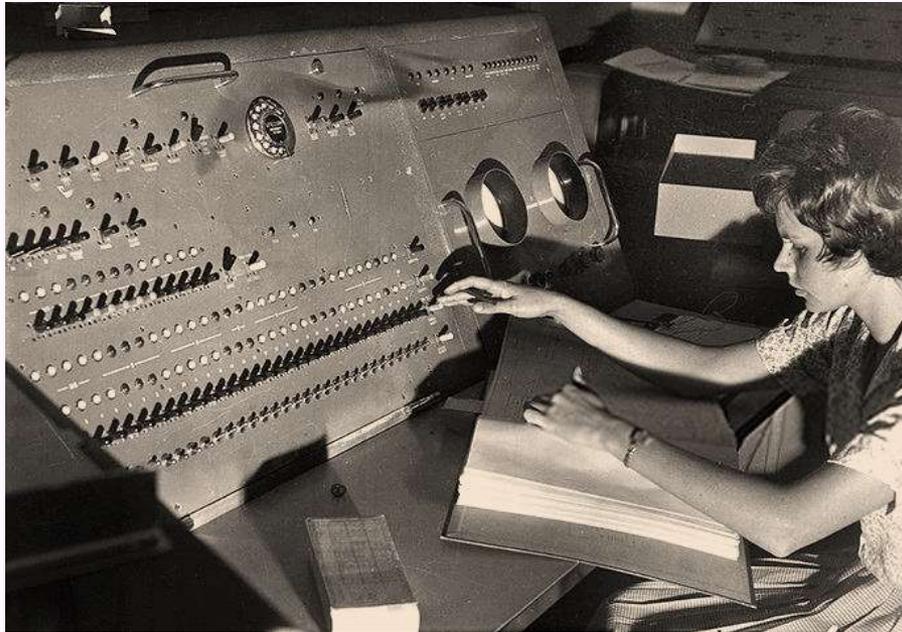
The Clear Store key has to be pulled out before it can be pressed down. It clears the whole of the mercury store

DEUCE als „Spielcomputer“

“We had some early ‘graphics’ – in about 1956: this ‘lady’ was known as *York’s Flossy* because the Chief Mathematician at Farnborough, whose name was York, created this outline and then animated it by a programme which called-up successive different images stored in each of the Long Delay Lines – you could vary the speed of presentation so she would dance from side-to-side.” [P.J. Walker]



www.members.optusnet.com.au/deucepix/pjw46.jpg



www.members.optusnet.com.au/deucepix/pjw15.jpg

Einschub: Britische Computer vor 1960

Wir hatten oben frühe britische Computer wie DEUCE und Pilote ACE erwähnt. Dazu passt ein von Gerhard Hund und Wolfgang Möhlen 1960 verfasster Bericht. Sie waren Mitglieder einer deutschen Delegation, die eine einwöchige Informationsreise nach England unternahm. Hier einige Auszüge:

In Grossbritannien begann die Entwicklung der Rechenautomaten in den Jahren kurz nach dem Kriege, also etwas später als in USA und Deutschland. Die ersten wesentlichen Arbeiten wurden an folgenden wissenschaftlichen Instituten geleistet:

1. [Universität Manchester](#) (F. C. Williams), Beginn 1945.
Erster Rechner: [Ferranti Mark I](#) (Speicherröhre). Zusammenarbeit mit Ferranti, daraus [Pegasus-Computer](#).
2. [National Physical Laboratory](#) (A. M. Turing), Beginn 1945.
Erster Rechner: [ACE Pilot](#) (Vormodell zu ACE). Zusammenarbeit mit [English Electric](#), daraus [DEUCE-Computer](#).
3. [Birkbeck-College](#) London (A. D. Booth), Beginn 1946.
Erster Rechner: [ARC](#) (zum ersten Mal Magnettrommel). Zusammenarbeit mit BTM (jetzt [ICT](#)).
4. [Universität Cambridge](#) (M. V. Wilkes und D. R. Hartree), Beginn 1947.
Erster Rechner: [EDSAC](#) (Quecksilber-Verzögerungsstrecken). Zusammenarbeit mit Lyons, daraus [LEO-Computer](#).

Durch die Zusammenarbeit mit der Industrie entstanden aus den Vorläufer-Typen fertigungsreife Anlagen, und auf dieser Basis konnten die Hersteller dann weitere Entwicklungen vornehmen. [...] Dieser grossartigen und nachahmenswerten Zusammenarbeit zwischen staatlichen Stellen, wissenschaftlichen Hochschulen und Privatindustrie ist es zu verdanken, dass Grossbritannien heute auf dem Rechenautomatengebiet nach den USA an zweiter Stelle steht. Dazu kommt noch, dass sich die britische Wirtschaft für den Einsatz und die Benutzung von modernen Rechengeräten sehr aufgeschlossen zeigt. [...]

Zur Programmierung der britischen Automaten ist zu sagen, dass noch viel im Maschinencode programmiert wird, was jedoch durch einfachen Befehlscode und festverdrahtete kaufmännische Befehle erleichtert wird. Eine wertvolle Hilfe leistet eine gute Programmbibliothek. Auf dem Gebiet der Formelübersetzung gibt es Autocode-Systeme, die jedoch keine Formelübersetzer im eigentlichen Sinne darstellen. Ein Formelübersetzer für die internationale Formelsprache ALGOL scheint in England noch nicht vorhanden zu sein. Man ist zwar der Meinung, dass eine einheitliche Formelsprache sehr nützlich und anstrebenswert sei, will aber zunächst noch abwarten, bis sich eine endgültige Fassung von ALGOL herausgebildet hat.

Arnhem (NL), 1957

Door het spelen van een spelletje *boter, kaas en eieren* heeft de directeur-generaal de nieuwe elektronische administratiemachine in dienst gesteld.



Im Niederländischen wird das Spiel als *boter, kaas en eieren* bezeichnet

Tic-Tac-Toe auf dem Nellie-Computer 1969



Tic-Tac-Toe auf dem Nellie-Computer 1969

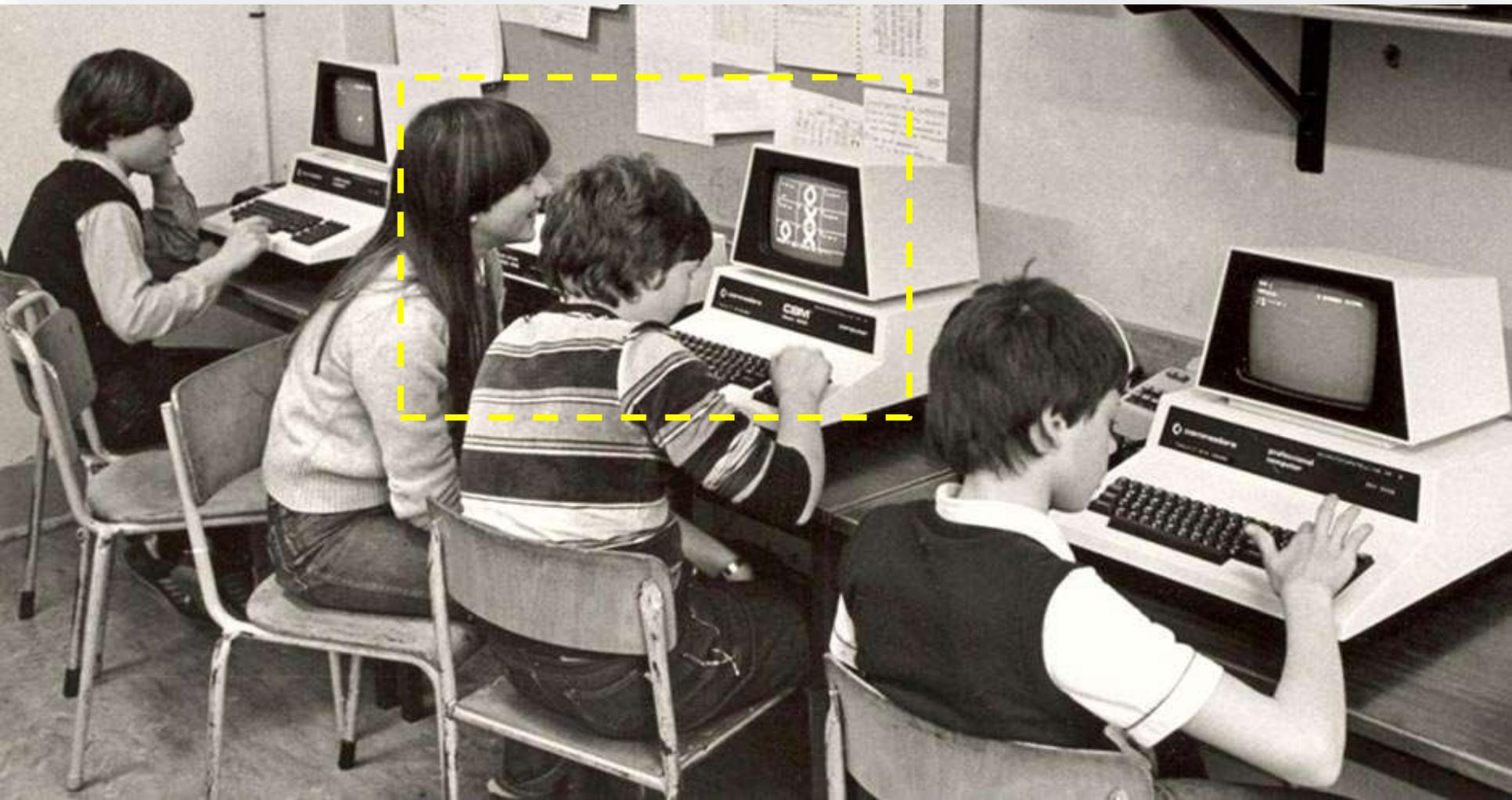


In 1969, the Forest Grammar School in England was home to "Nellie," a modified [National Elliott 405 computer](#). Nellie was obsolete even then, but the boys at the school got to program it and play with it. Just booting the computer requires throwing giant levers and checking the oil in the disk unit. The boys describe the programs they have made, including an [unbeatable noughts-and-crosses \("tic-tac-toe"\) game](#). A BBC film made at the school for the Tomorrow's World series of programmes, first broadcast in February 1969 can be seen here:

www.bbc.co.uk/archive/tomorrowsworld/8008.shtml or www.youtube.com/watch?v=f1DtY42xE0I
or <http://mentalfloss.com/article/501480/watch-nellie-british-school-computer-1969> (7:26)

NEEEEEEEEEEEEEEEEEERDS!!!! --- I've never had to check the oil in a computer before. lol --- OMG... it was like operating a nuclear missile silo... --- Those guys had hipster glasses before it was cool, so radical!





<http://images.memorix.nl/naa/thumb/500x500/54ea1cc3-3155-7944-7c12-c73b77d63c08.jpg>

Electro Tic-Tac-Toe

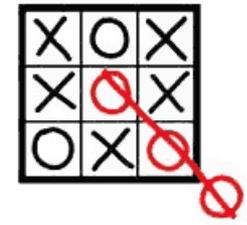
1972 brachte die japanische Elektronikfirma Waco ein „Electro Tic-Tac-Toe“ heraus. Allerdings spielt man hier gar nicht gegen die Maschine, sondern gegen einen zweiten menschlichen Mitspieler! Die Plastikbox mit 9 Glühlämpchen dient lediglich als „Spielbrett“; gewissermassen als Ersatz für das Papier. Die Luxusversion hatte auch noch einen timer – wie bei einer Eieruhr...



“Electro Tic-Tac-Toe operates entirely mechanically. Sliding the little tiles turns on a series of lamps (not LED’s, mind you), and flips a filter either to red or green. That’s it. No electronic scoring, no computer opponent, not even a beep. [...] All that wasted notebook paper in elementary school when I could have just lugged one of these babies to class, so many wasted trees...” [www.retrothing.com/2007/08/first-electroni.html]



**THINK
OUTSIDE
THE BOX**



Heute passt ein Tic-Tac-Toe-Spielprogramm als App in eine Smartwatch



Baxter, der Roboter, spielt simultan







Vivian vs Cheating Baxter, www.youtube.com/watch?v=eSa-gieEyCE

Das NIM-Spiel

NIM NIM NIM NIM NIM



Aus dem Film „Letztes Jahr in Marienbad“ (1961)
« Je peux perdre. Mais je gagne toujours. »

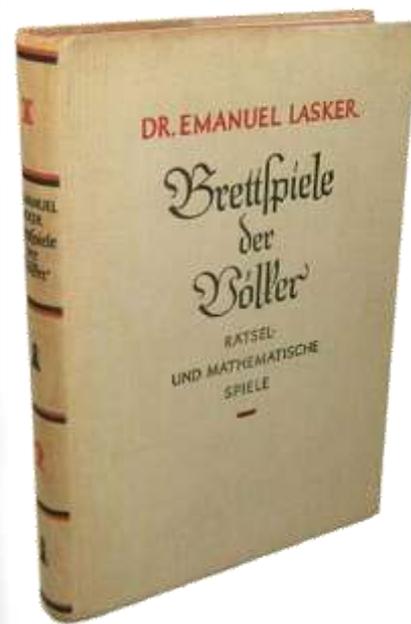
Gegeben sind **mehrere Reihen von Streichhölzern**. Zwei Spieler entfernen abwechselnd aus genau einer Reihe Streichhölzer – je nach Spielvariante entweder beliebig viele (also mindestens eines oder maximal die ganze Reihe) oder aber in der anderen Spielvariante 1, 2 oder 3 Streichhölzer der gewählten Reihe. Wer das letzte Streichholz entfernt, hat gewonnen (beziehungsweise verloren in der „Misère-Spielvariante“).

NIM-Strategie

Das Spiel besitzt eine erschöpfende Theorie, welche lehrt, dass einer der beiden Spieler stets den Sieg erzwingen kann; welcher von beiden sich in dieser günstigen Lage befindet, ob derjenige, der beim Spiel beginnt, oder aber der zweite, hängt lediglich von der Anfangsstellung ab. – W. Ahrens

Ich weiß nicht, wer die mathematische Induktion bei „Nimm“ vollzogen hat, aber seine Tat war bewundernswert. Die Regel, nach der entschieden werden kann, ob eine Lage, welche immer, eine Verluststellung ist oder nicht, ist sehr entlegen, sodann begreift man kaum, durch welche Ideen-Assoziation der Erfinder eine solche Regel hat vermuten, geschweige richtig erraten können. Er hat sie erkannt und uns überliefert und seinen Namen für sich behalten. Gerne wüßten wir mehr von ihm, aber er hat es für gut befunden, sein Infognito zu wahren. Nun kann man nur vermuten, wer er war. Gewiß ein Mathematiker, wohl einer, der eigene Wege ging, dabei ein echter Erfinder und wahrscheinlich ein sehr anregender Lehrer.

Die überlieferte Regel beginnt mit der Forderung, die drei Zahlen, nämlich die Anzahl der Erbsen, der Bohnen und der Linsen, im dyadischen System zu schreiben.



[Emanuel Lasker](#) (1868 – 1941) studierte Mathematik in Berlin, Göttingen, Heidelberg und promovierte in Erlangen. Er war Schachweltmeister über einen Rekordzeitraum von 27 Jahren, von 1894 bis 1921. Als deutscher Jude floh er 1933 aufgrund der repressiven antisemitischen Politik Deutschlands mit seiner Frau ins Ausland und lebte entbehrensreich in London, Moskau und ab 1937 in New York. 1938 wurde ihm die deutsche Staatsbürgerschaft aberkannt. Lasker veröffentlichte mehrere Bücher, u.a. 1931 „Brettspiele der Völker“. Die von Lasker erwähnte Gewinnstrategie für NIM, die auf einer Interpretation der Mengengrößen als Dualzahlen und einfachen Rechenoperationen beruht, fand 1901 der amerikanische Mathematiker [Charles Leonard Bouton](#) (1869 – 1922; Promotion 1898 an der Universität Leipzig bei dem norwegischen Mathematiker Sophus Lie).

Eine Gewinnstrategie für NIM

...dass eine lächerlich einfache Strategie, die auf binären Zahlen beruht, jeden Spieler befähigt, ein perfektes Spiel zu spielen. – Martin Gardner

Das Interessante an NIM ist, dass man eine einfache Gewinnstrategie angeben kann, ohne den Spielbaum analysieren zu müssen. Wir betrachten die Spielvariante, bei der derjenige gewinnt, der das letzte Streichholz wegnimmt. Man beachte, dass Zugzwang herrscht und somit auch irgendwann alle Streichholzreihen leergeräumt sind.

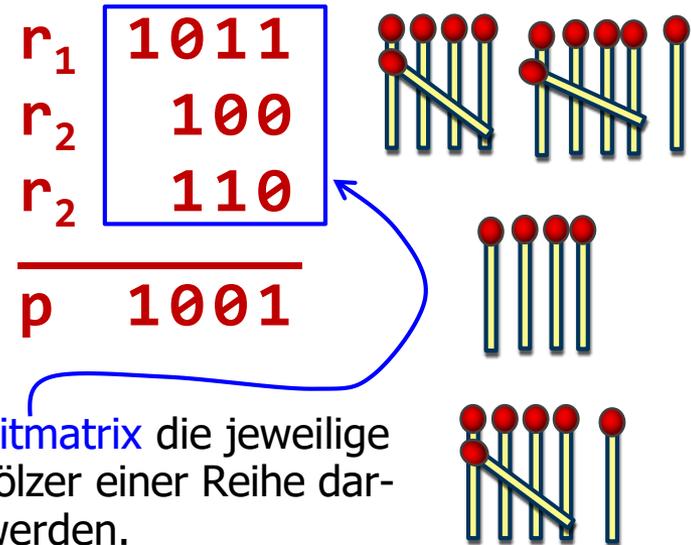
1) Für jede Streichholzreihe schreiben wir die jeweilige Anzahl der Streichhölzer als Dualzahl – und zwar reihenweise untereinander. Zu diesen Dualzahlen ermitteln wir die Spaltenparität p : Ist in der jeweiligen Spalte die Zahl der 1en ungerade, dann ist das Paritätsbit 1, sonst 0. Das lässt sich z.B. durch eine iterierte Anwendung von XOR auf die Spaltenziffern (d.h. die Bits der Spalte) leicht und effizient berechnen.

Aus Sicht eines Spielprogramms repräsentiert daher eine Bitmatrix die jeweilige Spielkonfiguration, wobei die Zeilen die Anzahl der Streichhölzer einer Reihe darstellen und die Spalten zur Ermittlung der Parität genutzt werden.

2) Angenommen, wir sind am Zug und für die Spaltenparität p gilt $p = 0$ (d.h. alle Bitstellen von p sind 0). Das ist schlecht, weil wir uns dann in einer Verluststellung befinden, aus der wir bei einem schlaunen Gegner nicht herauskommen und das Spiel letztendlich verlieren werden. Zur Analyse unterscheiden wir zwei Fälle:

a) Alle r_i sind 0. Dann haben wir soeben verloren, weil der Mitspieler gerade die letzte Reihe abgeräumt hat, also das letzte Streichhölzchen entfernt hat.

b) Es sind nicht alle $r_i = 0$. Wir können höchstens eine einzige solche zugehörige Reihe ver-



Eine Gewinnstrategie für NIM (2)

ändern (d.h., durch Wegnehmen von Streichhölzchen verkleinern). Die zugehörige Dualzahl ändert sich dadurch an mindestens einer Bitstelle. Da alle anderen Bits dieser Spalte unverändert bleiben (sie gehören ja zu Dualzahlen anderer Zeilen, die nicht geändert werden), kippt das Paritätsbit dieser Spalte. Wir erzeugen also durch unseren wie auch immer gear-teten Zug eine Paritätssumme $p \neq 0$ in der Ausgangsstellung unseres Gegners. Dieser freut sich, da $p \neq 0$ Gewinnstellungen charakterisiert, wie gleich deutlich werden wird. Da jeder mögliche Zug in diesem Sinne schlecht ist, bewegen wir uns minimalistisch und entfernen irgendwo ein einziges Streichholz – in der Hoffnung, dass in der Folge dem Gegner bei all seiner Schläue doch noch ein Fehler unterlaufen möge.

3) Angenommen, es sei $p \neq 0$, wenn wir am Zuge sind. Unser Ziel ist es, durch unseren Zug p auf 0 zu bringen, um den Gegner mit einer Verluststellung zu konfrontieren, wenn er anschliessend zum Zuge komme.

Wir suchen dazu in der Bitdarstellung von p die am weitesten links stehende 1. Für die zugehörige Spalte muss es mindestens eine Dualzahl r_i geben, die dort auch eine Bitziffer 1 hat. Aus dieser Dualzahl r_i machen wir eine andere Dualzahl r_i' , indem wir dort alle diejenigen Bitstellen invertieren, an denen p eine 1 aufweist. Ersetzen wir nun r_i durch r_i' , dann wird die Spaltenparität p folglich 0. Da $r_i' < r_i$ ist (das linkeste invertierte Bit kippte von 1 auf 0), können wir r_i' erzeugen, indem wir $r_i - r_i'$ Streichhölzer aus der zugehörigen Streichholzreihe entfernen.

4) Da es wesentlich mehr Verlust- als Gewinnstellungen gibt, hat der erste Spieler eine viel höhere Gewinnwahrscheinlichkeit, wenn die Anfangsstellung zufällig gewählt wird.

Da digitale Rechengehirne auf der Grundlage des Binärsystems arbeiten, ist es nicht schwer, eine solche Maschine so zu programmieren, dass sie perfekt Nim spielt. – Martin Gardner

Der Ursprung von NIM Bouchon / Ahrens

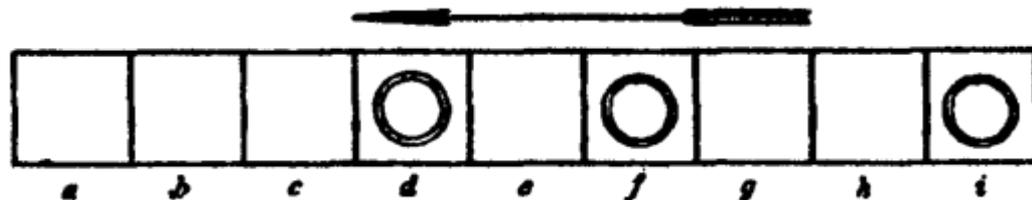
Den Namen „Nim“ erhielt das Spiel durch den oben erwähnten Mathematiker Bouchon in seiner Veröffentlichung von 1901. Joseph L. Walsh, Mathematikprofessor in Harvard, schrieb dazu 1953 in der *Mathematical Gazette*: „Professor Bouton was a teacher of mine, and later I became his colleague. [...] I distinctly recall his saying to me that he had chosen the name from the German word `nimm`, as a word that might well be used frequently during the play of the game, but had dropped the final `m`.“

Zum Ursprung von Nim schreibt Wilhelm Ahrens in seinem über 400 Seiten starken Buch *Mathematische Unterhaltungen und Spiele*: „Der Ursprung des Spiels ist unbekannt. In Amerika wird es auf einigen Colleges, bisweilen dort auch wohl auf Jahrmärkten gespielt; es soll aber auch in Deutschland schon seit Jahrzehnten bekannt sein. Auch in China soll es gespielt werden und möglicherweise ist dies sein Ursprungsland.“

Ahrens war wie Bouchon Ende der 1890er-Jahre ein Schüler von Sophus Lie in Leipzig; Ahrens sammelte schon damals Material für sein Buch – interessanterweise findet sich aber in der Erstausgabe von 1901 noch nichts zu Nim, erst die Neuauflage von 1910 enthielt mit Verweis auf Bouchon auch ein Kapitel dazu.

In seinem Buch berichtet Ahrens noch, dass Nim 1907 in der Mittwochs-Unterhaltungsbeilage der Danziger Zeitung in nett verkleideter Form als „Der Letzte gewinnt!“ auftrat:

„Auf einer Reihe von Feldern z. B. 9, stehen 3 Steine, etwa auf den Feldern d, f, i. Zwei Spieler, A und B, sollen in abwechselnden Zügen die 3 Steine auf das Schlussfeld a nach folgenden Re-



Der Ursprung von NIM (2) Daniel Schwenter

geln bringen: Jeder Spieler hat bei jeder Tour einen und auch nur einen Stein, den er jedesmal beliebig wählen darf, zu ziehen, und zwar soweit er will, allerdings nur in der Richtung des Pfeils, also von rechts nach links. Der Stein darf also auch auf ein von einem anderen Stein besetztes Feld gezogen werden oder einen anderen Stein überspringen. Wer den letzten Stein in das Schlussfeld a bringt, ist Sieger.“ Ahrens kommentiert: „Man erkennt sofort die vollständige Identität dieses Spiels mit unserem Nim.“

Spiele wie Nim, die mit beliebigen „tokens“ (Streichhölzer, Münzen, Steinchen, Papierkügelchen,...) überall, notfalls auf dem Fussboden, gespielt werden können, werden typischerweise mündlich tradiert, daher ist kaum auszumachen, wo und wann Nim tatsächlich entstand.

Eine einfache Variante von Nim scheint allerdings uralte zu sein: Hier gibt es **nur eine einzige Reihe (bzw. Haufen)** aus n „tokens“, bei einem Zug dürfen zwischen 1 und k ($\leq n$) davon entfernt werden. Meist wird es nicht subtraktiv ausgehend von n , sondern umgekehrt – ausgehend von 0 und **hochzählend bis n** – gespielt. Typisch sind z.B. die Werte **$k = 6$** und **$n = 30$** . Der deutsche Orientalist und Mathematiker **Daniel Schwenter** (1585 - 1636) beschrieb das Spiel (verbunden mit der Frage nach einer guten Strategie) wohl erstmalig auf Deutsch –

1636 in seinem Buch „Deliciae physico-mathematicae oder Mathematicat: und Philosophische Erquickstunden, Darinnen Sechshundert Drey und Sechzig, Schöne,

Liebliche und Annehmliche Kunststücklein, Aufgaben und Fragen, ausz der Rechenkunst...“ so: „Die XLV. Auffgab. So ihr zween mit einander biss auff 30 zehlen sollen der gestalt wer am ersten könne 30 nennen / gewonnen habe / es soll aber keiner auff einmahl über 6 zehlen.“

Die XLV. Auffgab.

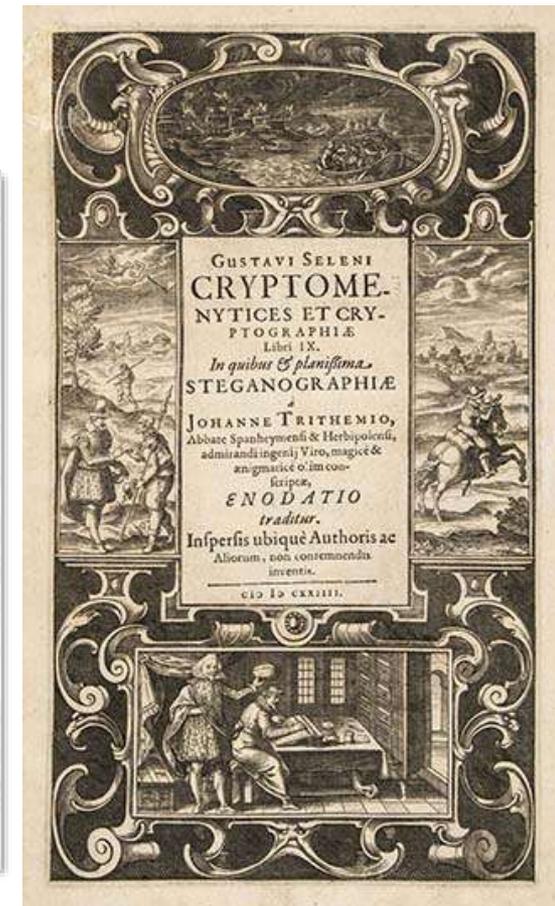
So ihr zween mit einander biss auff 30 zehlen sollen der gestalt wer am ersten könne 30 nennen / gewonnen habe / es soll aber keiner auff einmahl über 6 zehlen.

Der Ursprung von NIM (3) Gustavus Selenus

Mit Verweis auf die „*Cryptographia*“ von *Gustavus Selenus* fährt er fort: „Wer gewinnen will / neme in acht / dass er folgende Zahlen nenne: 9. 16. 23. So kan es ihm nicht fehlen / welchs dann geschehen mag...“. Bei Gustavus Selenus handelt es sich um ein Pseudonym von *August dem Jüngeren* (Gustavus ist ein Anagramm von Augustus mit v = u), Herzog zu Braunschweig-Lüneburg, ein ausserordentlich gebildeter Fürst, der in Wolfenbüttel die für seine Zeit grösste Bibliothek Europas, die später nach ihm benannten *Herzog-August-Bibliothek*, begründete. Er schrieb nicht nur 1624 das oben genannte 500-seitige Buch, das



August d. J. in seiner Bibliothek; Kupferstich von Conrad Buno um 1650



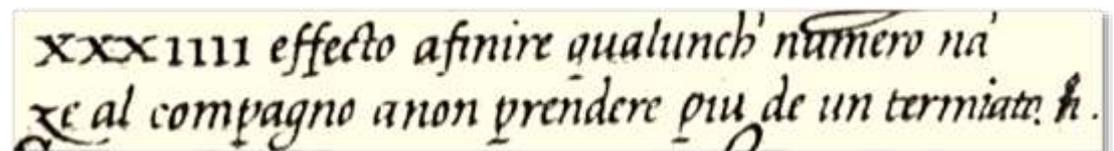
Der Ursprung von NIM (4) Luca Pacioli

zu seiner Zeit als Standardwerk für Kryptographie und Steganographie galt, sondern auch das erste deutschsprachige Schachlehrbuch, das für die nächsten 200 Jahre einzigartig blieb.

Dass man in der Spielaufgabe Zahlen zwischen 1 und 6 wählen soll, lässt ahnen, dass das Spiel in Anlehnung an ein Würfelspiel konzipiert wurde – es geht dann schlicht darum, wer beim „um die Wette würfeln“ als erster die Summe 30 erreicht. Einfache Würfelspiele sind aber Jahrtausende alt, schon die römischen Legionäre schlugen damit die Zeit tot – in dieser Variante kann man sogar ohne Würfel spielen und das Würfelglück durch den unberechenbaren Gegner, spontane Entscheidungen oder auch eine rationale Geheimstrategie ersetzen...

Erstmalig erwähnt wurde dieses Spiel mitsamt einer Analyse der „sieghaften Positionen“ von [Luca Pacioli](#) (1445 - 1517), von dem an früherer Stelle schon die Rede war („Arbor Proportio et Proportionalitas“). Im arithmetischen Teil seines auf italienisch verfassten Manuskriptes *De Viribus Quantitatis* (von der Macht der Grössen), das Ende des 15. Jh. entstand und die erste bedeutende Sammlung mathematischer Rätsel und Kniffe darstellt, lautet der 34. „Effekt“:

A finire qualunch'numero nanze al compagno a no' prender piu de un terminato numero. Also: Eine beliebige Zahl vor dem Mitspieler erreichen, ohne mehr als eine gegebene Anzahl zu verwenden.



XXXIIII effecto a finire qualunch' numero na'
e al compagno a non prendere piu de un terminato n'.

Er gibt dazu den Tipp, dass wenn man z.B. bei Schrittlängen von maximal 6 als erster die 30 erreichen möchte, man auf der [Zahlenleiter 2, 9, 16, 23](#) voranschreiten solle – ...*et per trovare ditte scale, in questo et in ognaltro, tien questo modo: sempre partirai el numero ch' si vuol fare per uno piu ch' non si prende e lavanzo de ditto partimento, sempre sia prima scala.* Man solle also in allen Fällen die zu erreichende Zahl (hier 30) durch die um eins erhöhte maximale Schrittlänge (hier dann 7) dividieren; der Rest ($\neq 0$) dieser Division (hier 2) ergibt dann stets die erste Stufe der Zahlenleiter.

Der Ursprung von NIM (5) Luca Pacioli

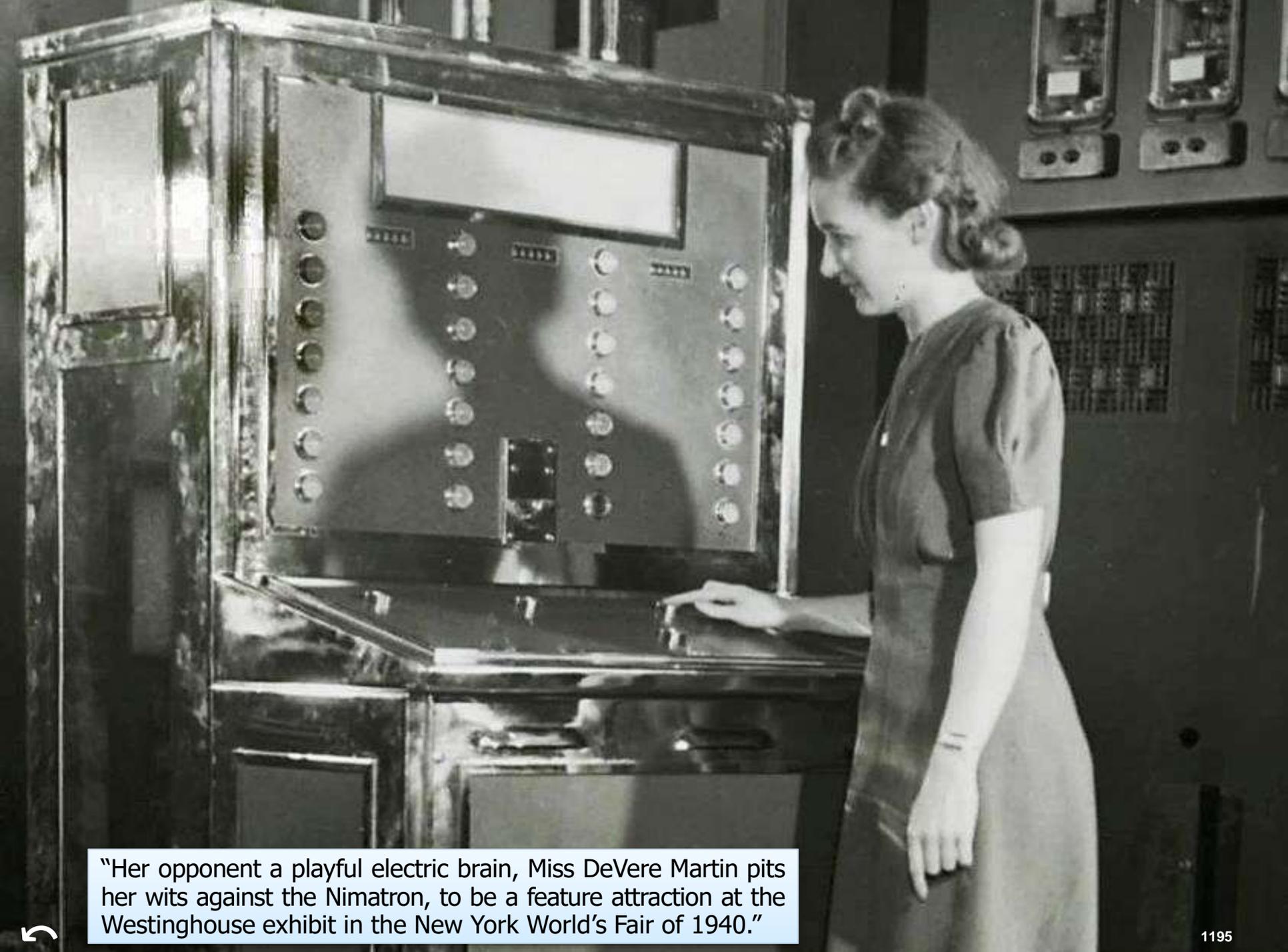
*prima fornir 30. a ponto et tu per questa com-
prenderai de uolersi fare' infiniti altri numeri,
pur alternatim prendendo cioe' ch' lun ponto co'
l'altro in siemi sempre se agiongghino a chi prima'
arua a 30. a ponto o uero a' qualunch' altro nu'
non passando. 6. magior ponto et ancho quando
se limitasse' a' non passare qualunch' altro nu'
commo se dira de tutti in guerdando regola gene-
rale' et prima del. 30. sapi ch' p' prende'. uenci sa-
pendo guidare le scale' quali sonno 4. cioe. 2. 9.
16. 23. pero tu prima prendi. 2. poscia prenda
el compagno a suo modo tu poi farai. 9. et poi lui
prenda a suo modo tu farai. 16. et lui a suo modo
prenda, tu farai. 23. et cosi poi prenda a suo modo*

De Viribus Quantitatis

Manuskriptausschnitt zur Diskussion der 34. Aufgabe, in dem die Zahlenleiter der Gewinnpositionen 2, 9, 16, 23 erläutert wird, welche ein zentrales Element der Gewinnstrategie, wie oben skizziert, darstellt

www.uriland.it/matematica/DeViribus/Pagine/





“Her opponent a playful electric brain, Miss De Vere Martin pits her wits against the Nimatron, to be a feature attraction at the Westinghouse exhibit in the New York World’s Fair of 1940.”

1940: Nimatron

"It is an object of our invention to provide an electrical system for playing Nim. Another object of our invention is to provide an electrical system which shall perform the plays of one player in the game of Nim." -- Aus dem Patent US2215544A von 1940.

The Nimatron is an early relay-based computer game machine. It was devised by nuclear scientist Edward Uhler Condon (Associate Director of Research at Westinghouse Electric) in the winter of 1939/1940. The project was supposed to liven up Westinghouse's public exhibition during the 2nd year of the 1939 – 1940 New York World Fair.

The game was housed in a large cabinet, on all four sides of which an elevated box displayed the current game state to the audience as a series of lightbanks. Patrons were challenged to beat the machine by pressing buttons to choose how many lights to extinguish from which lightbank, before giving the machine its turn. Condon recollected that about 50,000 people might have played the game during the 6 months it was on display, although few patrons ever beat it.

A very interesting side-note is that the machine had a built-in delay before it made its moves. It was thought that human players, who had to think before making their next move, would feel embarrassed if the machine in turn took only a fraction of a second for its own decisions.

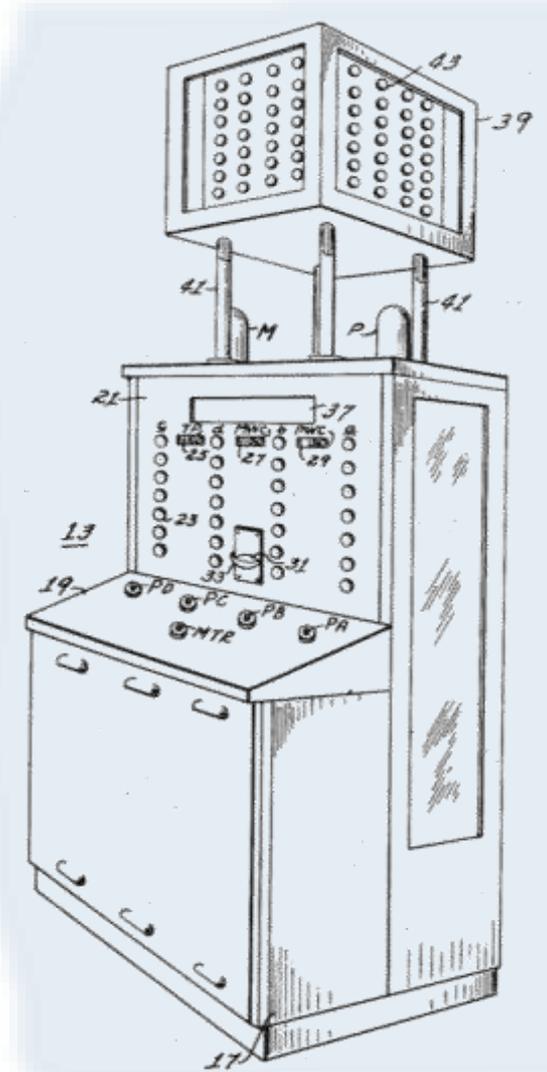
<https://pbgames.wordpress.com/2012/07/08/1940-nimatron/>



Nimatron-Konstrukteur Ed Condon erläutert

“...That game has a theory which is most conveniently expressed by talking about the numbers of matches that are in the various piles by expressing them in binary notation. And of course those circuits—scaling circuits—that everyone was using for artificial radioactive counting with the Geiger counters to cut down the counting rate, were also based on the numbers represented in the binary notation. So one day I had an idea that we ought to be able to make a machine that could play the game. So we did.

...Well, the sense in which it was a shameful failure on my part was that this was a good four or five years before Johnny von Neumann and Eckert and Mauchly and all this digital computer business, and I never thought of it in serious terms; I just thought of it as this gag thing, yet the circuitry and all that was exactly what was later used for computers, for programmed computers. In fact, the Nimatron was patented, and one of the patent claims that was given to Westinghouse was *any electrical means of representing a number as the sum of integral multiples of powers of another number*. So it was the complete game of representing numbers digitally in a computing circuit. None of us had sense enough to do anything with it, so the patent just never amounted to anything. But if we had had sense enough with our postwar planning to think of automatic computers, it might have amounted to something; IBM might not be what...”



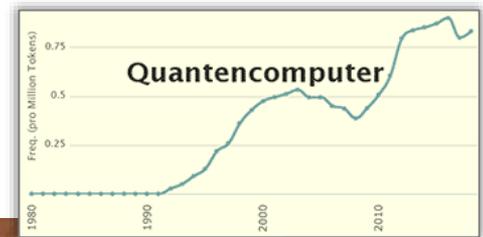
1951: Der Nimrod-Spielcomputer – Ein „Elektronengehirn“ von Ferranti



Witnesses relate that the most impressive thing was not to play against the machine but to look at all the flashing lights which were supposed to reflect its thinking activity!

“The Germans had never seen anything like it, and came to see it in their thousands, so much so in fact that on the first day of the show they entirely ignored a bar at the far end of the room where free drinks were available, and it was necessary to call out special police to control the crowds. The machine became even more popular after it had defeated the Economics Minister, Dr. Erhardt, in three straight games.” [A. Bates et al. in: B.V. Bowden (ed.), *Faster Than Thought*, Sir Isaac Pitman & Sons Ltd., 1953]

Stichwort „Elektronengehirn“



www.dwds.de

32 WIRTSCHAFT REPORT

Samstag/Sonntag, 18./19. Januar 2020, Nr. 14 Süddeutsche Zeitung



Schon jetzt eine Attraktion: Anfang Januar 2019 zeigte IBM den Quantencomputer „Q System One“ auf der Technikkonferenz CES in Las Vegas.

FOTO: ROSS D. KRAMER/AP

68 Jahre später, im Jahr 2019, das gleiche Bild: Andrang und Bestaunen eines elektronischen Kunsthirns, diesmal ein Quantencomputer der Firma IBM.

Federico Carminati gehört zu jener eher seltenen Sorte Wissenschaftler, die ihre komplizierte Welt in einfache Worte fassen können. Carminati ist Physiker, und er sagt: „Von 96 Prozent des Universums wissen wir nicht, was es ist.“ Das reizt Forscher wie ihn, und darum ist in der Nähe von Genf die größte Maschine entstanden, die Menschen jemals gebaut haben: der Teilchenbeschleuniger am Kernforschungszentrum Cern. Carminatis Job dabei: Er sucht mit seinem Team nach neuen Möglichkeiten, die ungeheure Menge an Daten zusammenzufügen, die die Maschine auspackt.

Denn Carminati hat ein Problem: „Um all diese Daten zu berechnen, müsste die Rechenleistung...

Das Superhirn

Vom Quantencomputer erhoffen sich Wissenschaftler die Lösung vieler Probleme. Er soll komplexe Aufgaben bewältigen und etwa Autos in Echtzeit durch den Verkehr steuern. Doch ob sich diese Hoffnungen erfüllen, ist noch keineswegs sicher

VON HELMUT MARTIN-JUNG

le Möglichkeiten nacheinander ausprobieren, wie sich ein komplexes Protein falten kann, würde das länger dauern, als das Universum alt ist. Quantencomputer mit ihrer geradezu fantastischen Rechenleistung könnten hier tatsächlich eine neue Ära begründen.

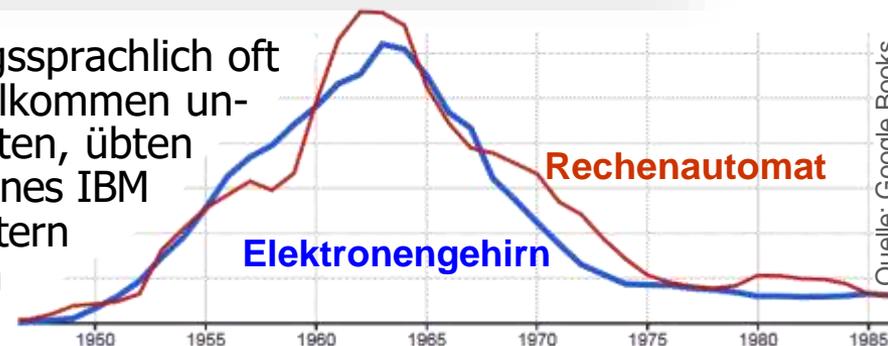
Es gibt aber auch Menschen, die die Entwicklung mit Sorge betrachten. Zum Beispiel jene, die nicht wollen, dass ihre verschlüsselten Daten mit vergleichsweise geringem Aufwand lesbar gemacht werden können. Unternehmen, Verwaltungen, Privatleute und nicht zuletzt Geheimdienste, die schon immer „verschlüsselte“ kommunizierten. Es gilt geradezu als Spezial-

Stichwort „Elektronengehirn“ (2)

Ein „Elektronengehirn“ wird geliefert

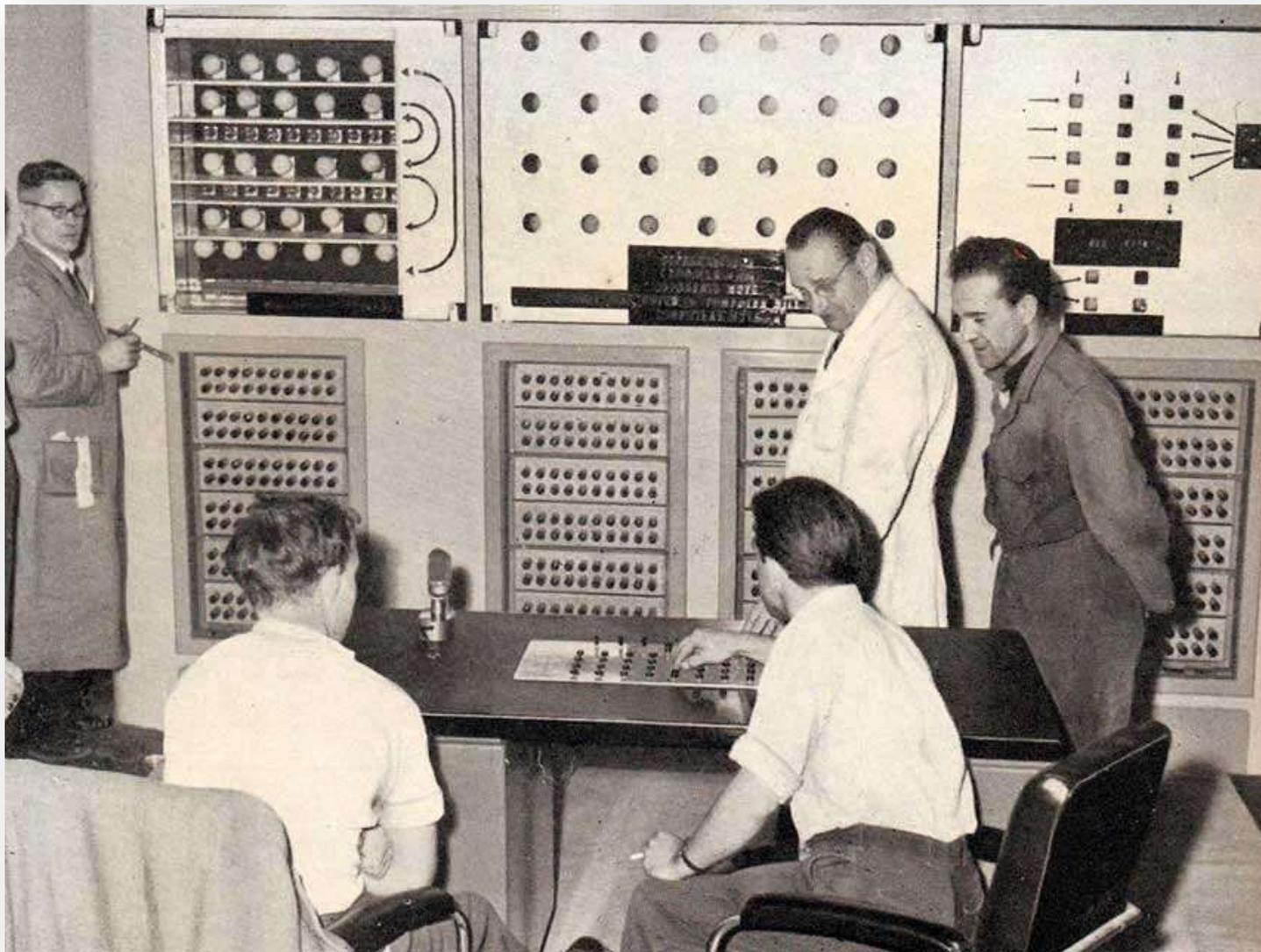


In den 1950er-Jahren wurden Computer umgangssprachlich oft als „Elektronengehirne“ bezeichnet – da Laien vollkommen unklar war, wie diese Wundermaschinen funktionierten, übten sie eine grosse Faszination aus. Hier die Ankunft eines IBM 705-Computers beim Hauptquartier der Northwestern Mutual Life Insurance Company in Milwaukee im Dezember 1957.



Nimrod: Ein Denkautomat

Most of the public were quite happy to gawk at the flashing lights and be impressed. -- John Bennett

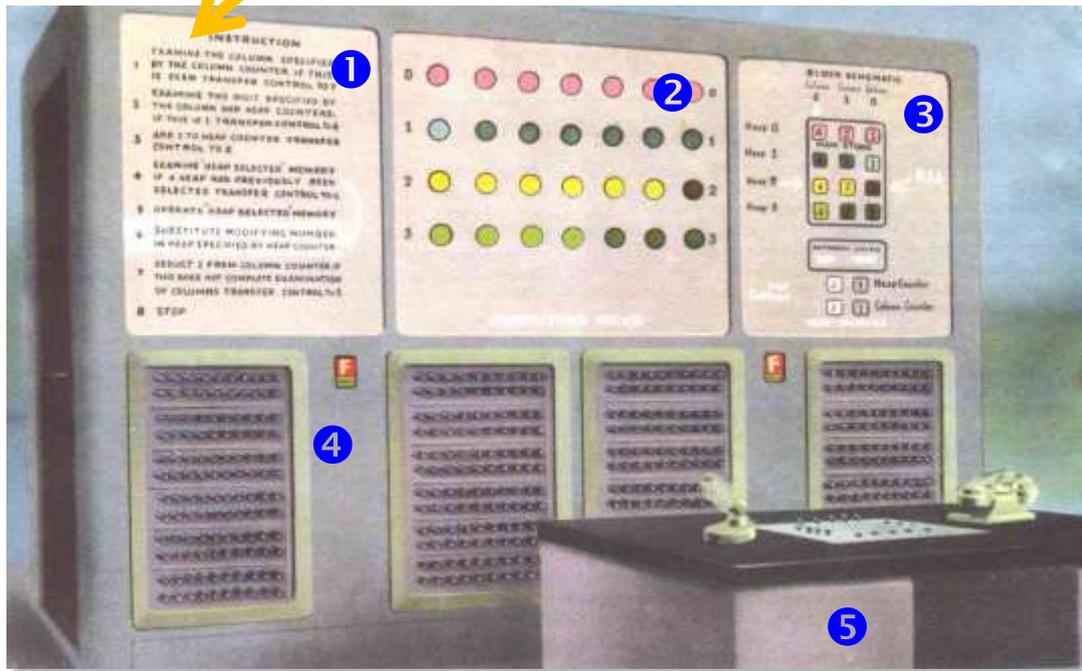


The electron apparatus 'Nimrod' was a special attraction at the Festival of Britain in 1951. The capabilities of a thought automaton were demonstrated here to the public for the first time.

Aus dem Buch "The Robots Are Among Us" von Rolf Strehl, 1955 (Deutsches Original: "Die Roboter sind unter uns", 1952)

Nimrod

Bild: Discovery Magazine, May 1951

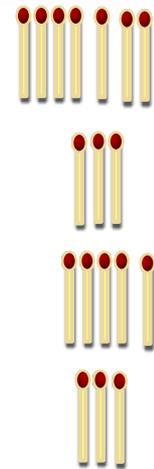
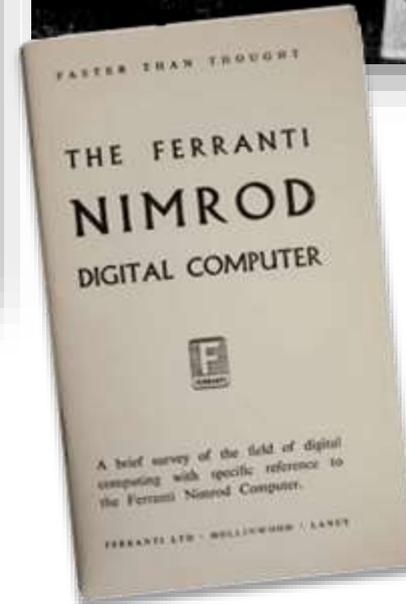
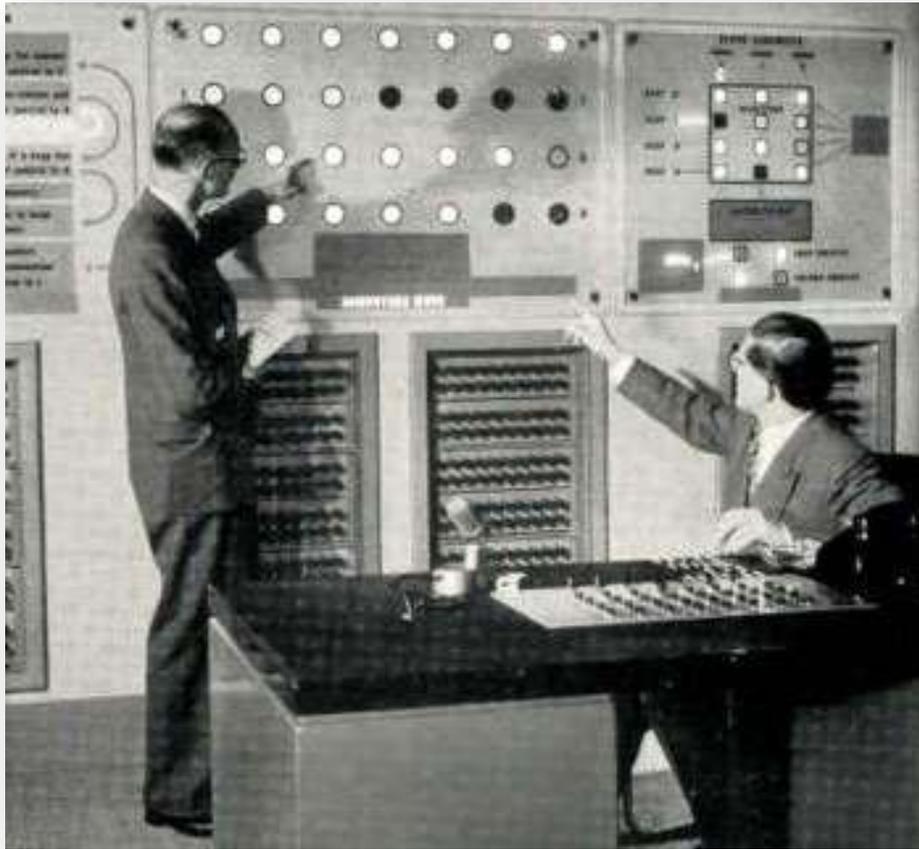


- 1 Examine the column specified by the column counter. If this is even transfer control to 7.
- 2 Examine the digit specified by the column and heap counters. If this is 1 transfer control to 4.
- 3 Add 1 to heap counter. Transfer control to 2.
- 4 Examine heap selected memory. If a heap has previously been selected transfer control to 6.
- 5 Operate heap selected memory.
- 6 Substitute modifying number in heap specified by heap counter.
- 7 Deduct 1 from column counter. If this does not complete examination of columns transfer control to 1.
- 8 STOP.

- 1 Instructions panel: instructions that Nimrod follows during the game.
- 2 Main panel: bulbs mirror the control panel to show the process of the game to the observers; underneath the bulbs there is a legend describing the possible states of the game.
- 3 Panel shows the current calculations of the processor during slow game speed; a legend for this is located on the instructions panel.

- 4 Four bays holding the machine's valves (tubes). Each bay contains 120 valves, arranged as six blocks of twenty. (Only 350 of the installed valves were active in the computer; the others were just being 'burned in' to avoid early failure.) All are 12AT7 double triodes.
- 5 Nimrod's control panel: demonstrator would typically sit on the side closer to the computer, while the player would sit on the other side of the desk.

Nimrod



"Nimrod certainly struck a defiant note. Its display cabinet, 3.65m wide and 2.75m tall, was designed purely for visual impact: the electronics inside occupied only a hundredth of the total volume. Accentuated by a raised podium, it dominated the final room of the Exhibition." [James Sumner]

Nimrod electric brain – a tremendous grey refrigerator

Für das Science Museum Festival beim Festival of Britain im Juni 1951 engagierte Ferranti die beiden Revuegirls Wanda Altar und Rae Berry des Londoner Windmill Theatre, um Nimspielen mit Nimrod vorzuführen.

Paul Jennings, BBC-Radiojournalist: "Like everyone else I came to a standstill before the electric brain ... This looks like a tremendous grey refrigerator ... It's absolutely frightening ... I suppose at the next exhibition they'll even have real heaps of matches and awful steel arms will come out of the machine to pick them up."



Wirtschaftsminister gegen Elektronenhirn

1951 bei einer NIM-Partie gegen Nimrod in Berlin

Dietrich Prinz
(Ferranti)

Wirtschaftsminister
Ludwig Erhard

Bundeskanzler
Konrad Adenauer

Brit. Stadtkommandant General
Geoffrey Bourne

Ernst Reuter, Regierender
Bürgermeister von West-Berlin



At the exhibition members of the public were invited to play against the machine; at the end of each game the computer would flash up the message 'COMPUTER WINS' or 'COMPUTER LOSES'.

Der NIM-Spielcomputer wurde 1951 an der Berliner Industrieausstellung im englischen Pavillon gezeigt. Wirtschaftsminister Ludwig Erhard spielte am Eröffnungstag drei Spiele und verlor jedes Mal. Die Mine des zuschauenden Bundeskanzlers Adenauer verfinsterte sich zunehmend.

Wirtschaftsminister gegen Elektronenhirn (2)

In der Hauszeitschrift von Ferranti berichten die beiden Ingenieure [Raymond Stuart-Williams](#) und [David John Powell Byrd](#) im Dezember 1951 unter dem Titel „Das fliegende Gehirn“ von dem Ereignis in Berlin. Das Festival of Britain in South Kensington ging am 30. September zu Ende, und erst wenige Tage zuvor wurde beschlossen, Nimrod auch auf der Berliner Industrieausstellung, die am 6. Oktober begann, vorzuführen.

[...] “Nimrod” was exhibited at South Kensington up to 6 p.m. on Saturday, 29th. [...] Sunday was occupied in packing and customs. [...] At 9 a.m. on Monday, the rest of the party arrived at Blackbushe Aerodrome expecting to see the freighter. The plane was there, but we were to learn that aircraft reliability is sometimes no higher than that of computers! This example had one of its engines tucked neatly into its freight compartment. There was much telephoning and finally a spare plane was located in Paris. This arrived at 4 p.m. and promptly disgorged two cars. We then expected to see the machine loaded, but it was discovered that there was a large hole in one tyre. The plane was jacked up and the wheel changed. It was then discovered that the front doors would not shut. This looked like complete disaster and sledge hammers were brought up, but just in time somebody remembered that they had forgotten to remove the jack! The plane was refuelled, the machine loaded, and at long last we took off at 7.30 p.m.

We landed at Amsterdam at 10 p.m. to refuel and took off again at 11 p.m., having some difficulty in convincing the customs authorities that “Nimrod” was not an atom bomb! At Berlin, the machine travelled on three red-painted flat-topped trailers behind a tractor; only the elephants were missing!

Six German mechanics were employed to assist in erection, and [...] “Nimrod” was working 28 hours after arrival at the exhibition. The complete assembly, retouching of the paintwork

Wirtschaftsminister gegen Elektronenhirn (3)

and polishing of the machine was completed without effort by Friday evening. On Saturday, October 6th., the complete exhibition was opened by Dr. Adenauer, the German Chancellor, together with members of his cabinet. [...]

The problem of demonstrating the machine in German was overcome by employing six German University students. [Dr. Prinz](#) flew over on the Wednesday to train these students, and also to receive any German V.I.P.s. He found his job rather difficult as he had to create a German computing vocabulary before he could explain the machine!

It was extremely fortunate that Dr. Prinz was present at the opening, as immediately after General Bourne had finished speaking, the whole audience, headed by the German Cabinet, moved in a body up to "Nimrod". The unfortunate Professor Dr. [Erhard](#), the [...] Minister for Economic Affairs, was thrust forward by his colleagues to play against the machine. Initially he was allowed to battle against it unaided and was easily beaten. [General Bourne and Dr. Prinz then went to his aid](#) but unfortunately he was still beaten! Our Frontispiece shows Professor Erhard, seated between them, actually undergoing his ordeal. The German Newspapers, which do not appear to be quite so polite as our own Press, were delighted by the performance and produced large headlines and extremely unflattering photographs and cartoons!



Wirtschaftsminister gegen Elektronenhirn (4)



The German public was most interested and the large crowds experienced at the opening were repeated throughout the exhibition. Crowds of more than one thousand were common, and at times up to five thousand, the full capacity of the hall, were present. Two policemen were on continuous duty to control the flow.

The existence of the machine was recognised even by the East German papers, which finally produced a report that the East Berlin Technical University had been instructed to build a replica!



Zum **politischen Kontext** jener Zeit mag folgende Meldung der Schweizer Zeitung „**Die Tat**“ vom 8. Okt. 1951 informativ sein. Diese wurde 1935 von **Gottlieb Duttweiler** → (dem Gründer der Migros, Bild: Wikipedia) ins Leben gerufen und existierte bis 1978. (Adenauers Redetext kann man hier finden: www.konrad-adenauer.de/quellen/reden/1951-10-06-rede-berlin)



Der Bundeskanzler eröffnet die deutsche Industrierausstellung in Berlin

Berlin, 6. Oktober. (DPA) Vor rund tausend deutschen und ausländischen Gästen — darunter Eric Johnson, einer der persönlichen Berater des Präsidenten Truman, der stellvertretende amerikanische Hochkommissar Buttenwieser, die westalliierten Stadtkommandanten von Berlin und Mitglieder des Bundesrats und des Bundestages — eröffnete Bundeskanzler Dr. Adenauer am Samstagvormittag in Berlin die deutsche Industriemesse 1951. «Ich bin überzeugt», so erklärte der Bundeskanzler, «daß die Sache der Freiheit in Deutschland und in Europa triumphieren wird.

Ich versichere Ihnen, daß die Bundesregierung fest entschlossen ist, wirtschaftlich und politisch unter allen Umständen zu Berlin zu stehen.»

Adenauer unterstrich besonders die politische Bedeutung der Berliner Industrie-Ausstellung. Den Deutschen in der Sowjetzone und Ostberlin werde sie Mut und Hoffnung geben, daß die freie Welt auch auf politischem Gebiet etwas leisten und ihnen die Freiheit zurückgeben werde. Der regierende Bürgermeister von Berlin, Prof. Ernst Reuter, sagte, die Industrierausstellung sei ein Anlaß zur Zuversicht und Hoffnung. Die Anwesenheit von vielen ausländischen Vertretern zeige, daß «Berlin schon eine Messe Wert sei».

Die Ausstellung sei aber auch eine Hoffnung für die Sowjetzonen-Bevölkerung, der damit Gelegenheit gegeben werde, aus dem grauen Elend des sowjetischen Paradieses die Ergebnisse einer freien Welt selbst zu sehen.

Der Präsident des Deutschen Industrieverbandes, Fritz Berg, bekannte sich namens der westdeutschen Industrie zu der innern und äußern Verbundenheit der Bundesrepublik mit Berlin.

NIM-Computer...

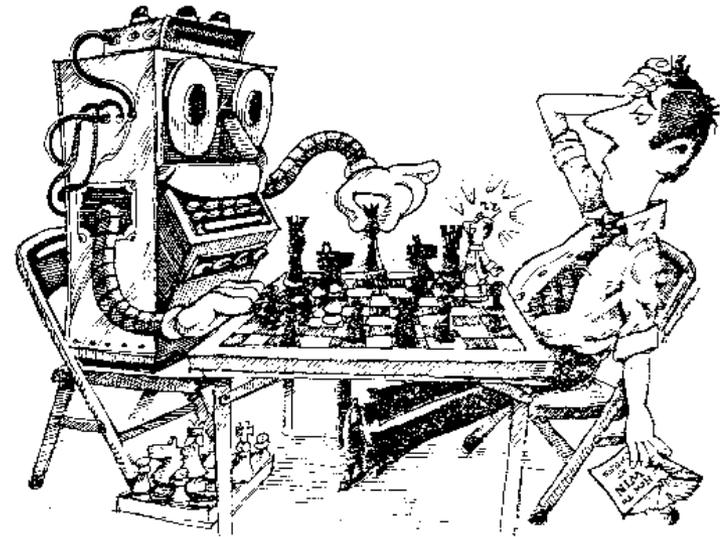
- Heutige „NIM-Computer“ sind sehr viel kleiner, schneller und benötigen viel weniger Energie
 - Und man kann mit ihnen auch andere Spiele spielen – sowie nötigenfalls sogar telefonieren...
- Der **Ferranti-Computer** seinerzeit
 - Ca. 3 m x 4 m x 1.5 m
 - 6 kW Strom
 - 480 Elektronenröhren
 - 5 kHz Taktfrequenz
 - Nur für das NIM-Spiel konstruiert

However interesting some of the many machine realizations may have been to the nonmathematical public, this game remains essentially trivial to anyone knowing the binary number system. We will not concern ourselves with such games. – Arthur Samuel, 1960



Schach und Computer

- **Schach** ist der prominenteste Vertreter des „automatischen strategischen Spielens“
 - **Faszination**: Verbindung von uraltem Spiel und moderner Technik
 - **Herausforderung**: Eine „intelligente“ Maschine bauen
 - **Reiz**: kleine, abgeschlossene Welt (klare Spielregeln)
 - Hoffnung (trügerisch!): Wenn man ein Spiel wie Schach beherrscht, dann auch viele **andere Probleme** (aus Wirtschaft, Politik...), zu deren Lösung „**Intelligenz**“ nötig ist
 - Schach als „Drosophila der künstlichen Intelligenz“?
-
- **Menschliche Spieler** haben gegen die besten Schachprogramme mittlerweile praktisch keine Chance mehr



<https://cdn.ichess.de/wp-content/uploads/2011/09/Picture-41.png>

Der Schachtürke

(Wolfgang von Kempelen, 1769)



Der Schachtürke

Der Crowdsourcing-Internetmarktplatz „[mechanical turk](#)“ von Amazon wurde nach dem Schachtürken benannt, da es dabei um Vermittlung von Arbeit geht, bei der Menschen gut, Computer aber schlecht sind.



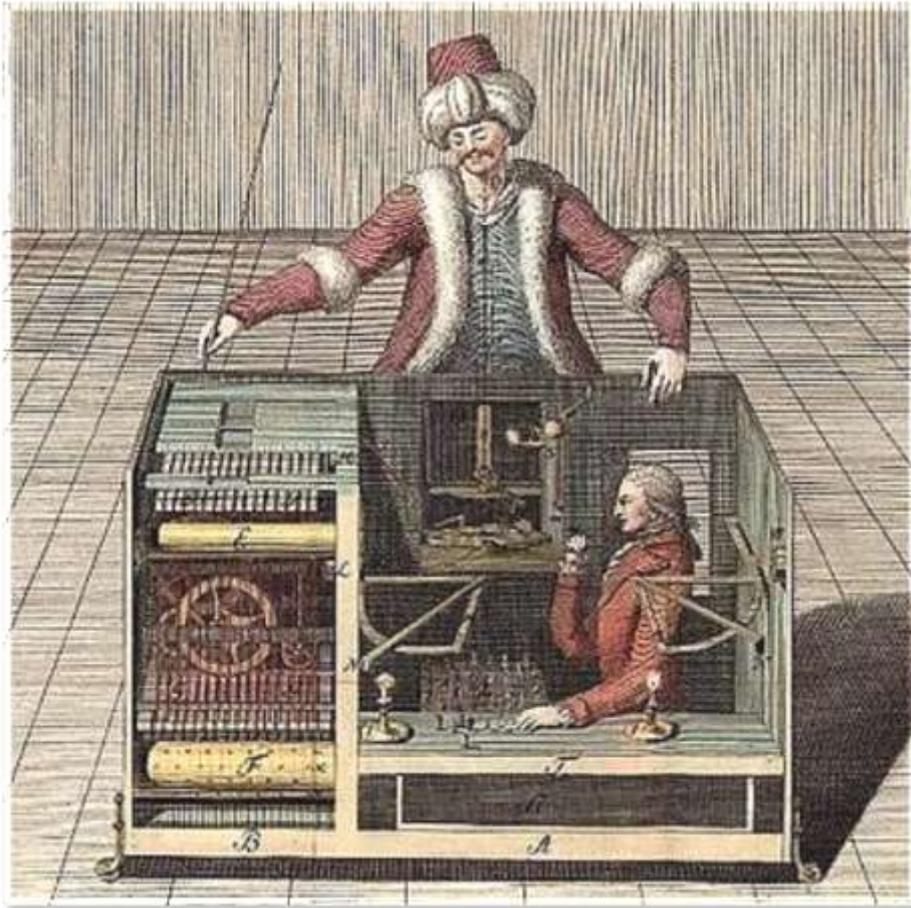
Der Automat, wie er dem Publikum vorgeführt wurde.

Kupferstich von Joseph Friedrich Freiherr von Racknitz, 1789

Kempelen wählte einen Türken wohl auch deswegen, da Türken seinerzeit als besonders gute Schachspieler galten. Die Begriffe „einen Türken bauen“ oder „türken“ (vortäuschen, fingieren, fälschen) bzw. „getürkt“ leiten sich offenbar vom Schachtürken ab (entsprechen in naiver Auffassung heute aber nicht mehr der „Political Correctness“).

„Das Publikum begegnete dem Automaten mit einer Mischung aus Schock und Lust. Die lebensgroße Puppe in türkischer Tracht saß an der Rückwand eines eleganten Holzkastens. Die Vorderseite, auf dem ein Schachbrett mit Holzfiguren stand, wies drei Türen auf, darunter eine Schublade. Vor der Vorstellung öffnete Kempelen die Abteilungen, um das Innere des Kastens vorzuzeigen. Die Zuseher erblickten ein Gewirr aus Walzen, Hebeln und Zahnrädern verschiedenster Größen. Mit einer Kerze durchleuchtete Kempelen den Automat Abteil für Abteil, danach bat Kempelen einen Freiwilligen aus dem Publikum an das Schachbrett, und endlich begann der Türke, sich selbständig zu bewegen. Bei jedem Zug war ein Raseln und Ächzen von Zahnrädern zu hören.“ [Joseph Friedrich Freiherr von Racknitz in „Ueber den Schachspieler des Herrn von Kempelen“, 1789]

Der Schachtürke – “The Man in the Machine”

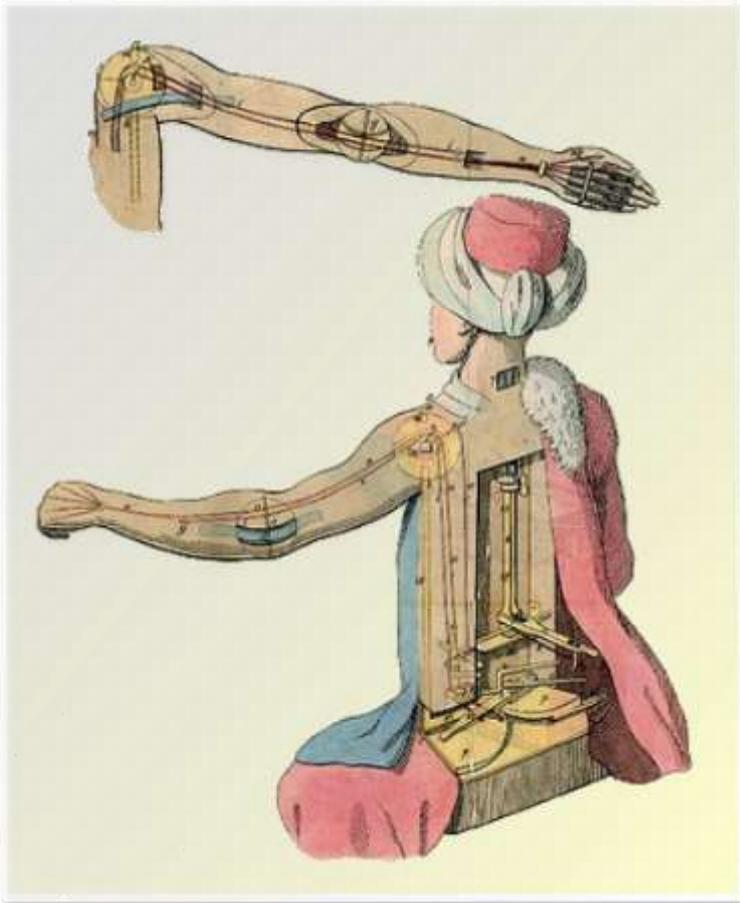


Der Automat, wie er tatsächlich funktionierte.
Kupferstich von Joseph Friedrich Freiherr von Racknitz, 1789

The Mechanical Turk was supposed to be a simple parlor trick. Standing in front of the court of the Holy Roman Empress of Austria-Hungary Maria Theresa, Kempelen unveiled a life-sized carved wooden statue of a sorcerer wearing a fur-trimmed robe and a turban, seated behind a 4 x 2.5 x 3-foot box. On the box rested a chess set. Noting that his wooden friend “Turk” was an automaton, Kempelen opened the cabinet to reveal its inner workings were nothing more than complex clockwork machinery. Then, Kempelen brought up a volunteer, Count Cobenzl, to challenge his robotic friend to a game of chess. Kempelen turned a few keys and, after a brief silence, the automaton whirled to life. The court cried out in amazement as the Turk moved its first piece. The game ended in a hurry as the Mechanical Turk soundly defeated the Count in what was the first instance of machine beating man at chess. Except, it wasn’t.

Der Schachtürke

Leseempfehlung eines weiteren ausgezeichneten Artikels dazu: „Monster in a box“, Wired 2002, www.wired.com/2002/03/turk/



The Mechanical Turk became a worldwide sensation, going on tour and taking on several famous challengers. The Turk defeated Catherine the Great in Russia, beat Ben Franklin in Paris, and triumphed over an amazed Charles Babbage. The Turk's most famous match came in 1809 against Napoleon Bonaparte, who tried to outsmart the machine by making deliberately illegal moves. Frustrated, the Turk took its wooden arm and knocked all the chess pieces on to the floor, apparently delighting Napoleon. Rarely defeated (though the Frenchman Philidor, renown as the world's best player, did win his match against the Turk), the machine confounded even the most learned about how it actually worked. Was it magnetic? Controlled by wires? Perhaps it was actually magic? In 1854, eight decades after the Turk's introduction to the world, it burned in a fire in Philadelphia. Shortly after that, the Mechanical Turk was revealed to be a hoax. The truth was

that the Turk had a concealed operator, one that was hidden by trick doors in the undercarriage of the box. Fitting only a person of small stature, it required the person to not only diminutive, but very good at chess. Needless to say, the Mechanical Turk was not magic. Quite simply, it was nothing more than a human hiding in a machine. [www.popularmechanics.com]

Geschichtliches zum Computerschach

Übersicht Teil 1 (von 4)

- **1770**: Baron **von Kempelen** „baut einen Türken“ als Schachautomat (u.a. verliert Napoleon dagegen; E.A. Poe beschreibt den „getürkten“ Aufbau)

- **1864**: Charles **Babbage**: Konzept **algorithmischer Automaten** für „games of intellectual skill“
- **1912**: Ernst **Zermelo**: Aus jeder Stellung kann entweder Weiss oder Schwarz in endlich vielen Schritten den **Sieg erzwingen** (oder aber beide ein Remis)
- **1912**: Torres **Quevedo** konstruiert ein **elektromechanisches** Gerät für das automatische **Endspiel** Turm und König gegen König
- **1928**: John **von Neumann** publiziert „Zur Theorie der Gesellschaftsspiele“
- **1948**: Norbert **Wiener** diskutiert in seinem Buch „**Cybernetics**“ Positionsbewertung und **Minimax** bei schachspielenden kybernetischen Maschinen
- **1948**: Alan **Turing** experimentiert mit handsimulierten Programmen
- **1950**: Claude E. **Shannon** (Bell Labs) veröffentlicht seinen Artikel „Programming a Computer for Playing Chess“
- **1956**: John **McCarthy** veröffentlicht den **α - β -Algorithmus**

- **Ab ca. 1957**: „Echte“ **Schachprogramme** (auf Elektronenröhren-Rechnern)

ca. 100 Jahre „Theorie“

Every game of skill is susceptible of being played by an automaton [C. Babbage, 1864]

Charles Babbage: „Games of intellectual skill“ mit Automaten

Mehrfach zwischen 1820 und 1868 befasste sich [Charles Babagge](#), der in jungen Jahren zwei Mal gegen Kempelens Schachtürken gespielt und verloren hatte, mit dem automatischen Spielen. Einer seiner Motivationsgründe lag darin, die Hardwarebeschreibungssprache („Mechanical Notation“), die er für die Analytical Engine entwickelt hatte, probeweise auch auf andere Probleme anzuwenden („I should try the power of such principles as I had laid down, by assuming some question of an entirely new kind“). Dies sollten Automaten sein, die „Denkspiele“ wie [Tic-Tac-Toe](#), [Dame](#) oder [Schach](#) erfolgreich spielen konnten. In seiner Autobiographie (vgl. nachfolgende Slides), beschreibt er, wie er anhand von Tic-Tac-Toe das Prinzip solcher Spiele analysierte und das Voraussehen bei längerer Zugfolgen durchdachte. Den konfliktträchtigen Nichtdeterminismus im Falle, dass mehrere alternative Züge sinnvoll möglich sind, beseitigt er durch ein Konzept, das wir heute „Randomisierung“ nennen würden.



Zum automatischen Spielen von Tic-Tac-Toe findet man nicht nur Anmerkungen und Analysen in seiner publizierten Autobiographie, sondern auch in den bislang nicht publizierten „[Notebooks](#)“ von Babbage. David Singmaster konnte diese in der British Library einsehen; er gibt an, dass dort u.a. „flow charts showing the basic [recursive analysis of a game tree](#)“ zu finden seien. Auf der nachfolgenden Slide ein kleiner Ausschnitt aus diesen Notebooks.

Aus den Notebooks von Charles Babbage (Ausschnitt):

Line 3 N°6 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline \end{array}$ forced move = $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ w/o

N°4 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline & & + \\ \hline \end{array}$ forced $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ forced $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline + & 0 & + \\ \hline \end{array}$ Wins $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline + & 0 & + \\ \hline \end{array}$

The forced move of the last. leads to a double course

Line 5 N°4 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to 2 double courses $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$

6 N°5 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ — 2 — $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ and $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$

7 N°6 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline 0 & + & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to 2 double by a forced move to a double course $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$

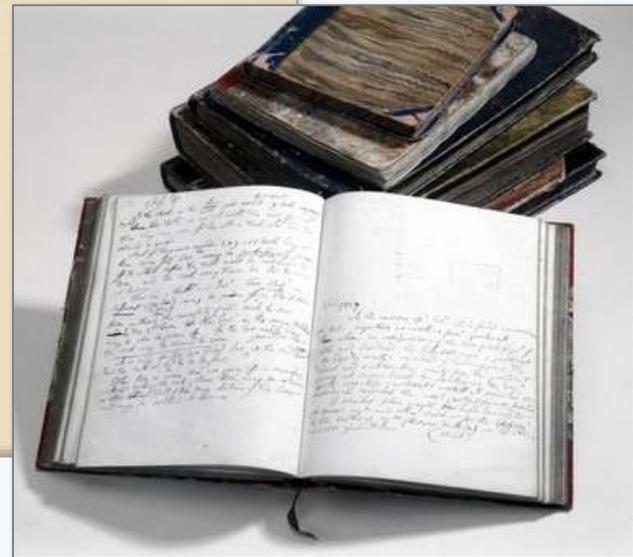
8 N°2 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to 2 double courses $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ and $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$

N°3 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$ $\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline \end{array}$

11 N°5 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to $\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ N°6 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to $\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$

12 N°2 $\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$ leads to $\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & | & + \\ \hline + & | & + \\ \hline 0 & | & + \\ \hline \end{array}$

<https://blog.sciencemuseum.org.uk/scirbbling-book-tit-tat-to/>



Die Notebooks von Charles Babbage

Aus der Autobiographie von Charles Babbage (*Passages from the Life of a Philosopher*, 1864) einige Auszüge über das automatische Spielen:

After much consideration I selected for my test the contrivance of **a machine that should be able to play a game of purely intellectual skill** successfully; such as tit-tat-to, drafts, chess, &c.

I endeavoured to ascertain the opinions of persons in every class of life and of all ages, whether they thought **it required human reason to play games of skill**. The almost constant answer was in the affirmative. Some supported this view of the case by observing, that if it were otherwise, then an automaton could play such games. A few of those who had considerable acquaintance with mathematical science allowed the possibility of machinery being capable of such work; but they most stoutly denied the possibility of contriving such machinery on account of the myriads of combinations which even the simplest games included.

On the first part of my inquiry I soon arrived at a demonstration that **every game of skill is susceptible of being played by an automaton**. Further consideration showed that if any position of the men upon the board were assumed (whether that position were possible or impossible), then if the automaton could make the first move rightly, he must be able to win the game, always supposing that, under the given position of the men, that conclusion were possible.

Whatever move the automaton made, another move would be made by his adversary. Now this altered state of the board is one amongst the many positions of the men in which, by the previous paragraph, the automaton was supposed capable of acting.

Hence the question is reduced to that of **making the best move under any possible combinations of positions** of the men.

Now the several questions the automaton has to consider are of this nature:

1. Is the position of the men, as placed before him on the board, a possible position? That is, one which is consistent with the rules of the game?
2. If so, has Automaton himself already lost the game?

3. If not, then has Automaton won the game?
4. If not, can he win it at the next move? If so, make that move.
5. If not, could his adversary, if he had the move, win the game?
6. If so, Automaton must prevent him if possible.
7. If his adversary cannot win the game at his next move, Automaton must examine whether he can make such a move that, if he were allowed to have two moves in succession, he could at the second move have two different ways of winning the game;

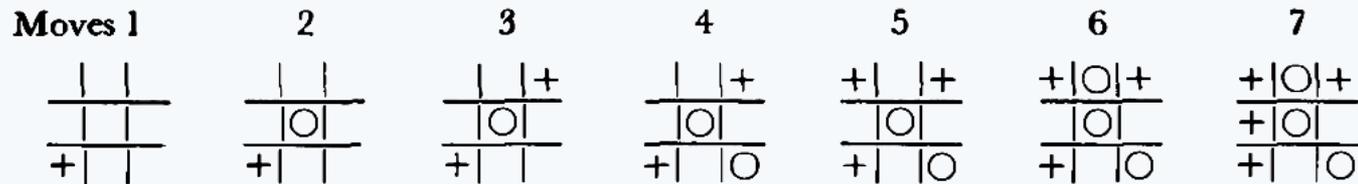
and each of these cases failing, Automaton must **look forward to three or more successive moves**.

Now I have already stated that in the Analytical Engine I had devised mechanical means equivalent to memory, also that I had provided other means equivalent to foresight, and that the Engine itself could act on this foresight.

In consequence of this the whole question of making an automaton play any game depended upon the possibility of the machine **being able to represent all the myriads of combinations** relating to it.

Allowing one hundred moves on each side for the longest game at **chess**, I found that the combinations involved in the Analytical Engine enormously surpassed any required, even by the game of chess.

As soon as I had arrived at this conclusion I commenced an examination of a game called "**tit-tat-to**," usually played by little children. It is the simplest game with which I am acquainted. Each player has five counters, one set marked with a +, the other set with an O. The board consists of a square divided into nine smaller squares, and the object of each player is to get three of his own men in a straight line. One man is put on the board by each player alternately. In practice no board is used, but the children draw upon a bit of paper, or on their slate, a figure like any of the following. The successive moves of the two players may be represented as follow:



In this case + wins at the seventh move.

The next step I made was to ascertain what number of combinations were required for all the possible variety of moves and situations. I found this to be comparatively insignificant.

I therefore easily [sketched out mechanisms](#) by which such an automaton might be guided. [...]

I then proceeded to [sketch various mechanical means](#) by which every action could be produced. These, when compared with those I had employed for the Analytical Engine, were remarkably simple. A difficulty, however, arose of a novel kind. It will have been observed, in the explanation I gave of the Analytical Engine, that cases arose in which it became necessary, on the occurrence of certain conditions, that the machine itself should [select one out of two or more distinct modes of calculation](#). The particular one to be adopted could only be known when those calculations on which the selection depended had been already made.

The new difficulty consisted in this, that when the automaton had to move, it might occur that there were two different moves, each equally conducive to his winning the game. In this case [no reason existed within the machine to direct his choice](#): unless, also, some provision were made, the machine would attempt two contradictory motions.

The first remedy I devised for this defect was to make the machine keep a record of the number of games it had won from the commencement of its existence. Whenever two moves, which we may call A and B, were equally conducive to winning the game, the automaton was made to consult the record of the number of the games he had won. If that number happened to be even, he was directed to take the course A; if it were odd, he was to take the course B.

If there were three moves equally possible, the automaton was directed to divide the number of games he had won by three. In this case the numbers 0, 1, or 2 might be the remainder, and the machine was directed to take the course A, B, or C accordingly.

It is obvious that any number of conditions might be thus provided for. An inquiring spectator, who observed the games played by the automaton, might watch a long time before he discovered the principle upon which it acted.

In einem Beitrag „Automatic chess and card playing“ des seinerzeit gern gelesenen *Cornhill Magazine* (Vol. 32, Nov. 1875, 584-596) wird dies, 100 Jahre vor dem kommerziellen Erfolg von Schachcomputern, recht kritisch kommentiert:

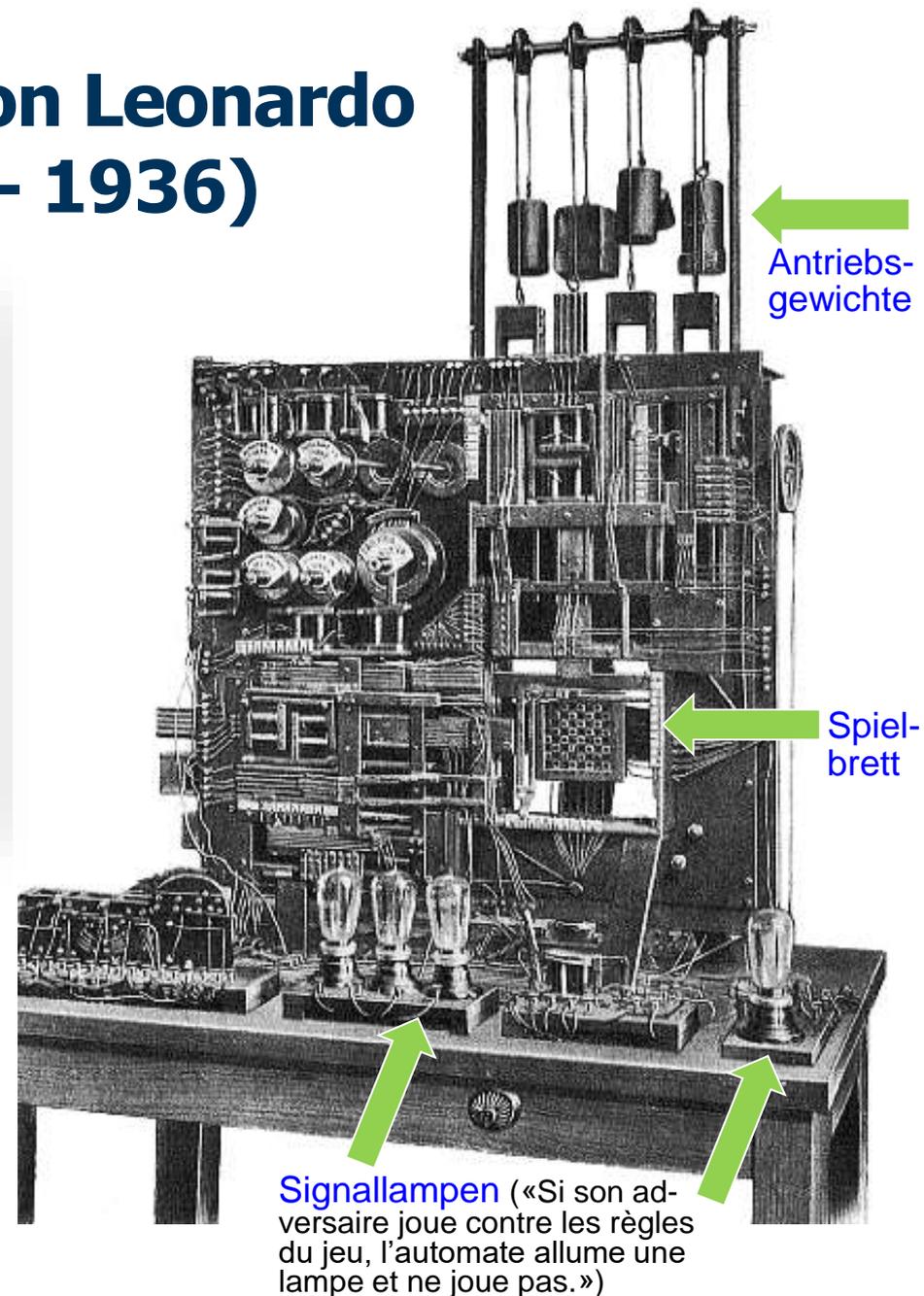
So far as we know, no really automatic player of games of skill has yet been constructed. Babbage devised a machine for playing the lively game called “noughts and crosses,” which, however, can **hardly be called a game of skill**. But it is noteworthy that Babbage believed in the possibility of making a really **automatic chessplayer**. His reasoning was sound, so far as abstract possibility is concerned; though he certainly did not succeed in showing how the feat was practically to be accomplished.

The real difficulty in the construction of an automatic chessplayer resides in the preliminary investigation of the chess positions. These are so numerous, and in a large number of cases the selection of the best move is so difficult, that it would be **hopeless to attempt the task**, even if some great advantage to the whole human race promised to reward such labors. And since, in reality, they would be almost **absolutely profitless**, it is quite certain that such a task **will never** be undertaken. We may say, indeed, that the labor would be absolutely profitless, since the only persons who could conceivably gain by an achievement of the kind would be the proprietors of the machinery, and it is certain that the **cost would enormously exceed any possible returns** they could obtain by exhibiting the automaton.

1912: Schachautomat von Leonardo Torres Quevedo (1852 – 1936)



Torres Quevedo, ein prominenter spanischer Ingenieur (analoge Rechenmaschinen; erste Funkfernsteuerung „Telekino“; 1928 – 1934 Präsident der königliche Akademie der exakten, physikalischen und Naturwissenschaften in Madrid), konstruiert 1912 in seinem Labor für angewandte Mechanik ein elektromechanisches Gerät (genannt „El Ajedrecista“ – „der Schachspieler“) für das automatische **Endspiel Turm mit König gegen König**.



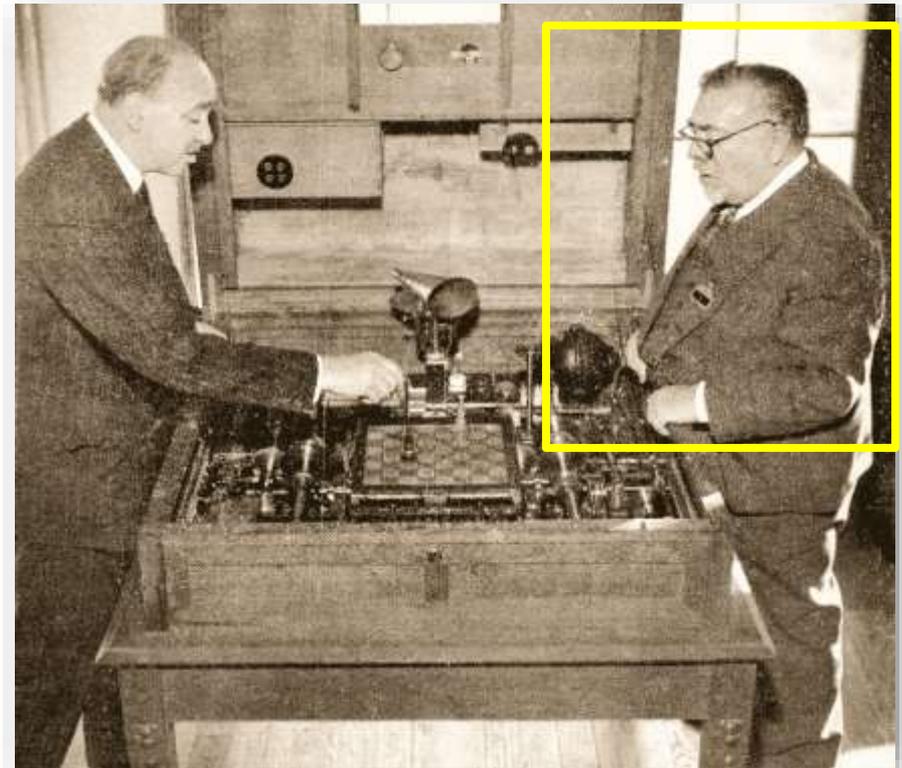
Die verbesserte Version des „El Ajedrecista“ (ab 1922)



“Mechanischer Apparat aus Spanien setzt mit Turm und König matt, was eine krächzende Stimme von einer Schallplatte auf Spanisch verkündet.”

Die verbesserte Version des „El Ajedrecista“ (ab 1922)

Sohn Gonzalo von Leonardo Torres Quevedo führt **Norbert Wiener** den Schachautomaten auf dem Pariser **Kybernetik-Kongress** von 1951 vor



Dazu ein Video:
„Leonardo Torres Quevedo Chess Automaton 1951“,
www.youtube.com/watch?v=YoZ389Rs5s8



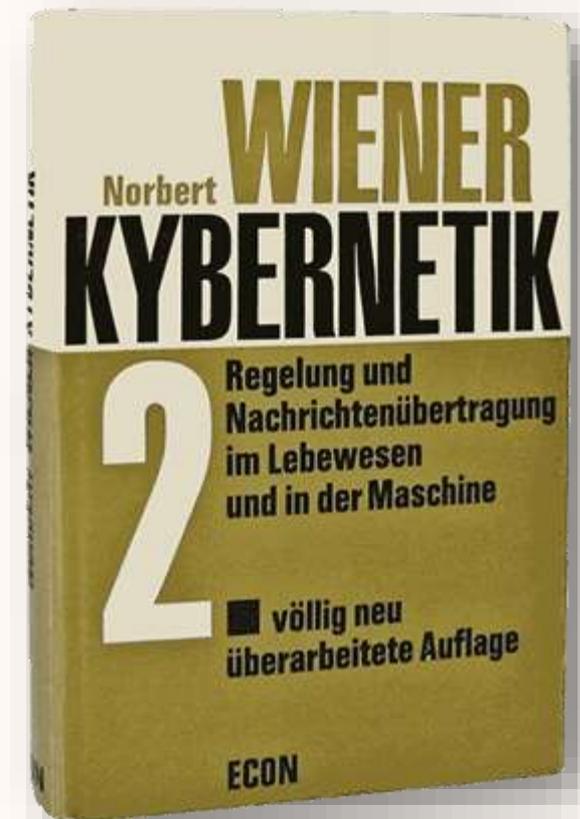
Bei dem Kongress „**Les machines à calculer et la pensée humaine**“ von 1951 handelt sich um eine der ersten und bedeutendsten Computer- und Kybernetik-Tagungen. Über 250 Personen aus vielen Ländern nahmen teil; die Kongressakten auf französisch umfassen knapp 600 Seiten. Beiträge stammen u.a. von seinerzeit illustren Personen wie Howard Aiken, William Ross Ashby, Louis Couffignal, Tom Kilburn, Warren McCulloch, Conny Palm, Mauro Picone, Eduard Stiefel, Grey Walter, Alwin Walther, Norbert Wiener und Maurice Wilkes.

Norbert Wiener (1948): Bewertungsfunktion

Es ist die Frage, ob es möglich ist, eine **schachspielende Maschine** zu konstruieren, und ob diese Fähigkeit einen wesentlichen Unterschied zwischen den Möglichkeiten der Maschine und denen des Geistes darstellt. Es ist unnötig zu fragen, ob es möglich ist, eine Maschine zu konstruieren, die ein optimales Spiel im Sinne von von Neumann spielen wird. Nicht einmal das beste menschliche Gehirn kommt dem nahe. [...] Das echte Problem: [...] eine Maschine zu konstruieren, die auf einer der vielen Ebenen, auf denen menschliche Schachspieler sich bewegen, einen interessanten Gegner darstellt.

Ich denke, dass es möglich ist, einen relativ groben, jedoch nicht gänzlich trivialen Apparat für diesen Zweck zu konstruieren. Die Maschine müsste wirklich – mit möglichst hoher Geschwindigkeit – alle ihre eigenen zulässigen Züge und alle zulässigen Gegenzüge des Gegners für zwei oder drei Züge im Voraus durchspielen. Jeder Folge von Zügen sollte sie eine bestimmte konventionelle **Bewertung** zuweisen. Hier erhält das Mattsetzen des Gegenspielers auf jeder Stufe die höchste Wertung, Schachmatt gesetzt zu werden die niedrigste; während Figuren verlieren, gegnerische Figuren nehmen, Schach bieten und andere erkennbare Situationen Bewertungen erhalten sollten, die nicht zu weit von denen entfernt sind, die gute Spieler ihnen einräumen würden. [...].

Zitate aus diesem Buch (deutsche Version: Econ-Verlag, 1963):

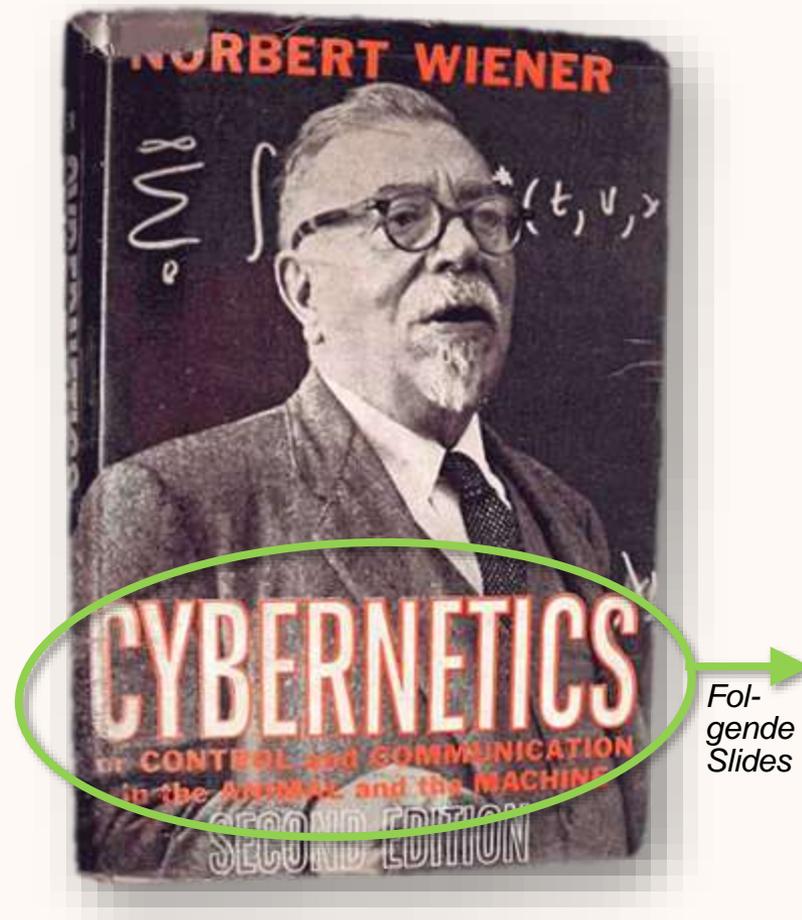


Norbert Wiener (1948): Minimax-Algorithmus

At the stage at which the machine is to play once and the opponent once, the valuation of a play by the machine is the minimum valuation of the situation after the opponent has made all possible plays. At the stage where the machine is to play twice and the opponent twice, the valuation of a play by the machine is the **minimum** with respect to the opponent's first play **of the maximum** valuation of the plays by the machine at the stage when there is only one play of the opponent and one by the machine to follow. This process can be extended to the case when each player makes three plays, and so on. Then the machine chooses any one of the plays giving the maximum valuation for the stage n plays ahead, where n has some value on which the designer of the machine has decided. This makes as its definitive play.

Such a machine would not only play legal chess, but a chess not so manifestly bad as to be ridiculous [...]. It might very well be **as good a player as the vast majority of the human race**.

Der Abschnitt über die Minimax-Strategie ist im englischsprachigen Original klarer.



Folgende Slides

Norbert Wiener: „Kybernetik“

Es folgt ein längerer
Einschub zum The-
ma „Kybernetik“ →

Norbert Wiener motiviert sein Buch „**Kybernetik** – Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine“ von 1948 (und damit gleichzeitig das dadurch begründete Forschungsgebiet der Kybernetik) in der Einleitung so:

„**Seit Leibniz** hat es wohl keinen Menschen mehr gegeben, der die volle Übersicht über die gesamte geistige Tätigkeit seiner Zeit gehabt hat. Seit jener Zeit ist die Wissenschaft in zunehmendem Mass die Aufgabe von **Spezialisten** geworden; auf Gebieten, die die Tendenz zeigen, immer schmäler zu werden. Vor einem Jahrhundert hat es zwar keinen Leibniz gegeben, aber da waren ein Gauß, ein Faraday und ein Darwin. Heute gibt es wenige Gelehrte, die sich ohne Einschränkung Mathematiker, Physiker oder Biologen nennen können. Jemand kann Topologe, Akustiker oder Fachmann für Ringflügelflugzeuge sein. Er wird vollgestopft sein mit den Spezialausdrücken seines Faches und wird dessen gesamte Literatur und alle seine Verästelungen kennen, aber sehr häufig wird er das benachbarte Sachgebiet als etwas betrachten, das einen Kollegen drei Türen weiter angeht, und sein eigenes Interesse daran als eine durch nichts zu rechtfertigende Störung seines Eigenlebens empfinden.

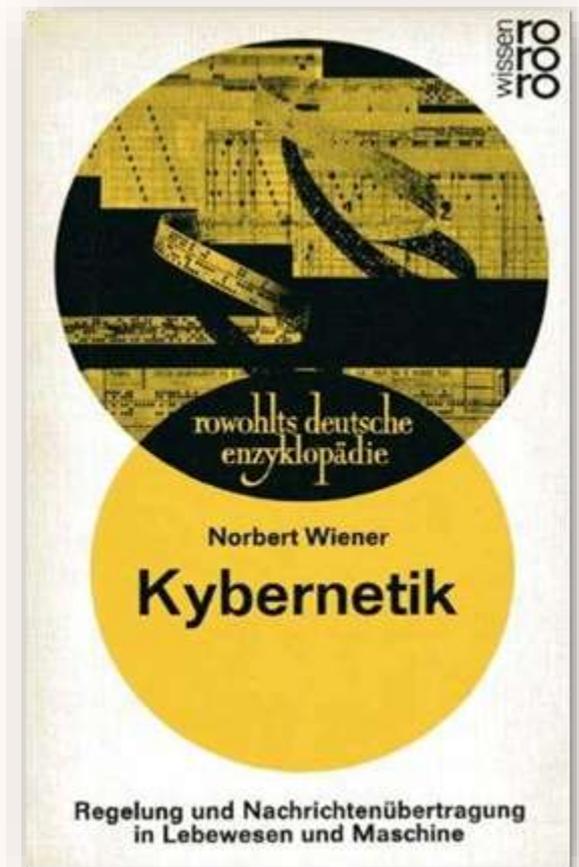
Diese spezialisierten Gebiete wachsen ständig und dringen stetig in neue Territorien ein. Das Ergebnis [...] – ein unentwirrbares Knäuel von Erforschung, Namengebung und Gesetzen. Da gibt es wissenschaftliche Arbeitsgebiete, die, wie wir im Hauptteil des Buches sehen werden, von den verschiedensten Seiten her erforscht worden sind, von der reinen Mathematik, der Statistik, der Elektrotechnik und der Neurophysiologie; in denen **jeder einzelne Begriff von jeder Disziplin einen speziellen Namen bekommt** und in denen wichtige Arbeit drei- und vierfach getan worden ist, während andere wichtige Arbeit verzögert wird durch das Fehlen von Resultaten in dem einen Gebiet, die im nächsten Gebiet schon klassisch geworden sein mögen.

Es sind diese **Grenzgebiete der Wissenschaft**, die dem qualifizierten Forscher die reichsten Möglichkeiten bieten. Sie sind aber gleichzeitig die widerspenstigsten.“

Kybernetik (2)

Kybernetik ist die von Norbert Wiener gewählte Bezeichnung für eine Forschungsrichtung, welche die automatischen Regelungs- und Steuerungsmechanismen in diversen etablierten Wissenschaftsgebieten untersucht, wozu vor allem technische Systeme und Maschinen, Lebewesen und biologische Systeme, aber auch soziale und ökonomische Systeme gehören. Einen wesentlichen Aspekt stellen dabei **Regelkreise** dar, bei denen eine (z.B. mittels Sensoren, wie etwa einem Thermostat) beobachtete oder gemessene Grösse (hier im Beispiel die Raumtemperatur) zurückwirkt auf eine Systemkomponente, die diese Grösse steuern kann (also z.B. die Heizung verstärken oder vermindern). **Rückkoppelungsmechanismen** („Feedback“) sind daher ein zentrales Thema der Kybernetik; dazu kommen **Information**, **Informationsübertragung** und **Nachrichtentheorie**.

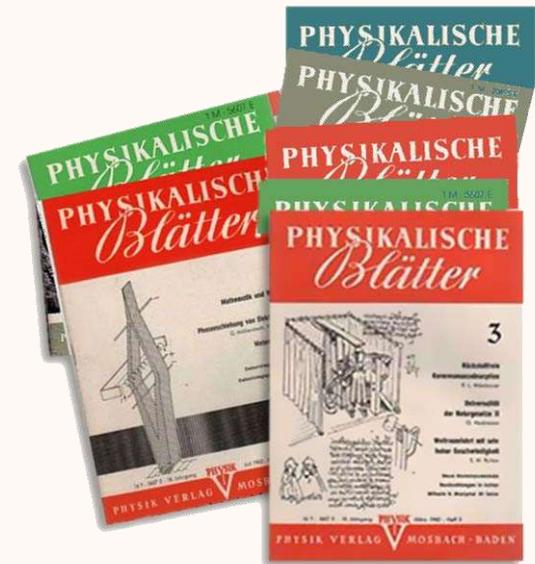
Wiener erkannte, dass in einer Reihe von Forschungsdisziplinen strukturell ähnliche oder gar analoge Aspekte wirken und untersucht werden, allerdings mit unterschiedlicher Terminologie bezeichnet wurden. Im Rahmen der neuen Wissenschaftsdisziplin „Kybernetik“ sollte das Gemeinsame herausgearbeitet und systemtheoretisch beschrieben und analysiert werden.



Heinz Zemanek (1920 – 2014), österreichischer Computerpionier, schrieb 1964 zu diesem Buch: „Der intelligente Stil verdeckt nur notdürftig, dass hier harte Mathematik und geistreiche Spekulation, hervorragende technische Ideen und äusserst persönliche Meinungen in bunter Folge vermischt werden.“

Kybernetik (3)

Schon ein Jahr nach Veröffentlichung seines Buches „Cybernetics“ erschien 1949 in den „**Physikalischen Blättern**“ (5. Jg., Nr. 8, S. 355-362) ein kurzer mit „Kybernetik“ betitelter Artikel von Norbert Wiener auf Deutsch. Darin wird die Kybernetik von ihm so **definiert** bzw. charakterisiert:



Kybernetik [...] umfasst als Oberbegriff die Untersuchung dessen, was einerseits beim Menschen als geistige Funktionen bezeichnet werden kann und andererseits in den Ingenieurwissenschaften Kontroll-, Steuer und Fernmeldeverfahren sind. Mit anderen Worten, es ist das Ziel der Kybernetik, diejenigen Prinzipien aufzufinden, welche der Funktion automatischer Maschinen und menschlicher Nervensysteme gemeinsam sind, und eine Theorie zu entwickeln, welche das gesamte Gebiet der Kontrolle, Steuerung und Rückmeldung bei Maschinen und Lebewesen umfasst. [...] Das Studium der Kybernetik wird vermutlich auf viele Gebiete übergreifen, von der Konstruktion von Steuermechanismen für künstliche Glieder bis zur fast vollständigen Mechanisierung der Industrie.

Kybernetik (4)

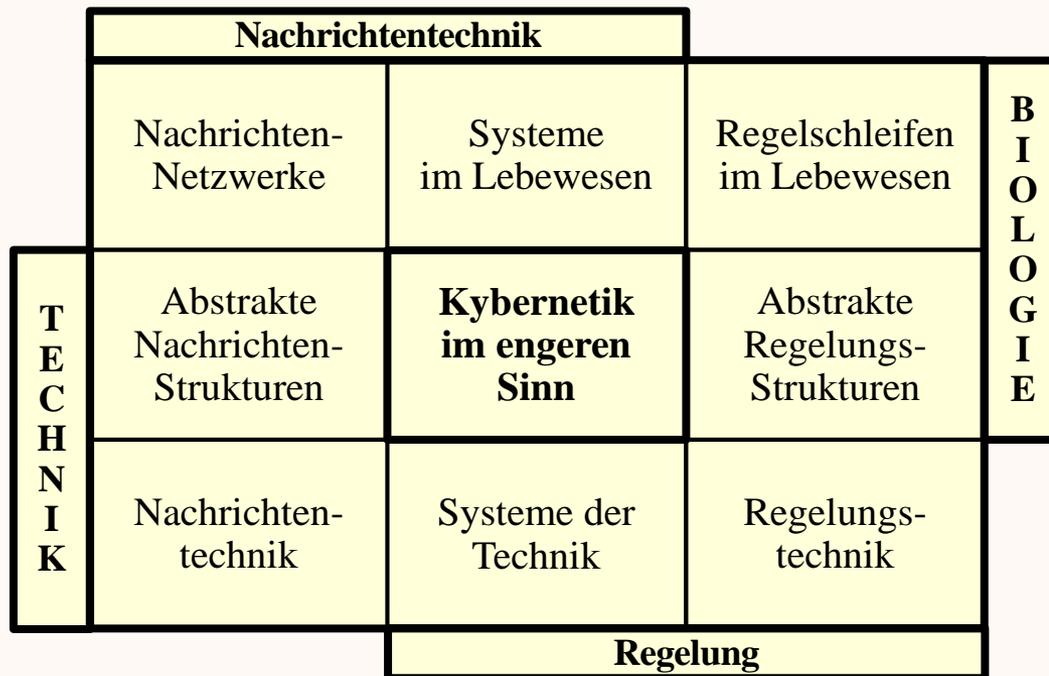
Der österreichische Biophysiker [Heinz von Foerster](#) (1911 – 2002) erzählt seinen Anteil an der Prägung des Begriffs „Kybernetik“ so: „Als Gast der 6. Macy-Konferenz am 24. und 25. März 1949 war ich von der Geschäftssitzung dieses Abends ausgeschlossen. Als man mich jedoch wieder hineinbat, verkündete mir der Vorsitzende [Warren S. McCulloch](#), daß man aufgrund meiner schlechten englischen Sprachkenntnisse bemüht sei, für mich eine Möglichkeit zu finden, wie ich mir diese Sprache möglichst schnell und gründlich aneignen könnte. Und, wie man mir sagte, hätte man eine Möglichkeit gefunden. Mir wurde aufgetragen, den Sitzungsbericht der Konferenz zu verfassen, der so schnell wie möglich herausgegeben werden sollte. Ich war völlig platt! Nachdem ich mich wieder gefaßt hatte, sagte ich, daß mir der Titel der Konferenz, *Zirkulär-kausale Rückkoppelungsmechanismen in biologischen und sozialen Systemen*, zu schwerfällig erscheine, und ich mir überlegt hätte, ob diese Konferenz nicht einfach ‚Kybernetik‘ heißen und die gegenwärtige Bezeichnung als Untertitel benutzt werden könnte. Als dieser Vorschlag unmittelbar und einstimmig unter Gelächter und Applaus begrüßt wurde, verließ Norbert Wiener mit feuchten Augen den Raum, um seine Ergriffenheit zu verbergen.“ [Heinz von Foerster: *Epistemologie und Kybernetik: Rückblick und Ausblick. Ein Fragment*. In: H. v. Foerster: *Kybernetik*. Merve-Verlag, 1993]

Als [Macy-Konferenzen](#) werden zehn interdisziplinäre Konferenzen bezeichnet, die zwischen 1946 und 1953 in den USA stattfanden. Sie wurden unter der Schirmherrschaft der Josiah Macy Jr. Foundation (einer Stiftung mit medizinischem Schwerpunkt) federführend vom Neurophysiologen Warren McCulloch organisiert. Vorangegangen war 1945 eine andere Konferenz zu einer vereinheitlichenden Theorie mathematischer Beschreibung elektronischer Systeme und des Nervensystems. McCulloch hatte daraufhin mit John von Neumann, Norbert Wiener und anderen versucht, ein Forschungsinstitut zur Erforschung von Feedbackmechanismen in biologischen und sozialen Systemen zu gründen. Dies gelang nicht, aber der Konferenzzyklus stellte einen Ersatz dafür dar.

Kybernetik (5)

Unter Kybernetik wird die Wissenschaft von den informationellen Strukturen im technischen und aussertech-nischen Bereich verstanden. -- Karl Steinbuch, 1965

Später, in den 1970er-Jahren, als das Gebiet sehr populär geworden war und sich stark erweitert hatte, erläutert **Heinz Zemanek** die Kybernetik und setzt sie in einem Diagramm in Bezug zu anderen, damit verbundenen, Wissenschaftsgebieten:



Ich habe den Satz geprägt, dass ein Wissenschaftler nur während einer Kybernetiktagung Kybernetiker ist. Nach Hause zurückgekehrt wird er wieder der Mathematiker, Nachrichten/Informationstechniker oder Biologe, der er eigentlich ist. Norbert Wiener ist ja auch nicht Kybernetik-Professor geworden, sondern Mathematiker geblieben.

-- Heinz Zemanek

„Das innerste Rechteck, die Kybernetik im engeren Sinn, entspricht der europäischen Auffassung. Das äussere Rechteck, aus neun Rechtecken bestehend, entspricht der sowjetisch-dialektischen Auffassung. Man muss in der sowjetischen Literatur darauf achten, dass Kybernetik mit Informationstechnik zu übersetzen ist.“

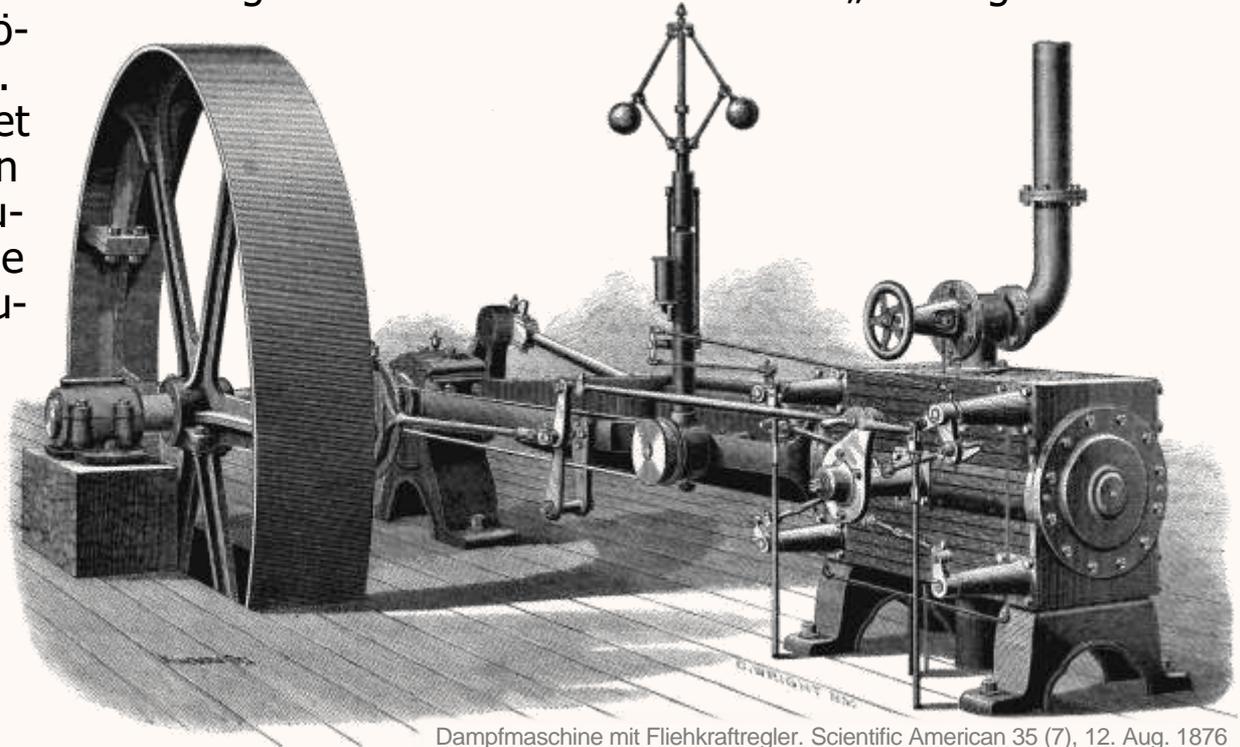
Kybernetik (6)

Eine entscheidende Leistung Wiensers war ganz sicher die Namensgebung selbst, weil erst der klingende Titel die Theorie bekannt machte und die Karriere dieser Wissenschaft beförderte. – Phillip Aumann

Das Wort „Kybernetik“ wurde von Wiener (der sehr sprachbegabt war und über 10 Sprachen gesprochen hat) nach dem Griechischen κυβερνήτης [kybernētēs], **Steuermann**, gebildet. Schon in der Antike wurde dies auch im übertragenen Sinne für den „Mann am Steuerruder einer Regierung“ verwendet, entsprechend entstand aus dem griechischen Wort κυβερνάω [kybernao] für steuern das lateinische **gubernare**. („k“ → „g“ über das Etruskische; „b“ und „v“ wurde generell meist ähnlich ausgesprochen und daher „verschoben“; das griech. „y“ wurde im Lat. meist durch „u“ wiedergegeben – „Y littera antiqui non semper usi sunt, sed aliquando loco illius u ponebant“ schrieb Cassiodor dazu.) Bei den Staufern gab es im Hl. Röm. Reich einen „Reichsgubernator“.

Das daraus entstandene französische Wort „gouverner“ (vgl. auch „Gouvernante“) bedeutet nicht nur „regieren“, sondern in nautischer Hinsicht auch steuern bzw. lenken. Das englische Wort „governor“ nicht nur „Gouverneur“, sondern im technischen Sinne auch „Regler“ / „**Fliehkraftregler**“ (dann präziser: „centrifugal governor“), früher „**Regulator**“ genannt.

Norbert Wiener wollte mit seiner Wortschöpfung auch dem schottischen Physiker **James Clerk Maxwell** (1831 - 1879,



Dampfmaschine mit Fliehkraftregler. Scientific American 35 (7), 12. Aug. 1876

Kybernetik (7)

bekannt durch seine „Maxwellschen Gleichungen“) Referenz erweisen, der 1868 den ersten bedeutenden wissenschaftlichen Aufsatz über Rückkoppelungsprinzipien veröffentlicht hatte („On governors, Proceedings of the Royal Society, vol. 16, 1868, pp. 270-283“). Dieser beginnt so:

„A GOVERNOR is a part of a machine by means of which the velocity of the machine is kept nearly uniform, notwithstanding variations in the driving-power or the resistance. Most governors depend on the centrifugal force of a piece connected with a shaft of the machine. When the velocity increases, this force increases, and either increases the pressure of the piece against a surface or moves the piece, and so acts on a break or a valve.“

Solche „centrifugal governors“, also Fliehkraftregler, sind dann vor allem durch die Dampfmaschine von [James Watt](#) (1769) bekannt geworden; Watt benutzte diese, um so die Arbeitsgeschwindigkeit seiner



Fliehkraftregler der Wattschen Dampfmaschine von 1788. Bild: Deutsches Museum

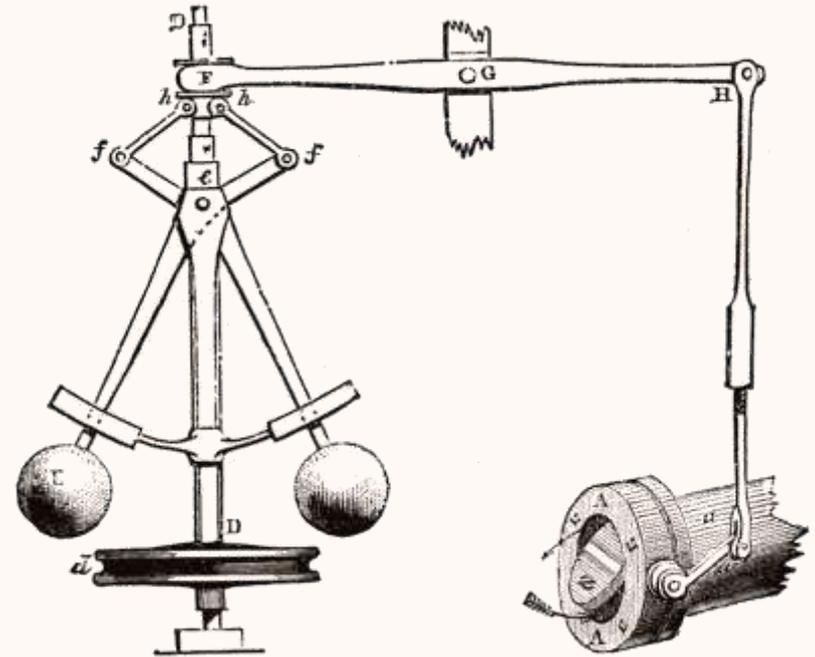
Kybernetik (8)

Dampfmaschinen auch bei wechselnder anzutreibender Last konstant zu halten. Eigentlich stellen sie eine Adaption früherer Mechanismen bei Windmühlen dar, wo der Abstand der beiden Mühlsteine, aber auch die Geschwindigkeit des oberen, rotierenden, Mühlsteins oft durch einen fliehkraftbezogenen Mechanismus geregelt wurde.

Das Bild illustriert den Mechanismus von James Watt: „In Ruhe ist die Drosselklappe der Dampfleitung zur Dampfmaschine vollständig geöffnet. Mit Bewegung des Kolbens der Dampfmaschine beginnt sich der **Fliehkraftregler** zu drehen. Durch diese Drehung werden die zwei Gewichte (z.B. aus Gusseisen) durch die Fliehkraft immer weiter gegen die Schwerkraft nach oben und aussen gezogen.

Über einen Gelenk- und Hebelmechanismus (Kniehebel) wird in der Dampfleitung der Maschine eine Drosselklappe betätigt, die die Zufuhr des Dampfes zur Maschine verringert. Die Maschine läuft daraufhin langsamer, bis sich ein stabiler Zustand bzw. eine konstante Drehzahl einstellt.“
[Wikipedia]

Die Kybernetik entstand in einem **vordigitalen Zeitalter** – das Wort „Informatik“ war noch lange nicht geboren, auch Computer bzw. Rechenmaschinen arbeiteten im und vor dem zweiten Weltkrieg, als Wiener seine Theorie entwickelte, noch analog und beruhten auf mechanischen oder elektromechanischen Prinzipien. Bei Steuerungs- und Regelungsmechanismen kamen zunächst



Einschub: Ein Bilderrätsel

Den Fliehkraftregler der **Dampfmaschine** in der **Moschee** ziert ein **preußischer Adler** – absolutistisches Sinnbild der Gesellschaft als Maschine.

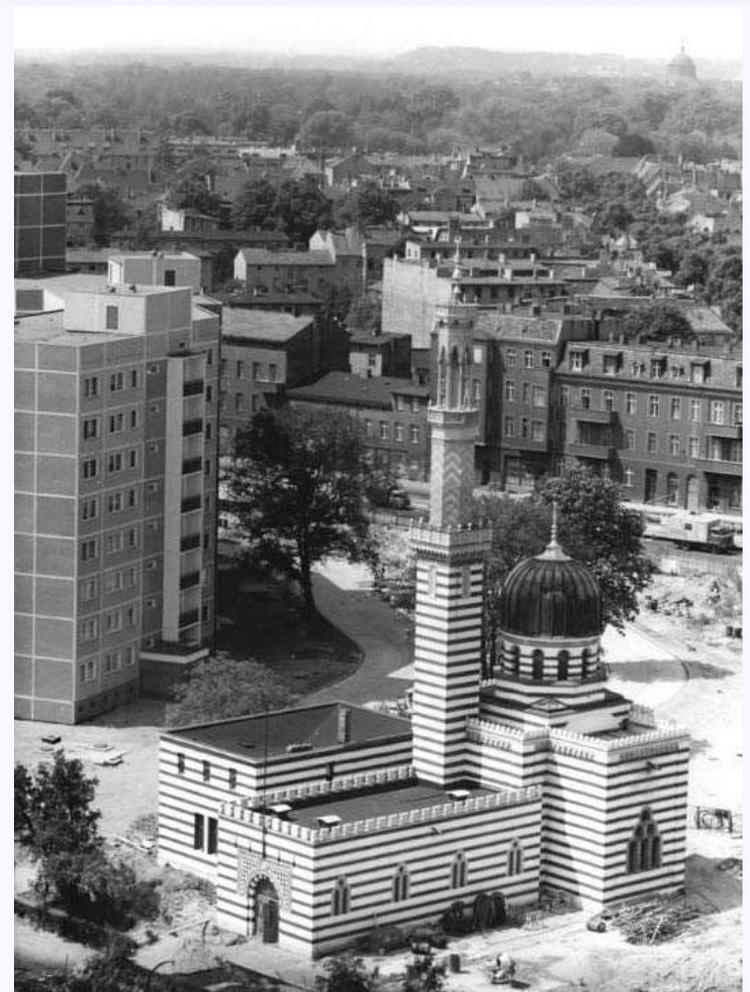


„Die lautlose Stille und gleichmäßige Bewegung der imposanten Massen und Kräfte dieser hydraulischen Dampfmaschine erwecken eine Regung des Erstaunens über die riesige Macht des Menschengestes, der sich selbst die Elemente dienstbar zu machen weiß, um wahre Titanenarbeit ohne Anstrengung verrichten zu lassen.“

Einschub: Ein Bilderrätsel

Wo steht diese in der Bildlegende der vorherigen Seite erwähnte Moschee (vgl. nebenstehendes Bild), die eine Dampfmaschine sowie einen preußischen Adler enthält? Passt das alles zusammen? Was für eine Geschichte steckt hier dahinter?

Statt einer Dampfmaschine waren zunächst übrigens Windräder zur Energieerzeugung vorgesehen (so wie es auch Gottfried Wilhelm Leibniz und Leonhard Euler einmal konzipiert hatten). Aber in der Praxis funktionierte es damit nicht; erst die Dampfmaschine machte es schliesslich möglich. Aber was sollte mit der in der Moschee gewonnenen Energie überhaupt betrieben werden? Eine Klimaanlage? Die Beleuchtung? Ein Lautsprechersystem?

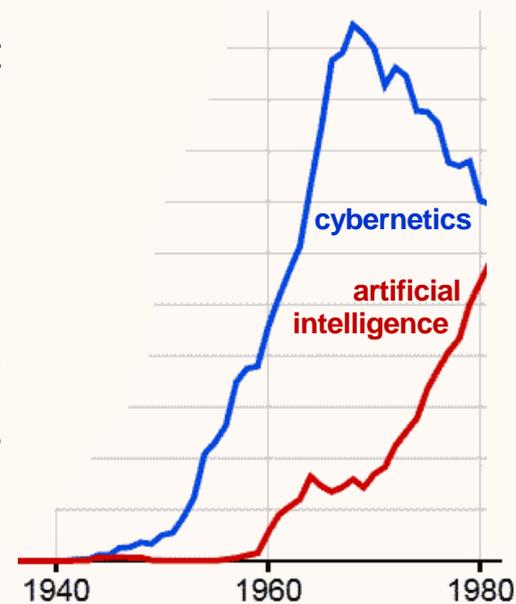
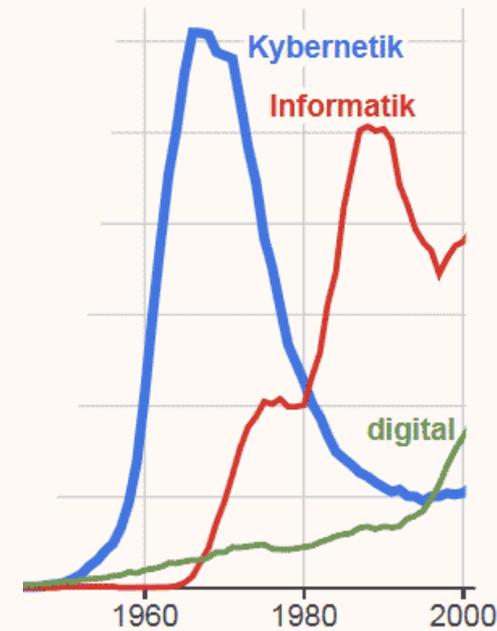


Kybernetik (9)

mechanische, hydraulische und pneumatische Prinzipien zur Anwendung, erst später auch elektromechanische Vorrichtungen. Das sogen. Servoprinzip, die Steuerung durch eine Hilfskraftmaschine, diente im Wesentlichen der Kraftverstärkung; Signale, auch zur Rückkoppelung, wurden **mechanisch oder analog-elektrisch** übertragen.

Eine wesentliche Erkenntnis von Wiener lag darin, dass dies, zumindest in technischen Systemen, meist besser durch die Kategorien der Informations- und Kommunikationstechnik beschrieben und realisiert werden kann. „Rechtzeitig“ dafür entstand die **Elektronik** als neue Technik, wobei allerdings deren erstes aktives Bauelement, die Elektronenröhre, für Steuerungsaufgaben und die Schaltung digitaler Signale nur bedingt geeignet war – der Bau erster elektronischer Digitalcomputer mit Röhren war daher eine mühsame Angelegenheit für die „Radioingenieure“.

Auch der Begriff „künstliche Intelligenz“ bzw. „Artificial Intelligence“ existierte in der Anfangszeit der Kybernetik noch nicht – dieser wurde erst 1955 von John McCarthy etabliert. Dennoch sah man in Regelkreisen bereits ein gewisse „Intelligenz“, baute **kybernetische Maschinen** (wie etwa William Grey Walter in Form von Roboter-Schildkröten, die Lichtern folgten, oder Ross Ashby mit einem „Homöostaten“, der nach Störungen von aussen wieder einen Gleichgewichtszustand suchte) und studierte **künstliche neuronale Netze**, wie der Nachrichtentechniker Karl Steinbuch mit seiner Lernmatrix. Im Blog des Heinz Nix-



Quelle: Google Books

Kybernetik (10) – „Analoge elektrische Intelligenz“

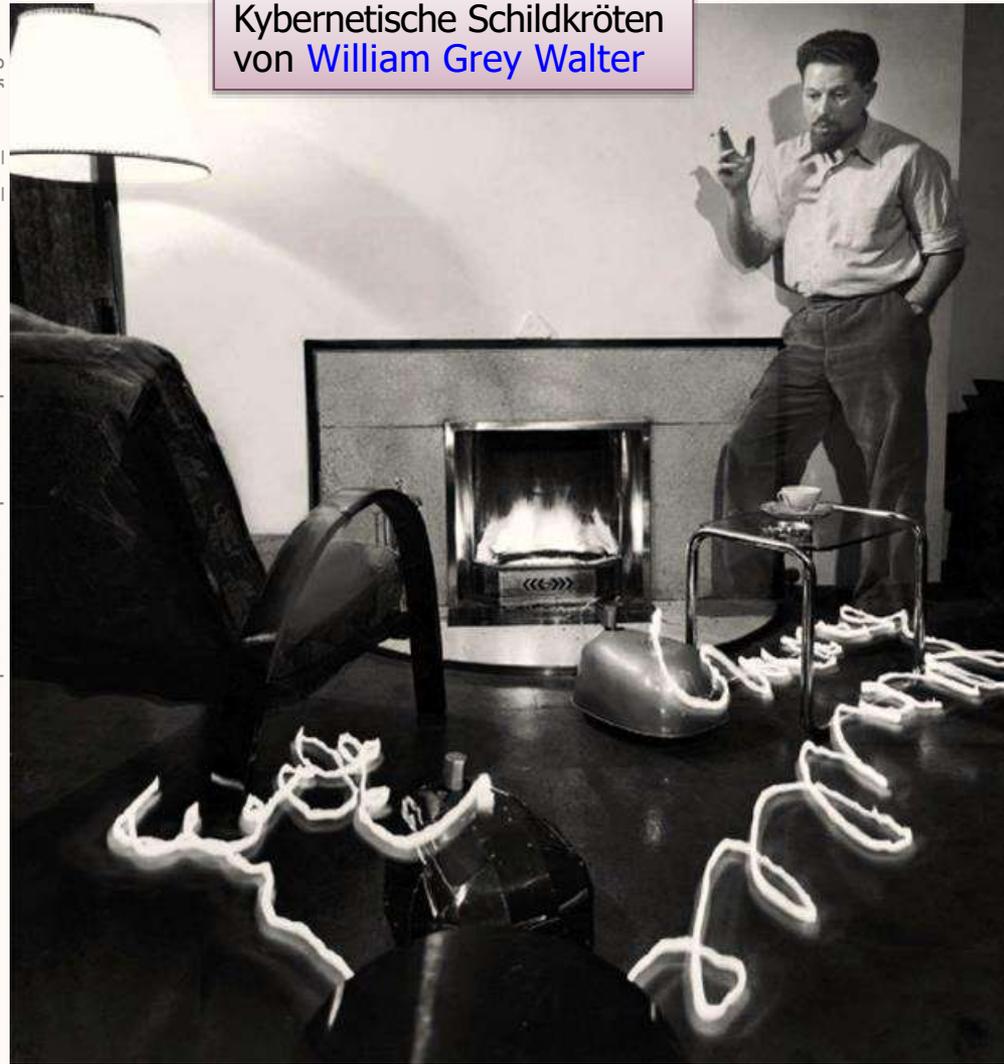


www.alpoma.net/fecob/wp-content/uploads/2015/05/baile_de_robots.jpg

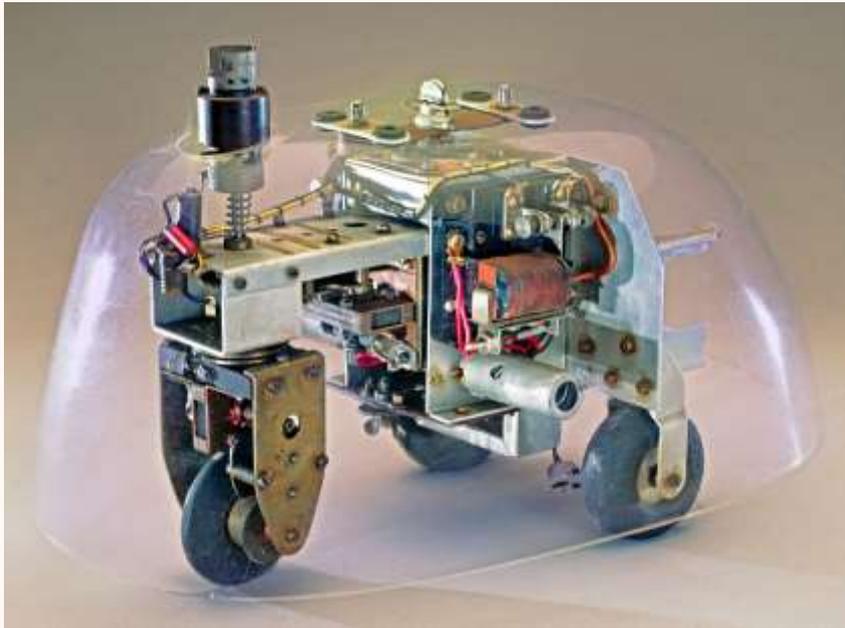
www.rutherfordjournal.org/images/020101-05.jpg

dorf Museumsforums (HNF) wird die Kybernetik aus heutiger Sicht nett charakterisiert als „eine Mixtur aus Computer-, Nachrichten- und Regelungstechnik mit Elementen aus Informationstheorie, Biologie und Philosophie“, die „so etwas wie eine **analoge elektrische Intelligenz** predigte“.

Kybernetische Schildkröten
von **William Grey Walter**



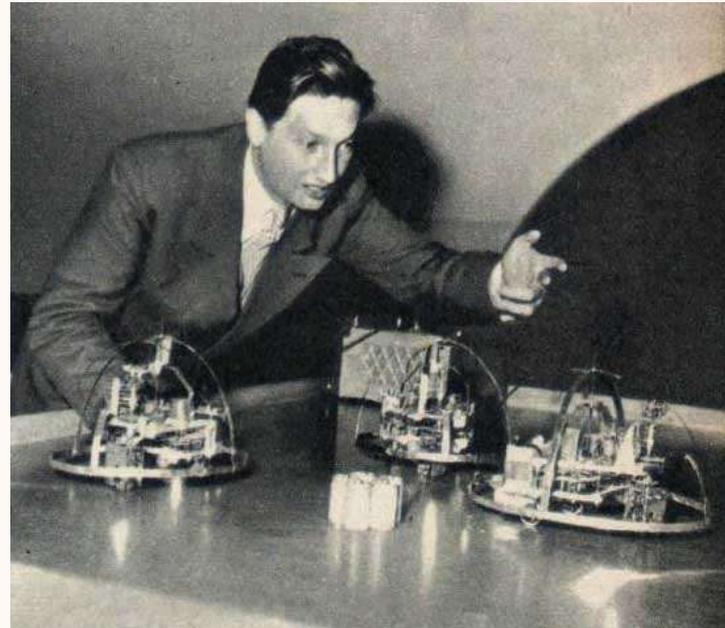
Dr. Walter contemplates his mechanical brainchildren as they find their way toward fire in living room.



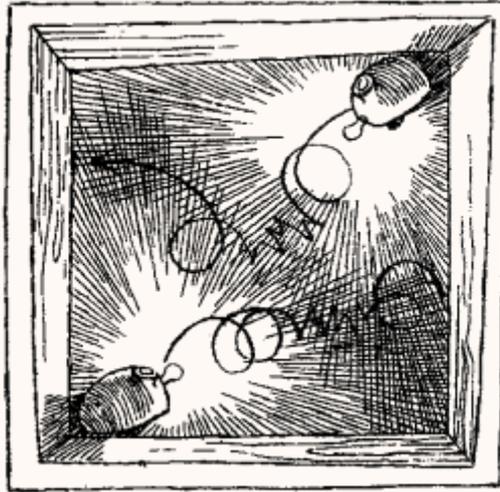
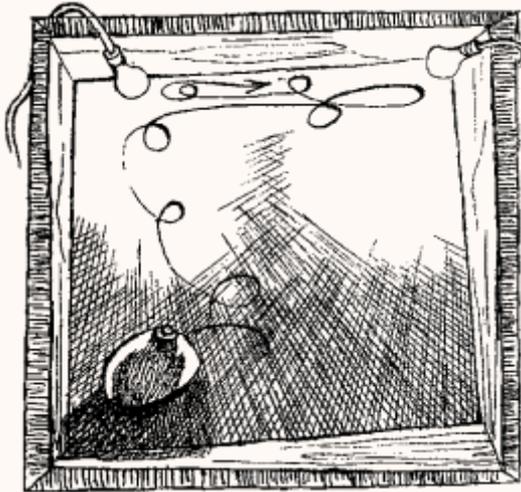
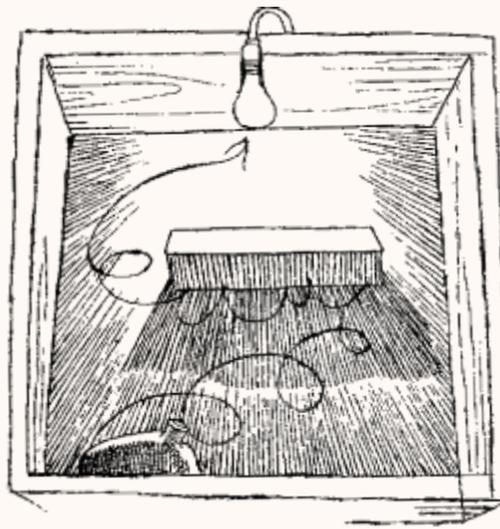
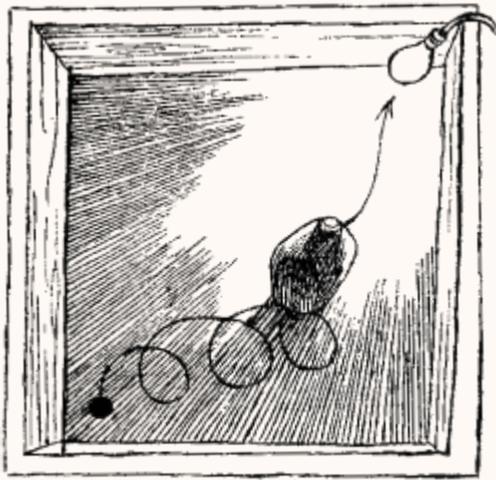
Mechanical "Thinking" Turtles

With a couple of old gas meters, some batteries and electrical parts, a scientist has built a pair of unpredictable mechanical turtles which are aiding in a study of how animal and human brains work. Dr. Grey Walter of the Burden Neurological Institute, Bristol, England, made the robot tortoises. Each has a snout on its back containing a photoelectric cell. When the batteries are turned on, the snout slowly revolves, searching for the strongest source of light in the room. This action also revolves the front wheel of the tricycle un-

L'INGENIEUR CYBERNETICIEN ALBERT DUCROCQ surveille avec amour les évolutions des ses trois derniers-nés.



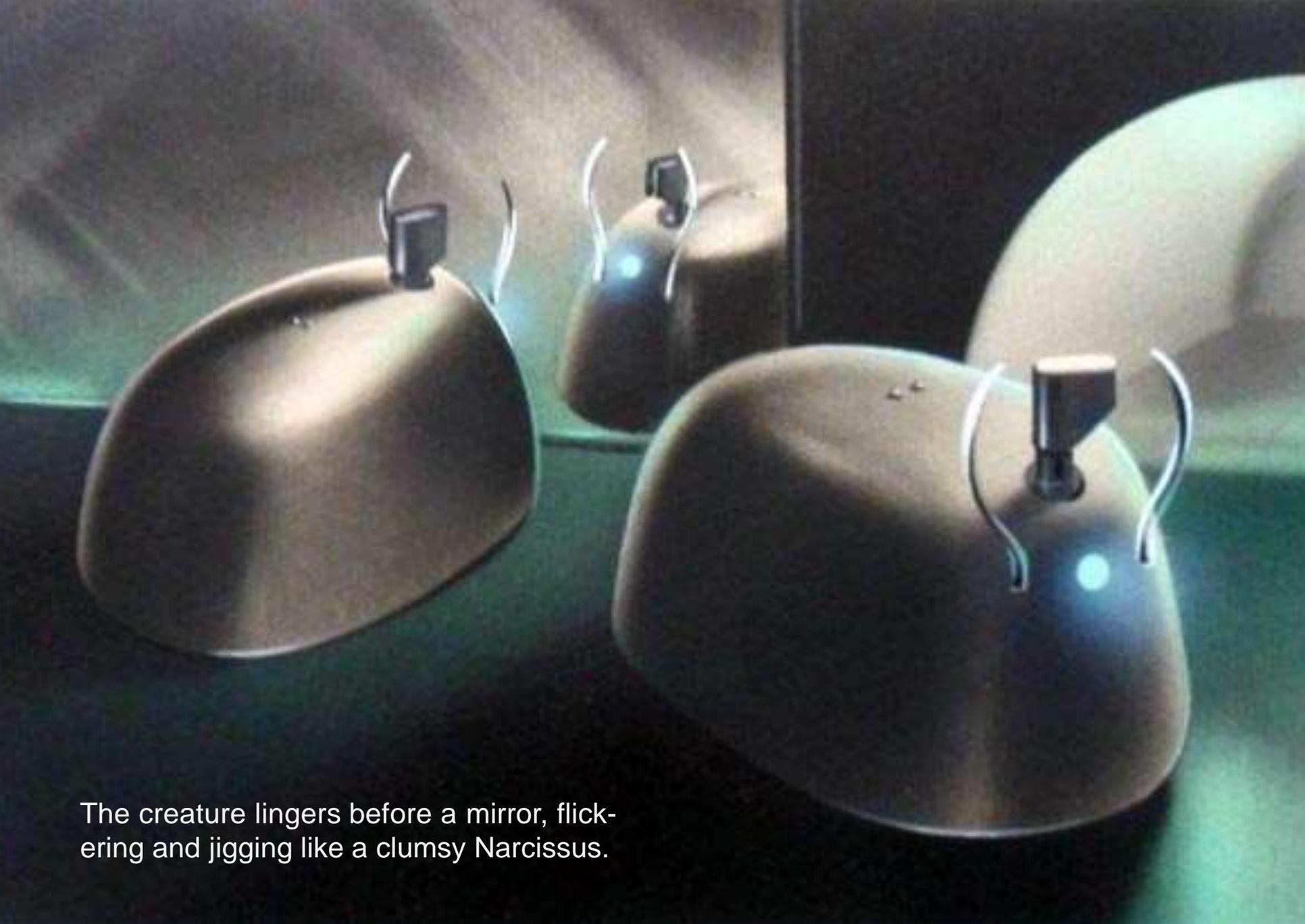
dercarriage, and the turtle wanders from side to side. As soon as it "sees" the light, the snout stops revolving and the rear wheels start turning to move the turtle forward toward the light until it strikes a piece of furniture or some other obstacle. Then with a growling of machinery it moves at random from side to side until it once more "sees" a clear path to the light. The two turtles now have two simple reactions—response to light and avoidance of obstacles. Doctor Walter plans next to give them a 15-minute electronic memory, and a primitive learning ability. He won't predict exactly what they'll do then!



“Over fifty years ago W. Grey Walter started building three wheeled, turtle like, mobile robotic vehicles. These vehicles had a light sensor, touch sensor, propulsion motor, steering motor, and a two vacuum tube analog computer. Even with this simple design, Grey demonstrated that his robots exhibited complex behaviors. [...] The robots had reflexes which, when combined with their environment, caused them to never exactly repeat the same actions twice. This emergent life-like behavior was an early form of what we now call Artificial Life.

The turtles had four modes of operation: Search, Move, Dazzle and Touch. The first three modes are determined by light level. Dark is search, moderate light is Move and bright light is Dazzle. [...]”

Illustrations from Grey's Scientific American article from 1950 ("An imitation of life", May 1950, pp. 42-45): The first shows Grey's turtle seeking a light while the second shows the reaction of the tortoise to a short obstacle. When there are two light sources, the turtle is drawn first to one light and then the other rather than being stuck between the two. When lights are attached to the turtles themselves, they are attracted and then repelled from each other creating a dance something like mating and territorial aggression.”[www.extremenxt.com/walter.htm]



The creature lingers before a mirror, flickering and jiggling like a clumsy Narcissus.

“Despite their simplistic construction they seemed to imitate humanity’s most intimate and fundamental longings. Designed as creatures limited to two senses – the photoelectric cell made them responsive to light whilst the electrical contact rendered them sensitive to touch – they exhibited such profound behavior as speculation, discretion, moderation, self-recognition, and mutual attraction. It was this final romantic characteristic which guaranteed the tortoises their popular audience while promoting Walter’s idea that even our innermost desires could be modeled through the simplest of nervous circuits. [...]

Their speculative, exploratory behavior had been achieved by mounting the photoelectric cell on a rotating motor so that the tortoises continually moved in long arcs in their search for a source of light. Moreover this circuit had been arranged so that the tortoises’ steering mechanisms locked once they had encountered some form of illumination. This granted the creatures a positive tropism towards light; however, their own lamps would be extinguished if the new light signal became too powerful. [...]

Through this primitive arrangement the tortoises were able to imitate the same narcissistic self-love and the romantic involvements that so occupied their human creators. As Walter noted, if the tortoise was placed in front of a mirror ‘the creature makes for its own reflection but as it does so the light is extinguished so that the stimulus is cut off... The creature therefore lingers before a mirror, flickering and jiggling like a clumsy Narcissus’.

When placed together each would be mutually attracted by the other’s light but would then extinguish the source of attraction in themselves in the act of seeking it in others. [...] The vain pathos of the tortoises’ courtship was reinforced by their superficial appearance. Elmer was clad in a dull bakelite shell befitting the workaday male. His female companion Elsie was more attractively attired in modern coat of red perspex. Their gender distinction was not simply limited to their outward appearance; Walter had attempted to hard-wire contemporary ideas of sexual difference into the tortoises’ actual design. Elsie was given a much narrower threshold of tolerance to bright and dim lights so that she was condemned to dart about in an insistent neurotic manner in her search for photic equilibrium. In contrast, Elmer was granted a much wider latitude of tolerance, allowing him to lead a far more relaxed and sedentary existence, resting in the shade or slumbering under an armchair.”

[Rhodri Hayward: The Tortoise and the Love-Machine: Grey Walter and the Politics of Electroencephalography. *Science in Context* 14(4), 615–641 (2001)]

Norbert Wiener (1894 – 1964)

Begründer der Kybernetik

Nachfolgend einige Passagen aus der Autobiographie von N. Wiener (Originalausgabe „I am a Mathematician“, 1956):

Ich war ein Wunderkind im wahrsten Sinne des Wortes, denn noch ehe ich zwölf Jahre alt wurde, kam ich auf ein College, bestand mit vierzehn mein Bakkalaureats-Examen und machte noch vor dem neunzehnten Geburtstag meinen Doktor.

Mein Vater, der schon als Kind mehrere Sprachen beherrschte, studierte zunächst in Warschau Medizin und ging dann an die Technische Hochschule Berlin. [...] Mit fünfzig Cent in der Tasche landete er 1880, ganze achtzehn Jahre alt, in New Orleans. Sein Englisch hatte er grösstenteils aus Shakespeares Dramen gelernt, und die Gewandtheit seines Ausdrucks, verbunden mit seinem archaischen Wortschatz, muss bei den Leuten in New Orleans damals einen sonderbaren Eindruck hinterlassen haben. Er arbeitete in einer Baumwollfabrik, bei der Eisenbahn, als Landarbeiter, als Hausierer und als Sprachlehrer. 1893 heiratete er meine Mutter, Miss Bertha Kahn, die Tochter eines aus dem Rheinland eingewanderten Warenhausbesitzers in St. Joseph (Missouri). Als meine Eltern heirateten, war mein Vater bereits Professor für neue Sprachen an der Universität von Missouri. [...]

Eins habe ich mit meinem Vater gemeinsam: ein ausgezeichnetes Gedächtnis. Nicht, dass wir keine Musterbeispiele des zerstreuten Professors gewesen wären! Unserer Vergesslichkeit in alltäglichen Dingen war beachtlich. Aber ich meine damit: Wenn wir uns einen Gedanken oder



Norbert Wiener (2)

eine Betrachtungsweise erarbeitet hatten, wurde sie zu einem Teil von uns, der unverlierbar war.

Meine Doktorarbeit schrieb ich über den Vergleich der Relationenlogik bei Schröder und bei Whitehead und Russell. Das Thema erforderte eine Menge formaler Arbeit, die mir nicht schwer erschien. Erst später, als ich in England bei Bertrand Russell studierte, erkannte ich, dass ich fast jede Frage von wahrhaft philosophischer Bedeutung verfehlt hatte. Trotzdem gab mein Material eine brauchbare Dissertation. [...]

Russell, der schon damals wie der verrückte Hutmacher aus „Alice im Wunderland“ aussah, hielt bemerkenswert vollendete Vorlesungen, die grossenteils Einsteins neuer Relativitätstheorie gewidmet waren.

[...]. Russell machte mir klar, dass jemand, der sich wie ich auf die mathematische Logik und die Philosophie der Mathematik spezialisieren wollte, mehr von der Mathematik selbst verstehen sollte. Hardy, an den ich mich wandte, war ein idealer Mentor und das beste Vorbild für einen ehrgeizigen jungen Mathematiker. [...] In seinen späteren Jahren wurde er ein recht vertrocknetes, dürres Männchen mit der stets ungebügelten Jacke und den ausgebeulten Hosen eines Cambridge-Professors: freundlich und hilfsbereit, aber ein Sonderling, der entsetzliche Angst vor Frauen hatte, so habe ich ihn am deutlichsten in Erinnerung. [...]

Weihnachten verbrachte ich bei meiner Familie in München. Einer meiner Lieblingsplätze war das Deutsche Museum, das damals in seinen Demonstrationseinrichtungen wissenschaftlicher Modelle und Geräte, die der Besucher selbst in Gang setzen konnte, indem er hinter einer schützenden Glaswand an Schnüren zog oder Knöpfe drehte, führend war. Überdies hatte das



Norbert Wiener 1901

Norbert Wiener (3)

Deutsche Museum eine ausserordentlich moderne wissenschaftliche Bibliothek, in der ich fleissig die mir von Russell genannten Werke las, darunter die Originalabhandlungen von Einstein.

Ich hatte die Absicht gehabt, das Studienjahr in Cambridge zu beenden, erfuhr aber, dass Russell nach Harvard eingeladen worden war, und ging auf seinen Rat nach Göttingen, um bei Hilbert und Landau Mathematik und bei Husserl Philosophie zu studieren. Ein Zimmer mietete ich gleich vor der Stadt bei einer ehemaligen Musiklehrerin, Fräulein Büschen, in einer Villa im Schweizer Stil. [...]

Kneipen hatten auch wir englischen und amerikanischen Studenten. Unsere Sitzungen waren lang, feucht und harmonisch. Wir waren die rüpelhafteste Kneipe der Stadt und mussten zwei- oder dreimal das Quartier wechseln, weil der Hauseigentümer [...] sich beschwert hatte.

Ich hörte Gruppentheorie bei Prof. Landau und eine Vorlesung über Differentialgleichungen bei dem grossen Hilbert. Landau kam aus einer reichen Bankiersfamilie und war selber eine Art Wunderkind gewesen. In dem ganzen Luxus aufgewachsen, den seine reichen Eltern ihm bieten konnten, wirkte er immer ein bisschen wie aus einer anderen Welt. Wenn er gefragt wurde, wo er in Göttingen wohne, sagte er ganz naiv: „Das finden sie ganz leicht. Es ist das schönste Haus der Stadt.“ [...] Er besass Intelligenz, aber weder Geschmack noch Urteilsvermögen oder philosophisches Denken. Er glaubte nicht an mathematischen Stil, und darum lesen sich seine Bücher auch wie ein Versandhauskatalog.



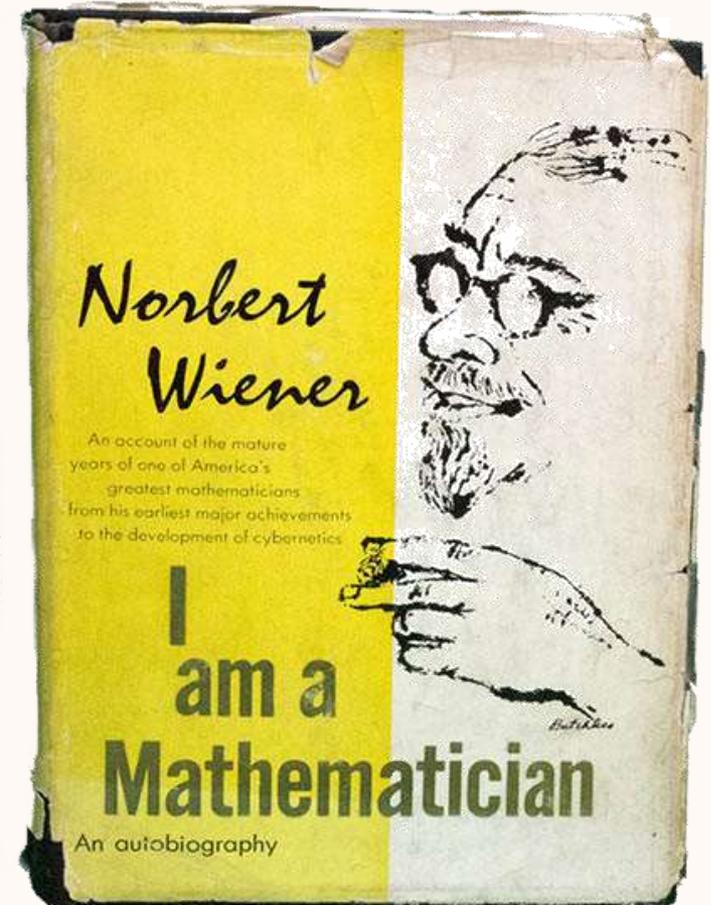
Norbert Wiener 1906

Norbert Wiener (4)

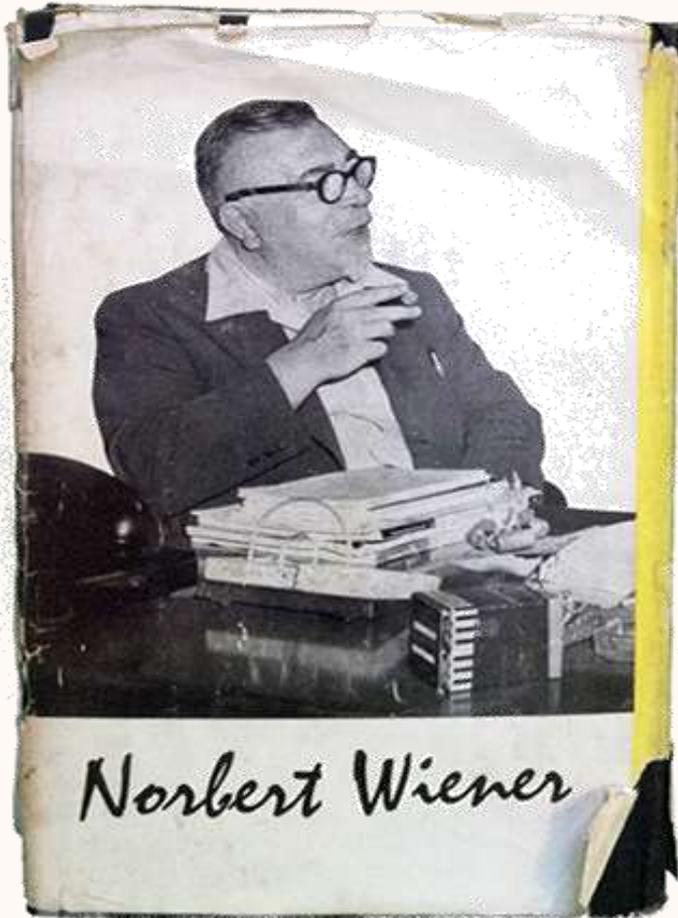
Hilbert war ein ganz anderer Mensch, ein ruhiger, bäuerlicher Ostpreusse, seiner Stärke bewusst, und dabei von echter Bescheidenheit. Er hatte sich nacheinander mit den schwierigsten Problemen auf jedem Gebiet der modernen Mathematik befasst und auf jedem Gebiet einen grossen Erfolg erzielt. In ihm verkörperte sich die grosse Tradition der Mathematik zu Anfang unseres Jahrhunderts. Für mich als jungen Menschen wurde Hilbert der Mathematiker jener Art, wie sie mir selbst vorschwebte, ein Mann, in dem sich ungeheure abstrakte Denkkraft mit einem nüchternen Sinn für physikalische Wirklichkeit paarte. [...]

In Göttingen entstand in einer Woche unablässiger Arbeit, die ich nur dann und wann unterbrach, um ein Stück Schwarzbrot mit Tilsiter Käse zu essen, eine der besten Untersuchungen meiner Frühzeit, „Studies in Synthetic Logic“. [...]

Da mein Stipendium für das akademische Jahr 1914/15 erneuert und erhöht wurde, ging ich nochmals nach Cambridge, aber in der kriegsbedingten Atmosphäre von Unglück und Verderben fand ich nicht viele Menschen, die noch den Mut zu ernsthaftem wissenschaftlichen Denken besaßen. Russell, Kriegsdienstverweigerer aus Gewissensgründen und uneingeschränkter Pazifist, war eine ausserordentlich unpopuläre Persönlichkeit geworden. Als später die Vereinigten Staaten in den Krieg eintraten, äusserte er sich über



Norbert Wiener (5)



die amerikanische Regierung derart abfällig, dass er zu einer Gefängnisstrafe verurteilt und seines Lehramtes in Cambridge enthoben wurde. [...]

Während meiner ersten Jahre am MIT wohnte ich zuhause. [...] Ich versuchte damals durch die „Sonntags-tees“, die meine Eltern in ihrem Hause gaben, und durch die Freundinnen meiner Schwestern ein gewisses geselliges Leben zu entwickeln, blieb darin aber unbeholfen und musste mich nach wie vor den kategorischen Forderungen meiner Eltern beugen. Sie gaben sich grosse Mühe, Freundinnen für mich auszusuchen und mir alle, die ihnen ungeeignet erschienen, fernzuhalten. Sie übten tatsächlich ein unumschränktes Vetorecht gegen die jungen Mädchen aus, die mir gefielen. [...] Die junge Dame, die mich so interessierte und die heute meine Frau ist, war Margaret Engemann. Sie kam aus einer Familie in Deutschland, die allmählich aus dem Stand von Kleinbauern zu dem von Gutspächtern und Gutsverwaltern, Geistlichen und Anhängern der freien Berufe aufgestiegen war. [...]

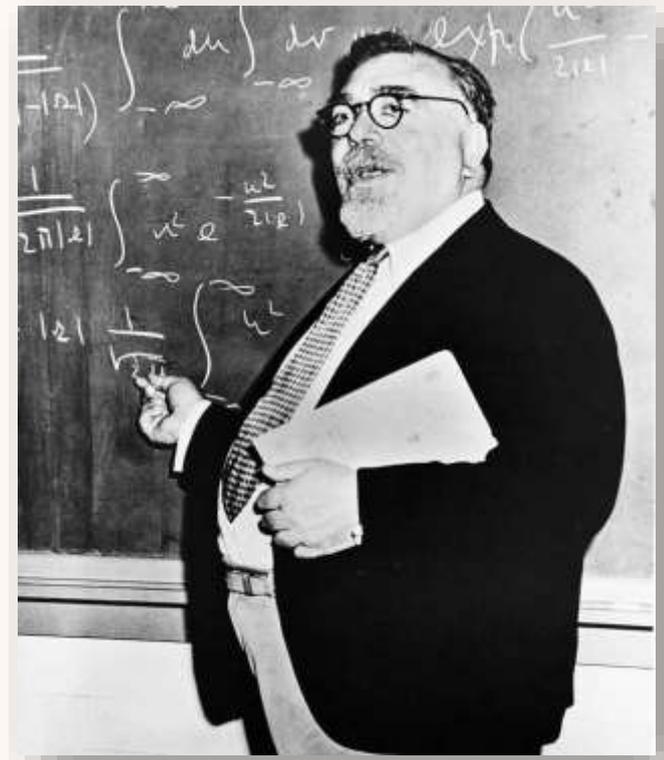
Einmal kam mir eine Idee während eines Theaterbesuchs im alten Copley Theatre und lenkte meine Aufmerksamkeit vollkommen von dem Geschehen auf der Bühne ab. Es war der Begriff eines optischen Rechengärts für die harmonische Analyse, die bis auf den heutigen Tag einen wichtigen Teil meiner Arbeit bildet. Ich hatte bereits gelernt, dass ich solche plötzlichen Einfälle

Norbert Wiener (6)

aufgreifen musste, ganz gleich, wann sie auftauchten, und verliess sofort das Theater, um gewisse Einzelheiten meines neuen Planes auszuarbeiten. Am folgenden Tag beriet ich mich mit Bush.

Die Idee war überzeugend, und wir machten einige Versuche, sie praktisch zu verwirklichen. Mein Anteil daran war rein intellektueller Art, denn ich bin einer der ungeschicktesten Menschen, die man sich vorstellen kann, und es gelingt mir beim besten Willen nicht, auch nur zwei Drähte so zusammenzubringen, dass ein hinlänglicher Kontakt entsteht. Bush dagegen ist unter anderem einer der grössten Apparatekünstler, die Amerika je gesehen hat, und denkt nicht nur mit dem Gehirn, sondern auch mit den Händen. [...]

Das erste, was mir Kopfzerbrechen bereitete, war der Titel, den ich für das Buch, und der Name, den ich für den Gegenstand wählen sollte. Ich suchte zuerst nach einem griechischen Wort, das „Bote“ bedeutete, kannte aber nur „angelos“. Das hat aber im Englischen die spezifische Bedeutung von „Engel“, Gottesbote, und war damit vergeben. Dann suchte ich ein passendes Wort aus dem Gebiet der Steuerung und Regelung. Das einzige Wort, das mir einfiel, war das griechische Wort für Steuermann, *kybernetes*. Ich bildete daraus das Wort „Kybernetik“.



“Short, rotund, and myopic, combining these and many qualities in extreme degree” lautete die Charakterisierung eines Zeitgenossen

It was said that he returned home once to find his house empty. He inquired of a neighborhood girl the reason, and she said that the family had moved elsewhere that day. He thanked her for the information and she replied, “That’s why I stayed behind, Daddy!” [en.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener]

Wiener bei Hilbert in Göttingen

Wir ergänzen die autobiographische Schilderung von Norbert Wiener mit einer Anmerkung von Ian Stewart zu Wiener in Göttingen im Jahr 1926:

In den 1920er Jahren veranstaltete Hilbert einen Mathematik-Club, bei dem man sich wöchentlich traf und an dem jedermann teilnehmen konnte. Viele bekannte Mathematiker hielten dort Vorträge unter der Maßgabe, „nur die Rosinen im Kuchen“ zu präsentieren.

Als Norbert Wiener in dem Club vortrug, ging man hinterher wie üblich zum Essen. Hilbert liess sich über frühere Vorträge im Club aus und beklagte, dass die Qualität sich im Laufe der Jahre allmählich verschlechtert habe. Zu seiner Zeit, so sagte er, hätten sich die Vortragenden über Inhalt und Präsentation Gedanken gemacht, doch heutzutage hielten die jungen Leute nur noch schlechte Vorträge. Jüngst sei es besonders schlimm gewesen, doch der heutige Vortrag stelle eine Ausnahme dar – Wiener machte sich auf ein Kompliment gefasst. „Der Vortrag heute Nachmittag war der schlechteste, der jemals hier gehalten wurde!“

[Ian Stewart: Größen der Mathematik. 25 Denker, die Geschichte schrieben, Rowohlt, 2018]

Norbert Wiener wurde einmal auf dem Campus der Universität von einem Studenten angesprochen, der eine mathematische Frage hatte. Wiener blieb stehen und erörterte mit dem Studenten das Problem. Als sie fertig waren, fragte er: „Bin ich aus dieser Richtung oder aus der entgegengesetzten Richtung gekommen, als sie mich ansprachen?“ Der Student nannte ihm die Richtung, aus der er gekommen war. „Aha“, sagte Wiener, „dann habe ich noch nicht gegessen“, und setzte seinen Weg in Richtung der Mensa fort. [Friedrich Wille, Humor in der Mathematik, Vandenhoeck & Ruprecht, 1984]

Norbert Wiener und Claude Shannon

Auszüge aus: „Die Erfindung des Rauschens“ von Stefan Betschon (NZZ 23.7.2016):

Aufseiten der Alliierten sorgte der Krieg dafür, dass einige der besten Mathematiker des 20. Jahrhunderts – John von Neumann, Claude Shannon, Alan Turing und Norbert Wiener – zusammenkamen und eng zusammenarbeiteten. Von Neumann spielte im Krieg eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Bombe – der Atombombe –, während Shannon und Wiener sich mit der Entwicklung eines „Debomber“ beschäftigten: So nannte Wieners Mitarbeiter Julian Bigelow ein Flugabwehrsystem. [...] Es ging darum, den Flug eines angreifenden Flugzeugs für 20 bis 30 Sekunden vorauszusagen. Eine Serie von Radarmessungen musste geglättet werden, um eine Trajektorie herauszuarbeiten.

Shannon und Wiener forschten unabhängig voneinander. Wiener entwickelte seine Ideen in einem Seminarraum des MIT in Boston, Shannon arbeitete als Angestellter der Bell Labs in New York. Während die Gruppe der Bell Labs mit geometrischen Methoden versuchte, die Bahn eines Flugzeugs vorauszusagen, setzte Wiener auf Statistik.

Shannon und Wiener arbeiteten unabhängig voneinander, aber sie kannten sich und wussten, dass sie sich mit ähnlichen Problemen befassten. In seiner Informationstheorie würdigt Shannon Wiener in einer Fussnote als Quelle der Inspiration. Wiener sei es gewesen, der als Erster Kommunikationstheorie als statistisches Problem formuliert habe.

Wenn man die von Shannon während der frühen 1940er-Jahre geschriebenen Aufsätze zu kommunikationstheoretischen Problemen liest – etwa „Communication in the Presence of Noise“ –, glaubt man, neben dem Schützen einer Flugabwehrkanone zu sitzen und

Norbert Wiener und Claude Shannon (2)

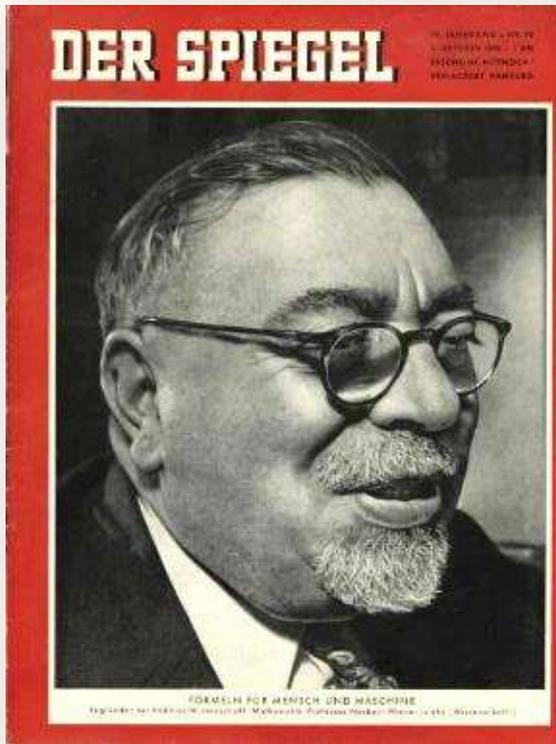
in den Himmel zu starren: Die Nachrichtenübertragung, so erklärt Shannon einmal, sei eine Projektion, die Nachricht also – so könnte man verdeutlichend sagen – ein „Projektil“, das von dem einen Raum in einen anderen Raum geschleudert wird. Das Rauschen vernebelt dort den Einschlagsort. Aus den Kästchen im ursprünglichen Diagramm sind Räume geworden, aus den Pfeilen Geschossbahnen. Umgekehrt, wenn man Wieners oder auch Shannons Aufsätze zur Flugabwehr liest, fühlt man sich einem Übermittlungssoldaten nahe, der dem Rauschen in seinen Kopfhörern Nachrichten abzugewinnen versucht.

„Nützliche Information zu trennen von wertloser Information in Form von Rauschen“ – so haben Wissenschaftler im Zweiten Weltkrieg den Auftrag von Übermittlungssoldaten und von Flugabwehrschützen definiert, und so haben einige von ihnen später die eigene Mission verstanden. Dann vermehrten sich die Informationen, die Forscher bekamen es mit Big Data zu tun.



Nebenstehender Artikel ist zusammen mit vielen anderen in diesem Buch von Stefan Betschon erschienen. Betschon besuchte die Stifterschule Einsiedeln, studierte Geschichte, Computerlinguistik und Publizistik an der Universität Zürich und arbeitet als Redaktor bei Computerworld Schweiz und der NZZ.

Norbert Wiener, der neue Einstein?



DER SPIEGEL 40/1956, S. 42-53, *Die Magie der Roboter*:
[...] der die Entwicklung der **Elektronengehirne** als Kernstück der **automatischen Fabrik** so entscheidend beeinflusst hat wie Einstein die Herstellung der Atombombe.

Dieser **neue „Einstein“** ist ein kleiner dicker, zigarrenkauender Professor an der Technischen Hochschule des nordamerikanischen Bundesstaates Massachusetts: der 61jährige amerikanische Mathematiker Norbert Wiener.

Der alte Herr mit dem gnomenhaften Äußeren, dem diabolischen Kinnbart und den durch dicke Brillengläser gescheit blickenden Äugelchen, der ebenso gern über den Teufel wie über Integralgleichungen doziert und unter dem Pseudonym „W. Norbert“ Kriminalromane schreibt, ist der **Prophet der Roboter-Wissenschaft** und der **Schöpfer einer neuen Magie**: der **Kybernetik**.

Die „Saturday Review of Literature“ am 23. April 1949 zu Wieners Buch „Cybernetics“: It appears impossible for anyone seriously interested in our civilization to ignore this book. It is a “must” book for those in every branch of science—engineers (all kinds), mathematicians, physiologists, psychologists, sociologists, anthropologists, philosophers, psychiatrists, chemists (all kinds), psychopathologists, neuroanatomists, neurophysiologists, etc. In addition, economists, politicians, statesmen, and businessmen cannot afford to overlook cybernetics and its tremendous, even terrifying, implications.

THE MACHINE AGE

BY

NORBERT WIENER

1949 verfasste Norbert Wiener unter dem Titel „**The Machine Age**“ ein sehr weitblickendes Essay, das seinerzeit allerdings leider nicht veröffentlicht wurde, sondern erst 2013 in der New York Times ausschnittsweise erschien.

By this time the public is well aware that a new age of machines is upon us based on the computing machine, and not on the power machine. The tendency of these new machines is to replace human judgment on all levels but a fairly high one, rather than to replace human energy and power by machine energy and power. It is already clear that this new replacement will have a profound influence upon our lives, but it is not clear to the man of the street what this influence will be.

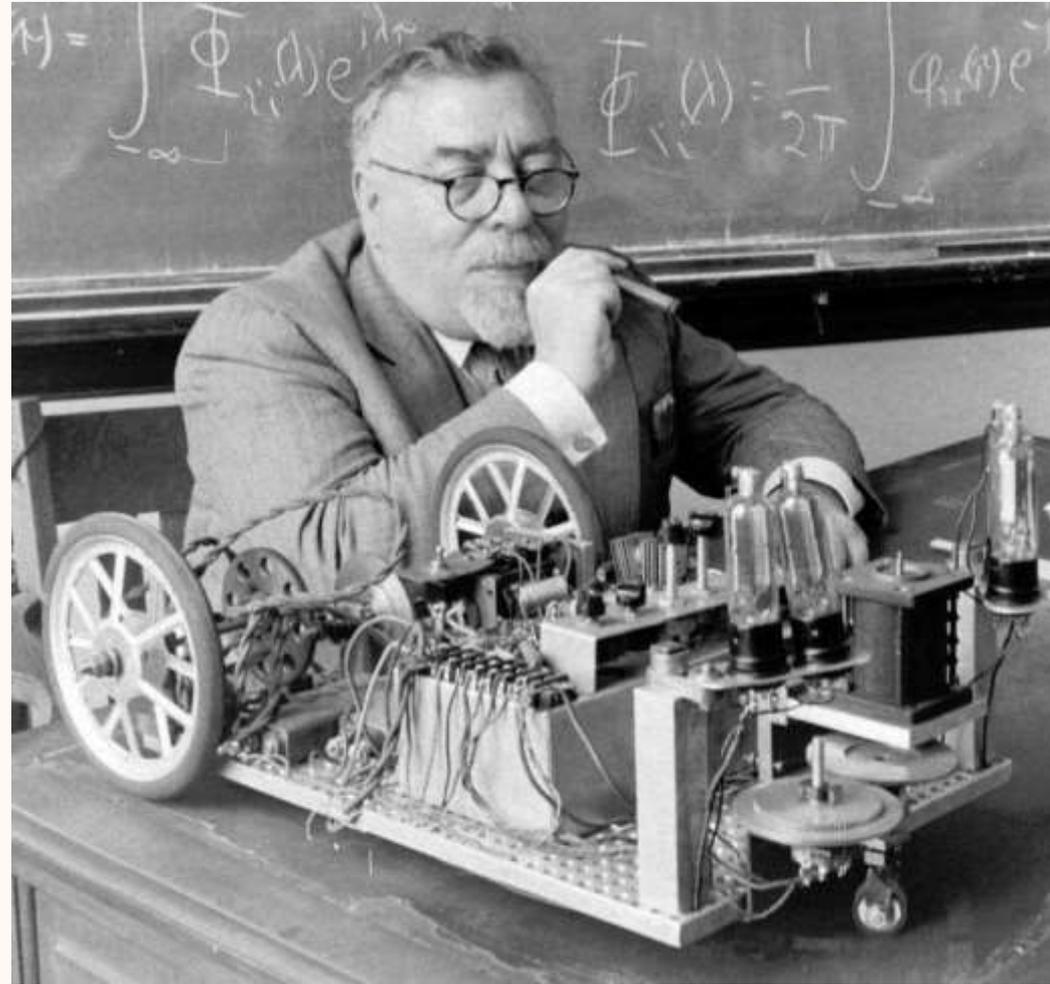
In order to understand this new age, it must be realized that the new machine ideas have a respectable intellectual history and ancestry. The computing machine is the automatic mechanized successor to that calculus of reason which Leibniz suggested, and which he did so much to make actual in the form of his new mathematical symbolism. Two hundred and fifty years is not a short lineage for any intellectual project, and least of all for one which seems so new and revolutionary.

Norbert Wiener: The Machine Age (1949)

<http://norbertwiener.org/photo-gallery/>

By this time the public is well aware that a new age of machines is upon us based on the computing machine, and not on the power machine. The tendency of these new machines is to replace human judgment on all levels but a fairly high one, rather than to replace human energy and power by machine energy and power. It is already clear that this new replacement will have a profound influence upon our lives, but it is not clear to the man of the street what this influence will be.

In order to understand this new age, it must be realized that the new machine ideas have a respectable intellectual history and ancestry. The computing machine is the automatic mechanized successor to that calculus of reason which Leibniz suggested, and which he did so much to make actual in the form of his new mathematical symbolism. Two hundred and fifty years is not a short lineage for any intellectual project, and least of all for one which seems so new and revolutionary. [...]



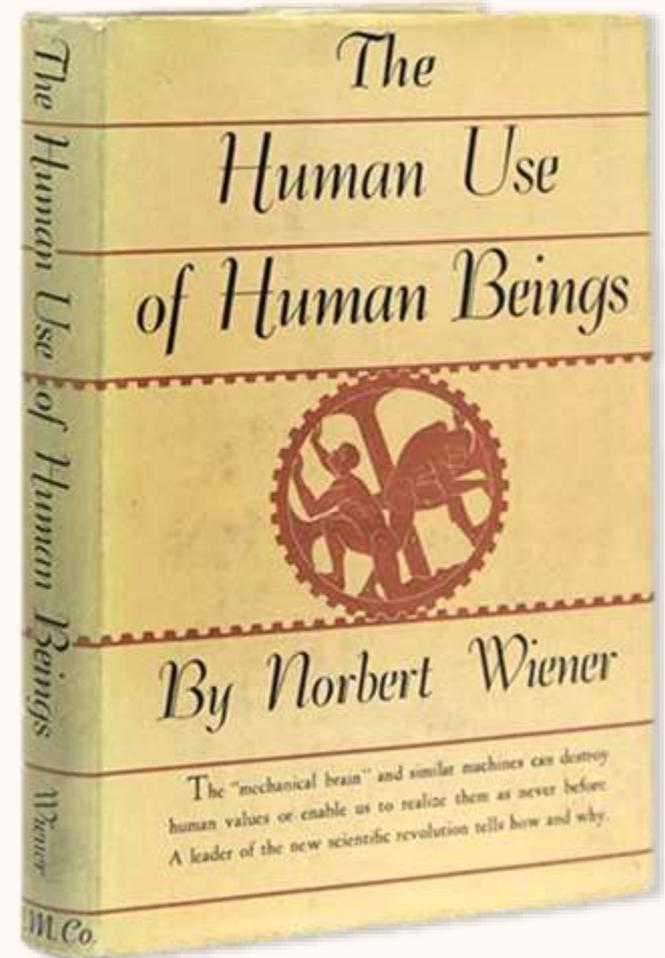
Noch einige Textfragmente, die zeigen, wie Aspekte, die erst Jahrzehnte später relevant werden, von Norbert Wiener schon weit vorausblickend erkannt wurden →

[...] They will **control entire industrial processes** and will even make possible the **factory substantially without employees**. In these the ultra-rapid digital computing machines will be supplemented by pieces of apparatus which take the readings of gauges, of thermometers, or photo-electric cells, and **translate them into the digital input of computing machines**. The new assemblages will also contain **effectors**, by which the numerical output of the central machine will be converted into the rotation of shafts, or the admission of chemicals into a tank, or the heating of a boiler, or some other process of this kind.

[...] Roughly speaking, if we can do anything in a clear and intelligible way, we can do it by machine. What the economic limitations will be: -- namely, how we may determine whether it is desirable to **use the machine rather than human effectors** --, is something which we cannot state unambiguously until we have more experience.

[...] These new machines have a **great capacity for upsetting the present basis of industry**, and of reducing the economic value of the routine factory employee to a point at which he is not worth hiring at any [...]

[...] However, if we move in the direction of **making machines which learn** and whose behaviour is modified by experience, we must face the fact that every degree of independence we give the machine is a degree of possible defiance of our wishes. [...]



But what is a machine? From one standpoint, we may consider a machine as a prime mover, a source of energy. This is not the standpoint which we shall take in this book. For us, a machine is a device for converting incoming messages into outgoing messages. -- N. Wiener in *God and Golem Inc.*

Das Bewusstsein der Maschinen

1957 veröffentlichte der Philosoph und Logiker *Gotthard Günther* (1900 – 1984) sein Buch „*Das Bewußtsein der Maschinen – eine Metaphysik der Kybernetik*“. Es beginnt so:

Zu den unser klassisches Weltbild neuerdings in Frage stellenden wissenschaftlichen Theorien und Disziplinen – wie mathematische Logik seit Frege und Russell, Relativitätsphysik und Quantentheorie – ist ganz kürzlich ein neuer Wissenschaftszweig getreten, der die traditionellen Formen und metaphysischen Intentionen unseres Denkens noch radikaler aufzulösen scheint, als das die oben genannten logischen und physikalischen Denkweisen bereits getan haben.



Das neue Wissensgebiet, das sich mit solchen beunruhigenden und aufwühlenden Perspektiven einführt, ist die in den vierziger Jahren in Amerika entstandene Theorie der Kybernetik. Sie wurde weiteren Kreisen der Öffentlichkeit bekannt, als Norbert Wiener im Jahre 1948 sein Buch „Cybernetics“ erscheinen ließ. Nur eine unbedeutende Anzahl von Jahren ist seither verstrichen, aber die Kybernetik gilt in den Vereinigten Staaten, in England und auch anderswo bereits als voll arrivierte Wissenschaft. Mehr noch, sie beginnt in rapidem Tempo sich zu einem ganzen System von Spezial-Wissenschaften auszuwachsen, wobei die Shannonsche Informationstheorie, die generelle Kommunikationstheorie, die Theorie der sich selbst organisierenden Systeme und neu entstehende mathematische Disziplinen als Grundpfeiler dieses bizarren, aber imposanten Gedankengebäudes zu gelten haben.

Eindringen in die geistige Sphäre des Menschen

Selbst in den Tageszeitungen und einigen auf Sensationsmache geschriebenen Büchern wird sie unter dem populären Namen einer Theorie der „mechanical brains“ teils neugierigslüsternd, teils mit einem gewissen Schauer diskutiert. Das Aufsehen, das die kybernetischen Theorien, Techniken und industriellen Produkte erregt haben, ist voll und ganz berechtigt. Greifen dieselben doch in einer bisher nicht gewohnten Weise in unser menschliches Dasein ein.

Was Relativitätstheorie und Quantentheorie anging, so handelte es sich bei der durch Einstein und Planck inaugurierten Revolution unserer traditionellen Begriffe nur um relativ neutrale naturwissenschaftliche Konzeptionen, die die moralische Essenz des Menschen bestenfalls an der äußersten Peripherie berührten. Anders aber liegen die Dinge in der Kybernetik und der sich mit ihr immer intimer verbindenden mathematischen Logik. Schrieb doch unlängst ein sonst gar nicht tiefeschürfender Autor: „Wir müssen uns darüber klar werden, daß die elektronischen Gehirne von heute wahrscheinlich erst das embryonale Stadium einer Entwicklung erreicht haben, in der die Technik – die bisher ausschließlich eine materielle Oberflächenerscheinung gewesen ist – zum erstenmal in die tieferen, nicht mehr direkt greifbaren Schichten menschlicher Seinsverhältnisse eindringt“ [Rolf Strehl, Die Roboter sind unter uns]. Ähnlich hat sich ein Gelehrter an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich geäußert, der das „Eindringen in die geistige Sphäre des Menschen mit Hilfe logistischer Rechengерäte“ als ebenso „umwälzend ... wie die Erschließung der Atomenergie“ bewertet [Donald Brinkmann, Technik und Naturwissenschaft]. Ganz ähnlich hat sich Max Bense geäußert: „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, gelegent-

Spiritualität \Leftrightarrow Materialität

lich auch Denkmaschinen genannt hat... Tiefer als bisher ist damit die Technik in unser soziales und geistiges Leben eingebrochen. Wir können durchaus von einer neuen Stufe der Technischen Welt oder der Technischen Zivilisation sprechen.“ Wir glauben, daß solche Urteile immer noch nach der konservativen Seite hin irren. Was gegenwärtig auf kybernetischem Gebiet geschieht, stellt in seinen letzten Konsequenzen die Entwicklungen in den atomtheoretischen Naturwissenschaften bei weitem in den Schatten, wird doch bei Wiener und seiner Schule die mehrtausendjährige und altherwürdige Unterscheidung von Spiritualität und Materialität in der speziellen uns überlieferten klassischen Form in einer bisher nicht dagewesenen Weise in Frage gestellt.

Wir greifen nun noch einige Passagen aus dem Schlussteil des Buches heraus, wo sich Günther mit dem Unterschied zwischen mechanischen und kybernetischen Maschinen befasst:

Eine Wind- oder Wassermühle ist kein Werkzeug mehr, sondern eine Maschine. Eine Maschine ist nichts anderes als ein – innerhalb gewisser Grenzen – autonom gewordenes Werkzeug. Unsere Sprache drückt den Verselbständigungsprozeß, der sich in dieser Entwicklung vollzieht, sehr präzise aus: ein Werkzeug wird *gehandhabt*. Eine Maschine wird *bedient*. Das gilt wenigstens von den älteren Maschinentypen. Ein neuerer Maschinentypus, wie der Servomechanismus, erfordert nicht einmal mehr Bedienung, sondern nur noch gelegentliche Wartung. Ein Thermostat, der die Temperatur in einer neuzeitlichen Wohnung regelt, braucht nicht mehr bedient zu werden, um sinngemäß zu funktionieren. Dieser Mechanismus dirigiert seinen Arbeitsmodus selbst. Er verfügt bereits über eine vom Menschen unabhängige Spontaneität.

Maschinen als autonom gewordene Werkzeuge

Die technische Entwicklung geht also vom nicht-automatischen Werkzeug oder Elementarmechanismus (Töpferscheibe, Spinnrad usw.) zur halbautomatischen Maschine und von da zum vollautomatischen maschinellen Arbeitsaggregat. Ein Automobil ist z.B. ein halbautomatischer Mechanismus. Nur noch einige wenige seiner Arbeitsvollzüge werden von dem bedienenden Fahrer reguliert. [...] Die thermostatisch geregelte Öl- oder Stromheizung hingegen ist vollautomatisch. Ihr Arbeitszyklus ist vom Menschen unabhängig. Ihr Schöpfer hat nur noch damit zu tun, *daß* sie für ihn arbeitet. In der Ausführung der Arbeit dirigiert sich die Maschine selbst.

Wir wollen den bisherigen Maschinentyp, da sein Arbeitsmodus von dem archimedischen Hebelprinzip ausgeht, die archimedisch-klassische Maschine nennen. Das handgreifliche Kennzeichen dieses Maschinentyps ist, daß er mechanisch bewegliche Teile (Hebel, Achse, Rad, Schraube) besitzt und daß er seine Arbeit durch die Bewegung dieser Teile verrichtet.

[...] In unserer Gegenwart aber beginnen die Anfänge eines neuen Maschinentyps aufzutreten, einer Arbeit leistenden Apparatur, die keine mechanisch beweglichen Teile mehr hat und deshalb auch nichts durch Bewegung solcher Teile verrichtet. [...] Alle arbeitsleistende Bewegung erfolgt hier durch Atome bzw. Elektronen und magnetische Felder.

Der Prototyp der archimedischen Maschine ist der menschliche Körper *mit seinen beweglichen Gliedmaßen*. Der Mensch, der eine archimedische Maschine baut, wiederholt die Arbeitsschematik seines eigenen Körpers in einem zweiten, künstlichen „Körper“ in der Außenwelt. Die Analogie des arbeitenden Armes ist z.B. in einem Explosionsmotor in dem Bewegungsrhythmus von Kolben, Pleuelstange und Kurbelwelle einfach nicht zu verkennen. [...]

Maschinen nach der Analogie des Gehirns

Die Idee der trans-klassischen Maschine aber erwächst aus den technischen Forderungen, einen Mechanismus zu entwickeln, der nach der Analogie des menschlichen Gehirns arbeitet.



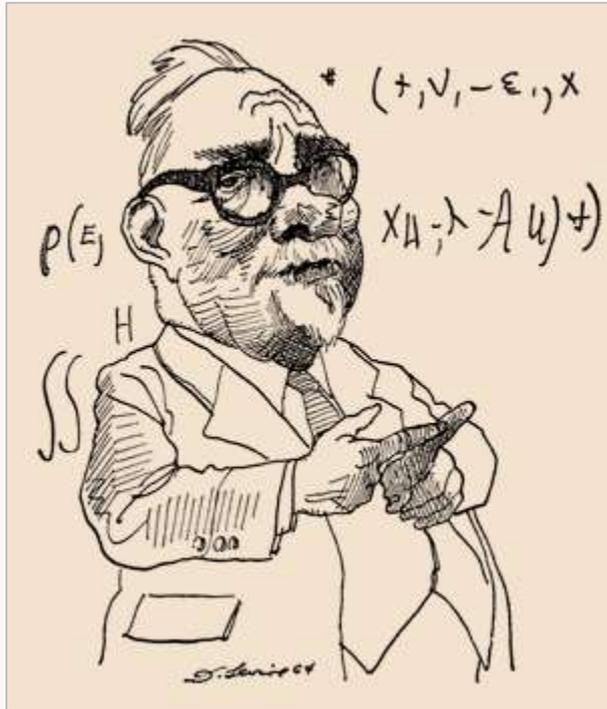
Gotthard Günther (1900 – 1984)

[...] Damit aber ist ein neuer, in der bisherigen technischen Geschichte des Menschen nicht dagewesener Maschinentyp konzipiert. [...] Die Idee der kybernetischen Maschine zielt also auf die konstruktive Verwirklichung eines Mechanismus, der Daten aus der Außenwelt aufnimmt, sie als Information verarbeitet und dieselbe in Steuerungsimpulsen dann an die klassische Maschine weitergibt.

Es erhebt sich die den heutigen Durchschnittsmenschen geradezu ungeheuerlich anmutende Frage: Läßt sich Bewußtsein trans-klassisch mechanisch konstruieren? Die erste Reaktion auf diese Frage wird für jeden klassisch erzogenen und im Bereich einer ontologischen Metaphysik aufgewachsenen Zeitgenossen ein ganz emphatisches „Nein“ sein. Tatsächlich aber ist die Frage für ein unbefangenes, vorurteilsloses Denken vollkommen offen.

Kybernetik: Gut und Böse

Bereits im Jahr 1948 schreibt Norbert Wiener in der Einleitung zu seinem Buch „Kybernetik“:



„Diejenigen von uns, die zu der neuen Wissenschaft Kybernetik beigetragen haben, befinden sich in einer moralischen Situation, die, um es gelinde auszudrücken, nicht sehr angenehm ist. Wir haben zu der Einführung einer neuen Wissenschaft beigesteuert, die, wie wir gesehen haben, technische Entwicklungen mit grossen Möglichkeiten für Gut oder Böse umschliesst. Wir können sie nur in die Welt weitergeben, die um uns existiert, und das ist die Welt von Belsen und Hiroshima. Wir haben nicht einmal die Möglichkeit, diese neuen technischen Entwicklungen zu unterdrücken. Sie gehören zu diesem Zeitalter, und alles, was wir tun können, ist, zu verhindern, dass diese Ent-

wicklungen in die Hände der verantwortungslosesten und käuflichsten unserer Techniker gelegt werden. Wir können bestenfalls dafür sorgen, dass eine breite Öffentlichkeit die Richtung und die Lage der gegenwärtigen Arbeit versteht.“

Automatic machinery and its social consequences

1949 schreibt Norbert Wiener an Walter Reuther, den amerikanischen Gewerkschaftsführer und seinerzeitigen Präsidenten der United Automobile Workers (UAW). Wiener war um die Arbeitsplätze in der Industrie besorgt, sollten Automatisierung und Kybernetik sich so entwickeln, wie er es vorhersah.

South Tamworth, New Hampshire

August 13, 1949

Mr. Walter Reuter
Union of Automobile Workers
Detroit, Michigan

Dear Mr. Reuter:

First, I should like to explain who I am. I am Professor of Mathematics at the Massachusetts Institute of Technology, and I am the author of the recently published book, Cybernetics, (Wiley and Sons and the Technology Press). As you will see, if you know of this book, I have been interested for a long time in the problem of automatic machinery and its social consequences. These consequences seem to me so great that I have made repeated attempts to get in touch with the Labor Union movement, and to try to acquaint them with what may be expected of automatic machinery in the near future. This

"First, I should like to explain who I am. I am Professor of Mathematics at the Massachusetts Institute of Technology, and I am the author of the recently published book, Cybernetics. As you will see, if you know of this book, I have been interested for a long time in the problem of automatic machinery and its social consequences. These consequences seem to me so great that I have made repeated attempts to get in touch with the Labor Union movement, and to try to acquaint them with what may be expected of automatic machinery in the near future. [...] My technical advice would be to construct an in-

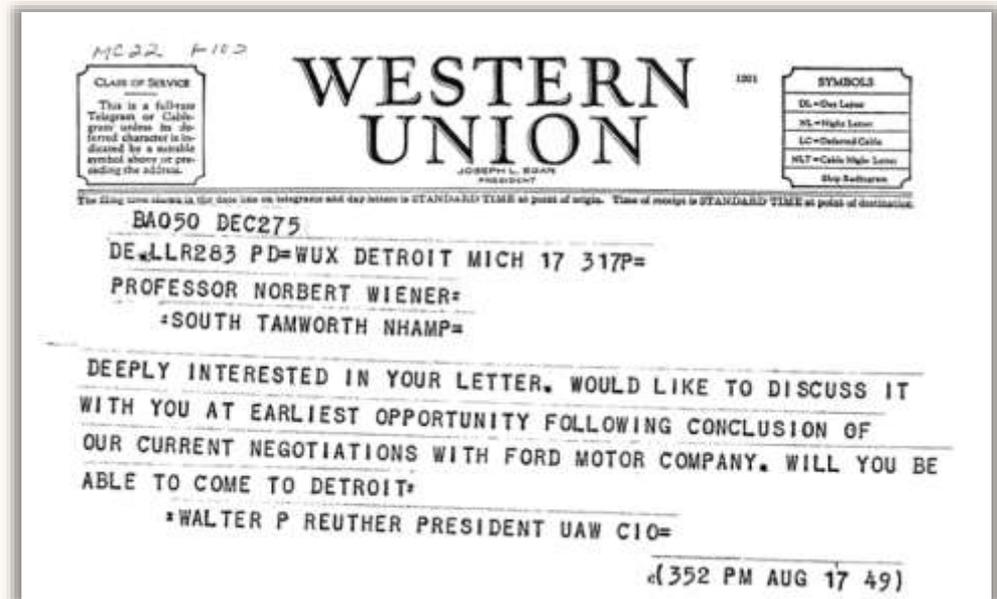
Automatic machinery and its social consequences

expensive small scale, high speed computing machine, together with adequate apparatus for putting the readings of photo-electric cells, thermometers, and other instruments into the machine as numerical data, and for putting numerical out-put data into the motion of shafts and other output apparatus. The position of these output shafts should be monitored by proper sense organs, and be put back into the machine as part of the information on which it is to work.

...This apparatus is extremely flexible, and susceptible to mass production, and will undoubtedly lead to the factory without employees; as for example, the automatic automobile assembly line. In the hands of the present industrial set-up, the unemployment produced by such plants can only be disastrous. I would give a guess that a critical situation is bound to arise under any condition in some ten to twenty years...

What I am proposing is this. First, that you show a sufficient interest in the very pressing menace of the large-scale replacement of labor by machine on the level not of energy, but of judgment, to be willing to formulate a policy towards this problem...

I am quite aware that any labor, which is in competition with slave labor, whether the slaves are human or mechanical, must accept the conditions of work of slave labor."



Wo bleiben die Menschen?



https://img.zeitgeschichte-digital.de/CIP/preview/image/ZZF_online_images/2010

Menschenleere Fabrikhallen aufgrund von Automatisierung waren auch später immer wieder ein Schreckgespenst. Hier: Bild aus der Gewerkschaftszeitung „Metall“ vom 23.9.1983: Halle 54 bei VW.

Prof. Norbert Wiener erwartet [...] eine „**zweite technische Revolution**“ von den **Maschinengehirnen**. Es sei bekannt, dass die Maschine übermenschliche Körperkräfte entwickle. Die Menschen müssten sich eben daran gewöhnen, dass sie in Zukunft auch übermenschliche Gehirnarbeit leiste. Aus der Kopplung beider Eigenschaften könnten in Zukunft **Fabriken entstehen, in denen auf kilometerweitem Werkgelände ein paar einzelne Kontrollbeamte herumsäßen**. Wiener argumentiert, dass kybernetische Apparate eigentlich nichts Neues mehr seien: Der Fliehkraftregler sorgt für den gleichmässigen Ablauf der Grammophonplatte. Ein Thermostat reguliert die Zentralheizung. Der „**automatische Pilot**“ hält das Flugzeug auf Kurs und Höhe.

-- Der Spiegel 28/1950

Roboterfabrikation 1983

Die ersten Roboter waren noch so dumm, dass sie Reserveräder auch durch geschlossene Heckklappen einbauen wollten. Da ist manche Heckscheibe zu Bruch gegangen. -- Gabriele Gräser



„Der Spiegel“ berichtete im September 1971 über die neuen „Computer im blauen Arbeitskittel“:

Jetzt sind sie da: Computergesteuerte Arbeitsklaven verrichten vielfältige Tätigkeiten, etwa in der Automobilindustrie. Die mechanischen Arbeiter, klotzige Kästen mit rüsselartigen Greifern und gelenkigen Prothesen-Beinen, sind Vorboten einer neuen Phase der Automation. In ihren Gehirnen – Computern und Magnetband-Spulen – halten die Fabrik-Roboter fachidiotische Geschicklichkeit gespeichert, die für das manuelle Arbeitspensum eines durchschnittlichen Fabrikarbeiters ausreicht.



Vor allem in der Autoindustrie haben die elektronisch gesteuerten Arbeiter bereits Fuß gefaßt. In den neuen GM-Fabriken in Norwood und Lords-town (US-Staat Ohio) stehen derzeit 90 Roboter an den Fließbändern; ihre metallenen Klauen mit hydraulischen Gelenken halten Schweiß-Pistolen. Wie von Geisterhand bewegt, heben und senken sich die Roboter-Arme immer dann, wenn auf dem Fließband halbfertige Karosserieteile herandrumpeln. Einer Folge ausgeklügelter Kommandos gehorchend, die in das Magnetband-Gedächtnis

Roboterfabrikation 35 Jahre später – 2018



der Automaten einprogrammiert sind, schweißen die Roboter Längsstreben zusammen oder bearbeiten die Dachträger der Blechgehäuse. Allein auf den Bändern der GM-Fabrik in Lordstown werden stündlich 100 Karossen des Anti-VW-Modells Chevrolet Vega von insgesamt 26 Robotern abgefertigt. Dabei bereitet es den mechanischen Handwerkern keine Schwierigkeiten, an den vier verschiedenen Vega-Versionen jeweils andere Schweißnähte millimetergenau anzulegen. [...] Zwölf künstliche Schweißer, die erste Roboter-Rotte der Bundesrepublik, werden im Herbst bei Daimler-Benz in Untertürkheim einziehen.



Allerdings, einstweilen bleiben die Roboter ihren menschlichen Kollegen noch in entscheidenden Punkten unterlegen. Zwar sind die Automaten, wie VFW-Fokker lobt, „weder krankheitsanfällig noch streikfreudig“; andererseits aber sind sie zugleich „blind und stur“ (Fortune) – gleichsam Wahrzeichen perfekten Kadavergehorsams. [...] Talentierte Roboter, die annähernd die Intelligenz von Ameisen besitzen, könnten eines Tages auch komplizierte Handwerksarbeit leisten – und schließlich selbst Facharbeiter um ihren Job bringen. Ein Roboter, so fürchtete unlängst ein Vertreter der US-Gewerkschaft United Automobile Workers, könne dann „sogar so programmiert werden, daß er jemandem die Hand schüttelt – um den Leuten Good-bye zu sagen, die er an die Wand gedrückt hat“.

Zweck der Automatisierung?



Roboterfabrikation des Ford Sierra im Jahr 1984

Bereits 1946 erschien im amerikanischen Wirtschaftsmagazin „Fortune“ ein vielzitiertes Artikel „**Machines Without Men**“. Eric Leaver und John Brown zeichneten darin das Bild einer menschenleeren Fabrik und beschrieben Maschinen, die besser sehen, hören, tasten und Informationen verarbeiten könnten als Menschen. Anders als Menschen würden sie aber nicht ermüden, keinen Hunger haben, nicht streiken und bessere Produkte herstellen.

*Der Automatisierungsprozess im Kapitalismus unterscheidet sich in seinem Charakter und seinen Auswirkungen wesentlich von dem im Sozialismus und Kommunismus. Im **Kapitalismus** werden Automatisierungsmittel letztlich im Profitinteresse der Monopolbourgeoisie eingesetzt. Diese Zweckbestimmung verhindert eine umfassende, folgerichtige Automatisierung im Interesse der gesamten Gesellschaft. Im **Sozialismus** besteht der Zweck der Automatisierung in der Verbesserung der Lebensbedingungen aller Menschen. Nur in dieser Gesellschaftsordnung kann die Automatisierung als umfassender Prozess planmässig durchgesetzt werden.*

Georg Klaus, marxistischer DDR-Philosoph, im *Wörterbuch der Kybernetik*, 1967.



Kybernetik im Sozialismus

Ein sehr wechselhaftes Schicksal war der Kybernetik in den sozialistischen Staaten vergönnt. Generell gab es in der Sowjetunion nach dem Zweiten Weltkrieg eine Reihe von Kampagnen mit dem Ziel, die Wissenschaft von vermeintlich bürgerlichen, idealistischen und reaktionären Elementen zu säubern. (Allgemein bekannt ist in dieser Hinsicht vor allem der von Stalin persönlich unterstützte Angriff Lyssenkos gegen die Genetik – die Existenz von Genen galt als unsozialistisch und deshalb falsch.) In diesem Kontext sah sich zu Beginn der 1950er-Jahre auch die Kybernetik starken Anfeindungen ausgesetzt; sie wurde als eine den Kapitalismus legitimierende Ideologie verstanden und in Zeitungsartikeln als „reaktionäre Pseudowissenschaft“ sowie „Dienstmädchen des Imperialismus“ geschmäht. Die Hüter des dialektischen Materialismus fühlten sich durch pointierte Feststellungen von Norbert Wiener wie *Information is information, neither energy nor matter; any materialism that fails to take account of this will not survive one day* herausgefordert; vor allem aber war der universalistische Anspruch der Kybernetik, eine umfassende Theorie für vielfältige Aspekte in technischer, biologischer, sozialer und ökonomischer Hinsicht zu liefern, höchst suspekt und stellte eine gefährliche Konkurrenz für die marxistische Ideologie des Weltverständnisses und ihres Alleinvertretungsanspruches dar.



Im Mai 1950 erschien in der einflussreichen sowjetischen Wochenzeitschrift „Literaturnaja Gaseta“ ein Artikel, der Norbert Wiener den „Scharlatanen und Finsterlingen, die Kapitalisten an die Stelle wahrer Wissenschaftler setzen“ zuordnet. Der zunehmende Computereinsatz in den Vereinigten Staaten wird als süßer Traum der Kapitalisten zur Verdrängung klassenbe-



Kybernetik im Sozialismus (2)

wusster Arbeiter durch fügsame und unterwürfige Roboter verspottet sowie als „gigantische Kampagne zur massenhaften Irreführung einfacher Leute“ charakterisiert.

Als Folge dieses Artikels sahen sich andere Editoren und Journalisten ideologisch legimiert, in ähnlicher Weise auf die Kybernetik einzuschlagen. So trägt etwa ein Artikel in der Wissenschaftszeitschrift „Nauka i Zhizn“ von 1953 die gross herausgestellte Überschrift „Die Wissenschaft moderner Sklavenhalter“

(*Наука современных рабовладельцев*); ein weiterer Beitrag in der „Literaturnaja Gaseta“ von 1952 („Kybernetik – ‚Wissenschaft‘ der Obskuranten“) erläutert: „Die bürgerliche Presse hat gross und breit eine neue ‚Wissenschaft‘ angekündigt – die Kybernetik. [...] Diese modische Pseudotheorie, die von einem Grüppchen amerikanischer ‚Gelehrter‘ ins Leben gerufen worden ist, erhebt den Anspruch, alle zentralen wissenschaftlichen Probleme zu lösen und die Menschheit von allen sozialen Heimsuchungen befreien zu können. [...]“

Das Motiv für die Schaffung der Pseudowissenschaft sei „die Ähnlichkeit zwischen dem menschlichen Gehirn und komplexen modernen Maschinen.“ Weiter heisst es zu den Kybernetikern: „Sie finden eine Ähnlichkeit zwischen dem Gehirn und der Rechenmaschine, beides für sie Apparate, ‚die Meldungen annehmen und diese dazu verwenden, Antworten auf Fragen sowie Lösungen komplizierter Aufgaben zu erhalten.“





Kybernetik im Sozialismus (3)

Der Artikel erschien schon im gleichen Jahr in deutscher Übersetzung in der „Neuen Welt“, einer 14-täglichen intellektuellen Propagandazeitschrift der Sowjetischen Militäradministration. Dort heisst es weiter: „Die Kybernetiker identifizieren das magnetische Band, das in die Rechenmaschine eingeführt wird, mit den Sinnesorganen, die Schwankungen der Quecksilbersäule mit den Funktionen des Gedächtnisses, die Funkröhren mit den Nervenzellen des Gehirns und den Elektronenstrom mit der geistigen Tätigkeit. Bei Betrachtung der Frage, ob es möglich wäre, einen mechanischen Apparat zu erhalten, ‚der neben oder sogar über das menschliche Gehirn gestellt werden könnte‘, finden die Kybernetiker lediglich technische Schwierigkeiten: eine mit Elektronen arbeitende Rechenmaschine enthält 1880 Lampenröhren, während das Gehirn aus mehr als 10 Milliarden ‚Funkröhren‘ (Nervenzellen) besteht.

Wenn also bisher, wie für jedermann klar ist, Maschinen nicht imstande sind, andere Maschinen zu konstruieren und zu vervollkommen, wissenschaftliche Forschungen durchzuführen und philosophische Systeme aufzustellen, und seien es auch nur so primitive Systeme wie die Kybernetik, so sehen die Kybernetiker die Ursache hierfür nur darin, dass die Ingenieure es bisher noch nicht fertiggebracht haben, Zähler mit einer hinreichen grossen Anzahl von Elementen, entsprechend der Zahl der in der Hirnrinde vorhandenen Zellen, zu montieren. Die Kybernetiker lassen es sich in keiner Weise angelegen sein, ihre ungeheuerlichen Behauptungen durch eine auch nur einigermaßen wissenschaftlichen Argumentation zu stützen. [...]“

In einem weiteren Artikel von 1952 mit dem Titel „Kybernetik oder die Sehnsucht nach mechanischen Soldaten“ der populärwissenschaftliche russischen Zeitschrift „Техника — молодежи“ („Technik der Jugend“) findet sich eine allegorienreiche Abbildung „TRADING



Kybernetik im Sozialismus (4)

COMPANY 'NEW ROBOT' oder der Traum der amerikanischen Aggressoren" im Comic-Stil.

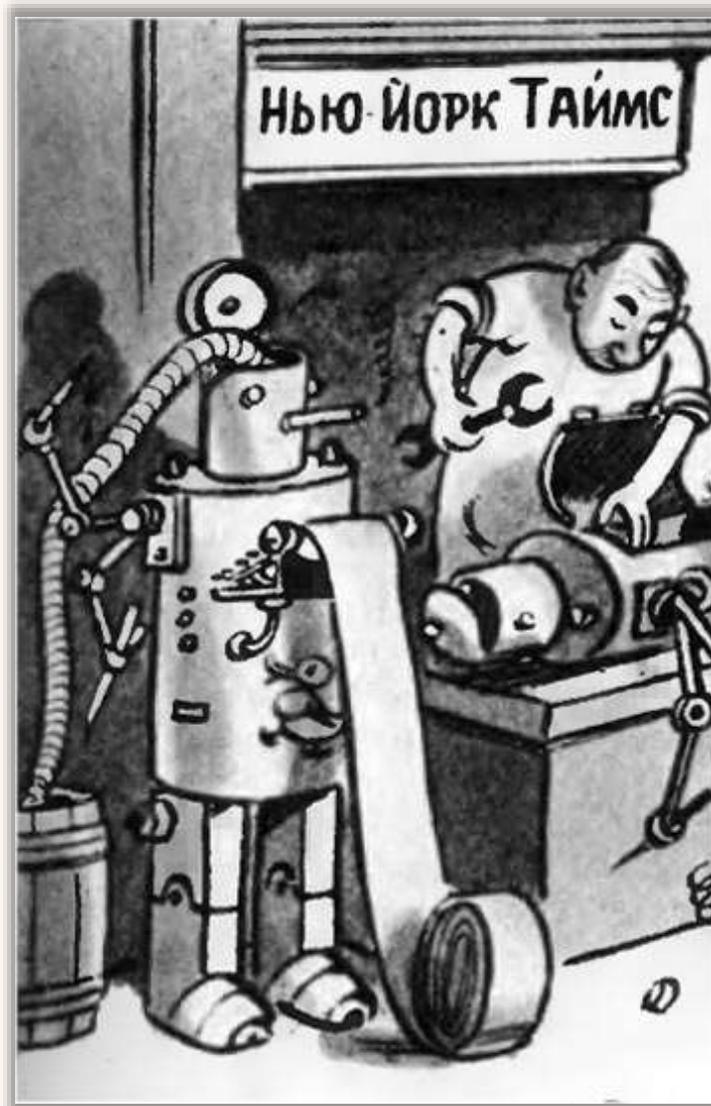
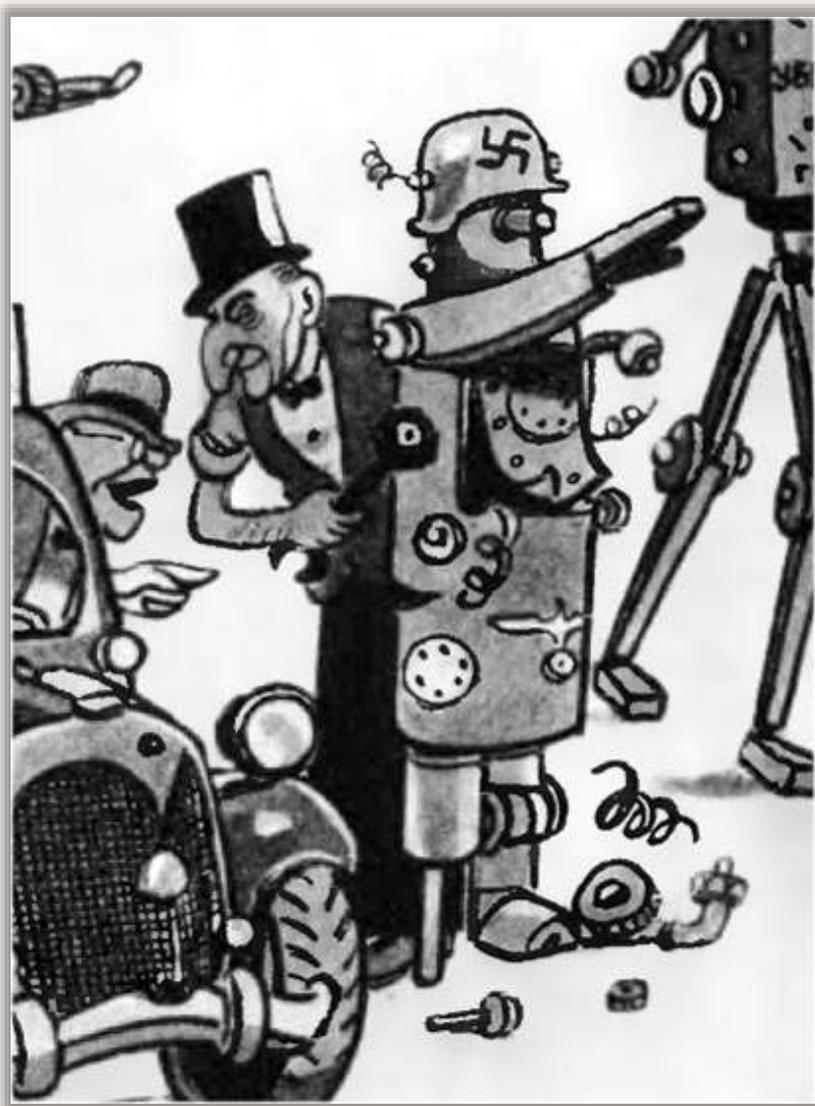
Man erkennt, wie der Wall-Street-Boss zusammen mit dem Pentagon-General selbstbewusst durch das Tor der Roboterfirma schreitet. In der linken Bildmitte sieht man Bundeskanzler Adenauer, der auf Anweisung eines amerikanischen Beraters aus den Trümmern eines Nazi-Roboters einen Roboter für eine neue deutsche Armee schafft. Daneben ein Exemplar eines Hollywood-Roboters, bei denen sich die einzelnen Modelle nur durch die Anzahl von Morden und Diebstählen unterscheiden, die man über zwei Hebel einstellen kann.

Darüber ein Roboter der Marke „Ente“, spezialisiert auf die Herstellung von Zeitungen. Der Zeitungsbaron wirft ein par Dollar ein, drückt eine der drei Tasten „Schwindel“ / „Diffamierung“ / „Drohung“, und einige Minuten später erzeugt der Roboter einen fertigen Artikel, der sofort verbreitet werden kann. Rechts daneben wird ein Roboter repariert, der aufgrund eines Fehlers im Mechanismus einen Artikel produzierte, der halbwegs objektiv die amerikanische Realität wiedergab.





Kybernetik im Sozialismus (5)

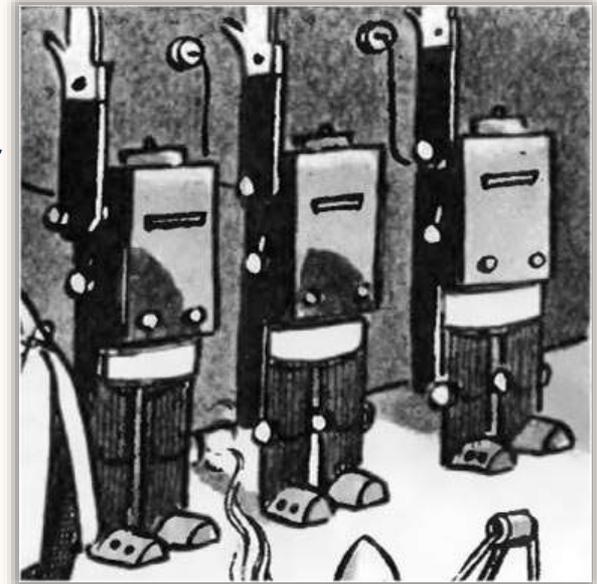




Kybernetik im Sozialismus (6)



Noch weiter rechts Roboter, die die Vertreter der lateinamerikanischen Länder in der UNO ersetzen können. Man erkennt, dass sie keinen Kopf und kein Denkorgan besitzen. Statt dessen haben sie einen Schlitz, in den die amerikanische Entscheidung im Voraus eingeworfen wird. In Washington drückt man auf einen Knopf, der über Draht mit dem Roboter verbunden ist, immer dann, wenn der Roboter die Hand heben soll. Ganz oben rechts wird eine neue Charge von drei Robotern von einem amerikanischen Ausbilder für den Koreakrieg trainiert, wo sie alte Männer, Frauen und Kinder abschlachten sollen. In der Bildmitte rechts sieht man Verkauf und Vermietung von Robotern, die auf verschiedene Verbrechen spezialisiert sind. Unten rechts bekriegen sich zwei Roboter, die von konkurrierenden Firmen hergestellt wurden.





Kybernetik im Sozialismus (7)

Der aus Prag stammende marxistische Philosoph Ernst (Arnošt) Kolman (1892 – 1979), der unter Stalin eine unrühmliche Rolle bei der Durchsetzung der marxistische Wissenschaftsideologie spielte, berichtete später über die sowjetische Kampagne gegen die Kybernetik:

In the summer of 1953, half a year after I was released from the Lubjanka and rehabilitated, I spent my holiday in a little village on the Black Sea. One evening as I was taking a walk I heard the tapping of a typewriter which came from a cottage where an old and good acquaintance of mine, Professor Kolbanovsky, lived. He said that he was writing an article about cybernetics, which was a pseudo-science, an American "misinformation". [...] I said: "Victor, you are a pure philosopher without any knowledge of mathematics and of foreign languages. You have not read a single line of cybernetics. How can you judge it? How can you think that American businessmen would spend millions on faked electronic computers?"

Because of the fact that before my arrest in 1948 I had published in Prague, where I was working, a book about mathematical logic in which I stated that logical operations will perhaps be performed in the future by mechanisms, I was favourably disposed to cybernetics. I advised the author not to publish his polemic. But he did not heed me and it appeared in the leading Soviet philosophical monthly magazine. He signed it with a pseudonym: "Materialist". So a broad campaign against cybernetics broke out. In addition to philosophers, some mathematicians and engineers also took part in it. [...]

I wished to become acquainted with cybernetics, but in the greatest Soviet library, the Lenin Library in Moscow, Wiener's fundamental work was among the libri prohibiti, with all the works of Einstein and many others. The librarians would not allow me to read it.



Kybernetik im Sozialismus (8)

Der Mathematikhistoriker Slava Gerovitch vom MIT beschreibt in einem lesenswerten Artikel („Russian Scandals“: Soviet Readings of American Cybernetics in the Early Years of the Cold War) die sowjetische Kampagne gegen die Kybernetik Anfang der 1950er-Jahre so:

Skillfully manipulating a handful of Wiener's quotations taken out of context, the critics stretched cybernetics' clothes to make them fit their ideological strawman. Lenin's classical critique of the idealistic philosophical speculations about the alleged „disappearance of matter“ in the equations of relativity physics in the early twentieth century was thoroughly imitated during the anticybernetics campaign. Soviet critics similarly claimed that cyberneticians reduced biological and sociological laws to „pure“ mathematical formulas and equations, which opened a way to „idealistic speculations.“ The critics „creatively“ translated Wiener's modest statement, „information is information, not matter or energy,“ into a brassy claim that „information has nothing to do with matter or consciousness,“ and concluded that cybernetics marched along a „straight road toward open idealism and religion.“

Hier muss man bedenken, dass sowohl „Idealismus“ als auch „Religion“ in der seinerzeit herrschenden kommunistischen Ideologie der Sowjetunion negativ besetzte und quasi reaktionäre Begriffe darstellten. Gerovitch fährt fort:

Like any ideological discourse assembled from prefabricated components, the anticybernetics campaign was insensitive to its inner contradictions. Producing a typical oxymoron, the critics branded cybernetics „not only an ideological weapon of imperialist reaction but also a tool for accomplishing its aggressive military plans,“ referring to the use of computers and servomechanisms in the construction of modern electronic, remotely controlled, automated weapons. How a worthless pseudo-science, an expression of obscurantist, reactionary ideology, could assist



Kybernetik im Sozialismus (9)

in the construction of working weapons was not entirely clear. [...] American cybernetics was portrayed as both „idealistic“ and „mechanistic,“ „utopian“ and „dystopian,“ „technocratic“ and „pessimistic,“ a „pseudo-science“ and a dangerous weapon of military aggression. [...] Neither quantum mechanics, nor relativity theory, nor the chemical theory of resonance, nor even „formal genetics“ was entitled by Soviet critics to such a rich diversity of charges.

Für die Wissenschaftler in den sozialistischen Staaten führte dieses sowjetische Kybernetik-Bashing zu einem schwierigen und gefährlichen Dilemma – sie mussten einerseits (unter Androhung schwerster Nachteile für sich und ihre Familien wie Berufsverbote oder gar Verbannung und Internierung in Straflagern) der Parteiideologie unbedingt treu bleiben, sollten andererseits jedoch die westliche Wissenschaft und Technik zügig einholen und sogar überbieten. Nun fielen aber bei der seinerzeitigen weitgefassten Auslegung von „Kybernetik“ sowohl Automatisierung als auch Computertechnik, Operations Research (bzw. „mathematische Ökonomie“) und erste Ansätze von Informatik unter diesen geächteten Begriff; Technologien und Wissenschaftsfelder, welche für staatlich priorisierte Bereiche wie Industrialisierung, Raumfahrt und Waffenentwicklung bedeutsam waren. Man behalf sich in pragmatischer (und fast schizophrener) Weise damit, dass geächtete westliche Wissenschaftsgebiete wie die Kybernetik aufgeteilt wurde in einen „objektiven“ Teil und eine „philosophische Interpretation“ – so konnte man die praktischen Ergebnisse verwenden und weiterentwickeln, und sich doch gleichzeitig vom „falschen“ theoretischen Überbau distanzieren.

Dazu nochmal Gerovitch: *The anticybernetics campaign in the open Soviet press unfolded in parallel with growing party and government support for top-secret computer and automated-control projects in the defense sector. [...] While the „soldiers of the ideological front“ were dismissing cybernetics as a „modish pseudo-science,“ the actual soldiers in uniform took*



Kybernetik im Sozialismus (10)

Western military research on computing and control very seriously. They realized that the Soviet Union was falling behind the West in a crucially important field of military technology, and aspired to close the gap as quickly as possible.

Sorgfältig vermieden es die Wissenschaftler in den sozialistischen Staaten, Wörter und Begriffe zu verwenden, die im Sinne des Marxismus ideologisch bedenklich waren und ihnen hätten gefährlich werden können. Der bekannte russische Computerpionier Sergei Alexejewitsch Lebedew (1902 – 1974) wurde z.B. darauf hingewiesen, den Begriff „logische Operation“ zu vermeiden, da Logik ein Gebiet der Philosophie sei und implizieren könne, dass Maschinen denken könnten. Zweideutige Begriffe wie „Information“ oder das Englische „memory“ wurden durch neutralere Begriffe „Daten“ und „Speicher“ ersetzt. Auch „Kommunikation“ war ideologiebefrachtet, da in sozialer oder biologischer Hinsicht interpretierbar. Dies führte zu merkwürdigen Exzessen; so wurde etwa zur Vermeidung anthropomorpher Analogien der berühmte Artikel „A Mathematical Theory of Communication“ von Claude Shannon vom Übersetzer umbenannt in „Statistische Theorie elektrischer Signalübertragung“ (*Статистическая теория передачи электрических сигналов*). Damit nicht genug – der Übersetzer schaffte es tatsächlich, die zentralen, aber eben inkriminierten, Wörter „Information“ sowie „Kommunikation“ (und sogar „mathematisch“!) im gesamten übersetzten Aufsatz zu vermeiden; den Begriff „Entropie“ setze er durchweg in Anführungszeichen und versicherte in einer Vorbemerkung dem Leser (und dem Zensor), dass dies nichts mit dem physikalischen Entropiebegriff zu tun habe.

Diffizil blieb dieses Lavieren dennoch: Könnte die Kybernetik beispielsweise bei sozialen und politischen Systemen einen (im Sozialismus eigentlich undenkbaren) spontanen Protest der



Kybernetik im Sozialismus (11)

Basis gegen Entscheidungen des „Governors“ als „feedback“ eines Regelkreises auffassen und damit am Ende sogar legitimieren? Ist es also inadäquat, die Kybernetik auf soziale Systeme anzuwenden?

Neben der Strategie der Diffamierung und Ausgrenzung gab es ab der zweiten Hälfte der 1950er-Jahre aber auch zunehmend Versuche, die Kybernetik in wesentlichen Teilen als marxistische Wissenschaft zu interpretieren und zu vereinnahmen: „Die Spieltheorie bietet uns ein abstraktes mathematisches Modell dialektischer Auseinandersetzungen in der Gesellschaft (z.B. Klassenkampf, ökonomische Auseinandersetzungen usw.)“ schrieb etwa Georg Klaus (1912–1974), marxistischer Philosoph und Protagonist der Kybernetik in der DDR. Und noch etwas skurriler: „So sind etwa gedämpfte Sinusschwingungen mathematisches Abbild eines sich abschwächenden dialektischen Widerspruchs“.

Noch 1953 ächtete die Zeitschrift „Voprosy Filosofii“, das einzige philosophische Fachjournal, das es zwischen 1947 und 1956 in der Sowjetunion gab, die Kybernetik als „Scheinwissenschaft“ amerikanischen Ursprungs, die der „Desinformation“ und „Mystifikation“ diene. Erst nach Stalins Tod (März 1953) setzte langsam ein Umsteuern ein. Der erste positive Artikel zur Kybernetik erschien in der Sowjetunion 1955 in Voprosy Filosofii nachdem zumindest einer der Autoren, Anatoli Kitow (1920–2005; Dissertation 1952 zur Programmierung ballistischer Probleme bei Langstreckenraketen), Wieners Buch in der Bibliothek eines geheimen Forschungsinstituts lesen konnte. Kitow, der Bedeutendes für die Entwicklung und den Einsatz von Computern in der Sowjetunion leistete, meinte später dazu: „Nachdem ich das Buch gelesen hatte, kam ich zum Schluss, dass Kybernetik keine Pseudowissenschaft der Bourgeoisie war, wie es seinerzeit offiziell dargestellt wurde, sondern im Gegenteil eine ernsthafte und wichtige Wissen-



Kybernetik im Sozialismus (12)

schaft". Er veröffentlichte noch im gleichen Jahr einen weiteren Artikel im sowjetischen „Radio“-Magazin, in dem er hervorhob, dass Computer nicht nur für Rechenaufgaben, sondern zur Bewältigung „mentaler Aufgaben“ wie Scheduling, Textverarbeitung, Übersetzung etc. geeignet wären. 1959 schlug er in einem Brief an Chruschtschow, KPdSU-Parteichef und Regierungschef der Sowjetunion, eine Initiative zur Computerfabrikation und den Einsatz von Computern in der Volkswirtschaftsverwaltung vor. Von der Regierung wurde ersteres schliesslich positiv aufgenommen, letzteres seinerzeit allerdings nicht befürwortet. Als Kitow in einem zweiten Brief nachlegte, wurde er aus der Kommunistischen Partei, die Kitows Ideen eines volkswirtschaftlichen „Management Information System“ als Gefahr für ihre Alleinstellung hinsichtlich ökonomischer und politischer Vorgaben sah, ausgeschlossen und verlor seine berufliche Stellung.



Alarmiert von den zaghaften Kybernetik-Sympathien sowjetischer Wissenschaftler war allerdings der amerikanische Geheimdienst CIA. Im Unterschied zur sowjetischen Partei- und Staatsführung glaubte er, dass die Kybernetik in den Händen der Sowjets ein mächtiges Werkzeug werden könnte – und damit im Nullsummenspiel des kalten Krieges eine Bedrohung für die USA. Arthur Schlesinger, Sonderberater des US-Präsidenten John Kennedy und ehemaliger CIA-Geheimdienstanalytiker, schrieb in einem Regierungsmemorandum, dass ihre „totale Hingabe an die Kybernetik“ den Sowjets „einen unschätzbaren Vorteil“ verschaffen würde. Schlesinger warnte, „die UdSSR könnte bis 1970 eine grundlegend neue Produktionstechnologie entwickelt haben, einschliesslich ganzer von Computern verwalteten Unternehmen oder Industriekomplexe, die sich über Regelkreise und Rückkoppelung selbst perfektionieren“.



Kybernetik im Sozialismus (13)

Um die Sowjetunion von der Nutzung von Computern abzuhalten, wurde vom amerikanischen Geheimdienst offenbar eine Desinformationskampagne gestartet. Gerüchteweise versuchte ein Artikel der „Washington Post“ bei sowjetischen Spitzenbeamten Ängste zu wecken, sie würden bald durch Lochkarten ersetzt, und der Tageszeitung „Iswestija“ zugespielte Quellen behaupteten, die Nutzung von Computern sei in den USA – ähnlich wie abstrakte Malerei – mittlerweile als eine letztendlich unnütze Modeerscheinung erkannt worden, an denen amerikanische Geschäftsleute nur aus Imagegründen Interesse vorgetäuscht hätten.

In wissenschaftlicher Hinsicht freundete man sich in den sozialistischen Ländern Ende der 1950er-Jahre langsam mit der Kybernetik als breit verstandene Disziplin, die auch Nachrichtentechnik und Rechenautomaten umfasste, an. Die Akademie der Wissenschaften der UdSSR richtete 1958 auf Initiative von Axel Iwanowitsch Berg (sowjetischer Wissenschaftler und Ingenieur, während des zweiten Weltkriegs Entwickler des Radars sowie 1953 bis 1957 stellvertretender Verteidigungsminister) einen Wissenschaftlichen Rat für Kybernetik ein, der die diesbezügliche Forschung in der ganzen Sowjetunion koordinieren sollte. 1960 wird Norbert Wiener sogar von den Herausgebern der Zeitschrift „Voprosy Filosofii“ eingeladen und reist in die Sowjetunion – bei einem Vortrag im Moskauer Polytechnischen Museum folgten 1200 begeisterte Zuhörer seinen Ausführungen; die „Literaturnaja Gaseta“ publiziert ein Interview.

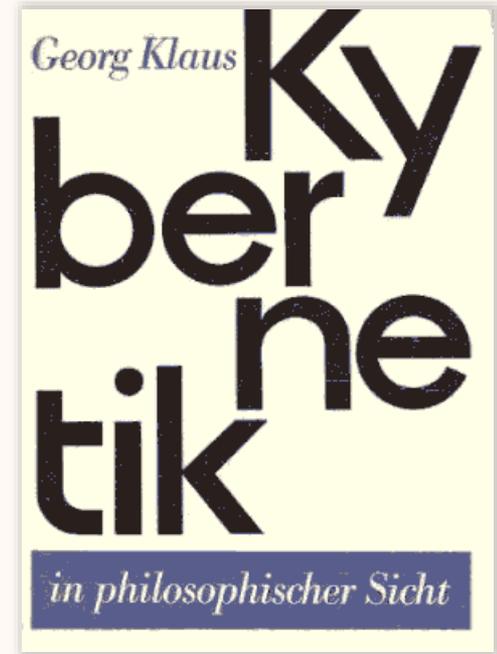
In der DDR kam bei der Rehabilitation der Kybernetik dem oben erwähnte Philosophen Georg Klaus eine wichtige Rolle zu. Ein Meilenstein war 1958 seine Veröffentlichung „Zu einigen Problemen der Kybernetik“ in „Einheit“, der Zeitschrift „für Theorie und Praxis des wissenschaftlichen Sozialismus“, herausgegeben von der DDR-Staatspartei SED („Sozialistische Einheitspartei Deutschlands“). Um seine Genossen mit der gebotenen Vorsicht zu überzeugen, ging er dabei, wie es der französische Wissenschaftshistoriker Jérôme Segal beschreibt, in strate-



Kybernetik im Sozialismus (14)

gischer Weise vor: Erst nach sieben Seiten über Marx und die Lage der Sowjetunion erscheint im Zusammenhang der Frage, ob Maschinen denken können, das Wort „Kybernetik“, und erst im dritten Teil des Aufsatzes wird die kybernetische Analogie zwischen Mensch, Tier und Maschinen thematisiert. Geschickt erinnert Klaus auch daran, dass es den Amerikanern ohne den ENIAC-Computer unmöglich gewesen wäre, die Atombombe zu entwickeln; darüber hinaus bedient er sich des zeitgemässen „Sputnik-Effekts“: „Kein Sputnik ohne Rechenmaschinen!“, lautete seine Devise. (Sputnik, der erste künstliche Erdsatellit, begründete das Zeitalter der Raumfahrt. 1957 von der Sowjetunion gestartet, wurde er propagandistisch als technischer Vorsprung gegenüber den USA, generell auch als Überlegenheit des marxistisch-wissenschaftlichen Systems über den Kapitalismus, gefeiert.)

Verführerisch erschien die Kybernetik den Protagonisten der sozialistischen Planwirtschaft vor allem, weil damit ein wissenschaftlich fundiertes Werkzeug bereitzustehen schien, das die problemgebeutelte Planwirtschaft mittels Rückkoppelungsprozessen und der Computeranalyse ökonomischer Kennwerte geschmeidiger machen würde, ohne dafür die Planvorgaben zugunsten eines freien Spiels der Märkte, wie es der Westen mit grossem Erfolg vor machte, aufgeben zu müssen. Man sah die Kybernetik daher vor allem im Sozialismus als gewinnbringend an; im Kapitalismus sei ihre Anwendung höchstens in bescheidenen Teilbereichen möglich.

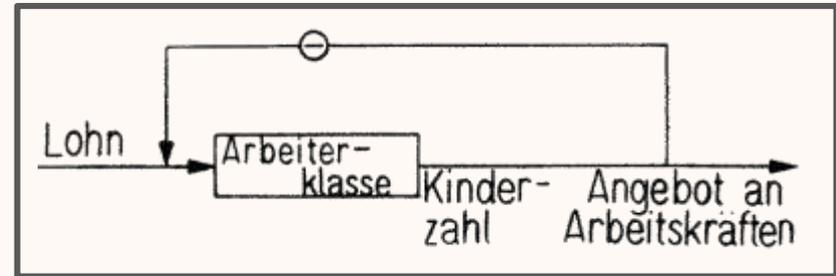


Neues Deutschland, 12.08.1961: Wie können kybernetische Grundeinsichten in der DDR gelehrt und popularisiert werden? *Prof. Klaus*: Auch die Popularisierung und Lehre der Kybernetik setzt die Überwindung der Literaturlücke voraus. Hier muss noch viel geschehen.

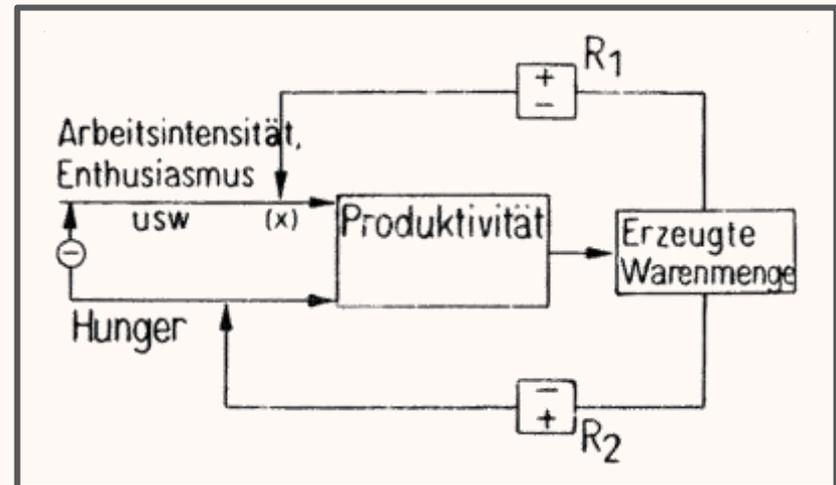


Kybernetik im Sozialismus (15)

Als Beispiel zwei Abbildungen aus „Kybernetik in philosophischer Sicht“ von Georg Klaus (1961). Im oberen Bild wird das eherne Lohngesetz von Ferdinand Lassalle in kybernetischer Weise mit einer negativen Rückkopplung dargestellt: Das System pendelt sich stets auf das Existenzminimum ein.



Das untere Bild soll u.a. zeigen, dass durch die kybernetische Modellierung Aspekte wie Enthusiasmus bei Arbeitern emergent werden.



Der Philosoph Hans Lenk warnt allerdings generell vor der unreflektierten Anwendung kybernetischer Modelle aus der Technik auf die Sozialwissenschaften: „Diese kybernetischen Modelle sind von hohem Wert für die Sozialwissenschaften [...] Doch muss klargelegt sein, dass es sich in ihnen um einen weiteren Begriff des Regelkreises handelt als

in der Regelungstechnik selbst: Die sozialen Wirkungsgefüge sind keine ausschließlich naturgesetzlichen Wirkungszusammenhänge. Die Gleichheit der Termini ‚Wirkung‘ im technisch-naturwissenschaftlichen wie im sozialen Bereich sowie die Übereinstimmung von formalen Grundstrukturen der Regelung haben eine voreilige Identifikation begünstigt.“ [Hans Lenk: Kybernetik – Provokation der Philosophie, 1971]



Kybernetik im Sozialismus (16)

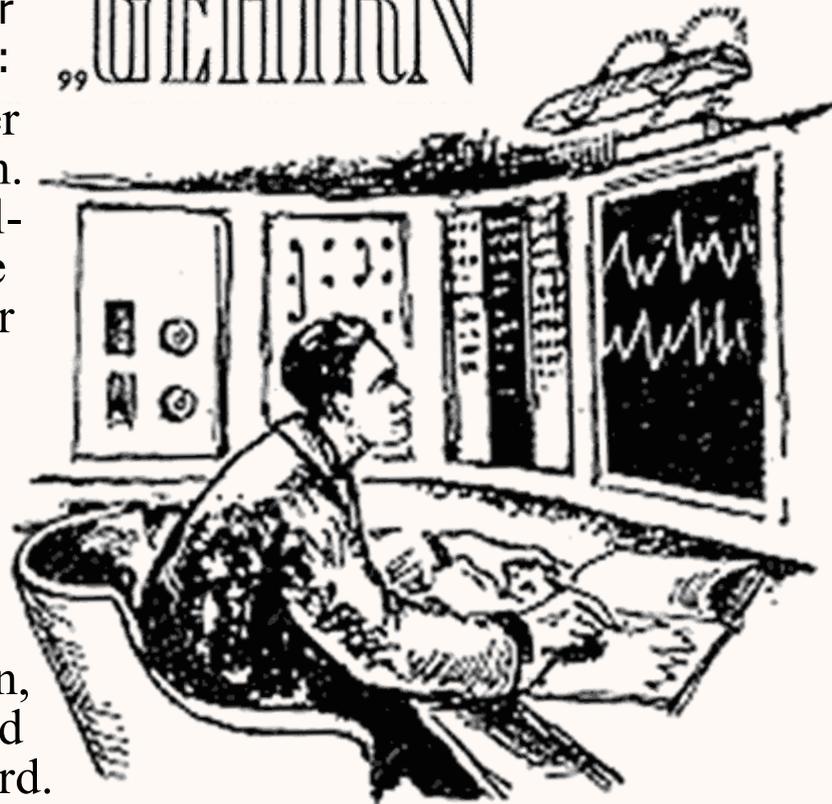
Georg Klaus veröffentlichte bereits 1951 einen Artikel „Das elektrische Gehirn“ [Die Neue Gesellschaft, 4(10), 779-782], der mit einer Lobpreisung des sowjetischen Kommunismus als „höchstem Zustand der menschlichen Gesellschaft“ beginnt und dann auf die Auswirkungen kybernetischer Maschinen im Sozialismus und Kapitalismus eingeht:

Im Kapitalismus müßte sich eine Vielzahl solcher Maschinen zum Fluch der Menschheit auswirken. Sie würde es dem Kapitalisten ermöglichen, zahlreiche qualifizierte Arbeiter abzubauen und ihre Tätigkeit durch die Arbeit unqualifizierter Arbeiter zu ersetzen, das heißt, es würde die industrielle Reservearmee vermehrt, der Preis der Ware Arbeitskraft herabgesetzt, die absolute Verelendung der Werktätigen vergrößert.

Erst die sozialistische Gesellschaftsordnung, in der Arbeitslosigkeit für ewig unmöglich geworden ist, wird das Zeitalter solcher Maschinen sein, ebenso wie sie das Zeitalter der Atomenergie und der planmäßigen Umgestaltung der Natur sei wird. In der Sowjetunion hat dieses Zeitalter bereits begonnen.

Das elektrische

GEHIRN⁹⁹





Kybernetik im Sozialismus (17)

Proletarier aller Länder, vereinigt euch!



NEUES DEUTSCHLAND

ORGAN DES ZENTRALKOMITEES DER SOZIALISTISCHEN EINHEITSPARTEI DEUTSCHLANDS

Kybernetik — keine Modesache

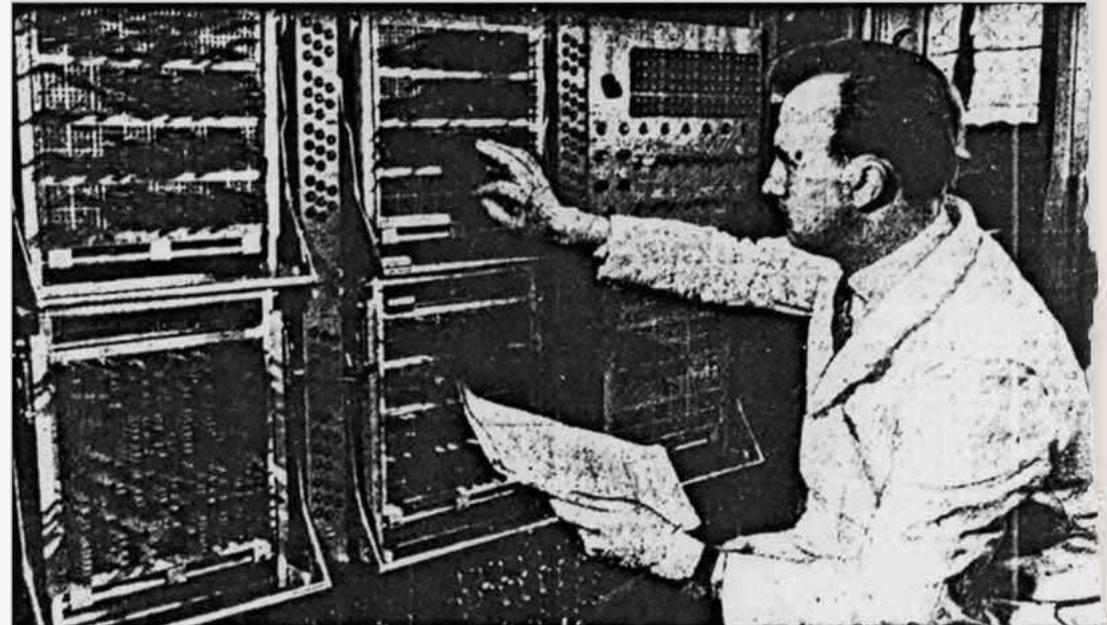
Interview mit Nationalpreisträger Prof. Dr. Klaus, Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften

ND: In vielen Ländern spielt die Kybernetik eine immer größere Rolle. Ist das nach Ihrer Meinung eine Modeangelegenheit oder muß man diese Entwicklung ernst nehmen und entsprechende Schlußfolgerungen für Lehre und Forschung in der DDR ziehen?

Prof. Klaus: Wenn die Kybernetik, die noch im Jahre 1947 Angelegenheit einiger weniger Gelehrter war, in nicht ganz 15 Jahren in fast allen Ländern der Welt Fuß gefaßt hat und ihren Einfluß auf immer neue Bereiche der Wissenschaft und der praktischen Produktion ausdehnt, so kann man das nicht als eine Modeangelegenheit betrachten. Es läßt sich vielmehr nachweisen, daß sehr wesentliche innere Entwicklungstendenzen in einer Reihe von Wissenschaften wie Biologie, Medizin, Theorie

der Information etc., neben Materie und Bewußtsein ein drittes Element in die Problematik der philosophischen Grundfrage, d. h. der Frage nach dem Verhältnis von Materie und Bewußtsein, eingeführt werden soll. Sie kommen auch zustande, wenn im Sinne des Behaviorismus behauptet wird, man könne nur die Verhaltensweise der Dinge, Prozesse, Systeme usw. analysieren und in wissenschaftlichen Gesetzen formulieren, nicht aber das, was die Dinge selbst sind.

Fretlich abstrahiert die Kybernetik in Ihren Untersuchungen von konkreten Material, aus dem die dynamischen selbstregulierenden Systeme, deren Untersuchung ihren Gegenstandsbereich bildet, bestehen. Sie interessiert sich auch nicht für die spezifische Natur der Energie, die diese Systeme in Bewegung setzt. Der Kybernetiker geht es nur um Verhaltensweisen besonderer Art. Aber von etwas abstrahieren heißt doch nicht dessen Existenz leugnen! Bei einer ins einzelne gehenden Analyse — und ich hoffe eine solche in meinem demnächst im Dietz Verlag erscheinenden umfangreichen Buch „Kybernetik in philosophischer Sicht“ gegeben zu haben — zeigt es sich, daß fast sämtliche Begriffsbildungen dieser neuen Wissen-



DEN SINNVOLLEN EINSATZ VON RECHENAUTOMATEN gewährleisten hochqualifizierte Programmierer. In der DDR wurden in den vergangenen Jahren an mehr Rechenzentren Programmierer ausgebildet, die mit dem zunehmenden Einsatz der Automaten vor verantwortungsvolle Aufgaben gestellt werden — Der „PRL“ (u. Bild) wird im VEB Elektronische Rechenmaschinen in Karl-Marx-Stadt gebaut — genieur Hansdieter Langer überprüft das Rechenprogramm.

Neues Deutschland, 12.08.1961: Gelegentlich ist gesagt worden, die Kybernetik enthalte idealistische Elemente. Teilen Sie diese Ansicht? Prof. Klaus: Es kann nicht bestritten werden, dass einige Vertreter der Kybernetik in den westlichen Ländern idealistische Auffassungen in diese neue Wissenschaft hineingetragen haben. Hier ist vor allem der Behaviorismus zu nennen, der seinem Wesen nach subjektiv-idealistisch ist. www.nd-archiv.de/ausgabe/1961-08-12



Kybernetik im Sozialismus (18)

In der Sowjetunion versucht in dieser Zeit u.a. Axel Iwanowitsch Berg, die Kybernetik hinsichtlich ihrer ideologischen Konsequenzen zu „entschärfen“, denn die kommunistische Doktrin ist eindeutig: Keine korrekte wissenschaftliche Disziplin kann und darf jemals den dialektischen Materialismus widerlegen. Berg schreibt dazu 1960 in einem Aufsatz *О некоторых проблемах кибернетики* (Über einige Probleme der Kybernetik) der Zeitschrift *Вопросы философии* (*Voprosy Filosofii*; deutsche Übersetzung aus „Ost-Probleme“, 1960, Band 12, S. 546-556):

Im Umkreis der Ideen Wieners entstand eine ungesunde Sensationsmache. Die westliche Presse gab sich große Mühe, die außerordentlich tiefgreifenden und wertvollen Vorstellungen des Verfassers der „Cybernetics“ zu verflachen und in entstellter Form darzulegen. All dies rief bei einem Teil der sowjetischen Intelligenz Vorsicht und Mißtrauen gegenüber dieser Wissenschaft hervor. Es ist leider eine Tatsache, daß die lange Hinauszögerung der Herstellung eines vernünftigen Verhältnisses zur Kybernetik unserer Wissenschaft und Technik unzweifelhaft geschadet hat. [...]

Absolut töricht und hoffnungslos sind sowohl der Skeptizismus in der Beurteilung der Kybernetik als auch die Versuche einiger enthusiastischer Wissenschaftler, Ingenieure und Schriftsteller, die Kybernetik als ein Äquivalent der philosophischen Theorie darzustellen und ihren Einfluß auf alle Wissensgebiete auszudehnen.

Natürlich hat auch die Kybernetik – wie die Mathematik, Physik und Biologie – ihre philosophischen Probleme. Es wäre jedoch ein grundlegender Fehler, die Kybernetik als eine philosophische Theorie zu betrachten, die den dialektischen Materialismus zu ersetzen vermöchte. Die dialektisch-materialistische Philosophie ist die Wissenschaft von den allgemeinen Entwick-



Kybernetik im Sozialismus (19)

lungsgesetzen der Natur, der menschlichen Gesellschaft und des Denkens. Die hauptsächliche Besonderheit der Philosophie besteht darin, daß sie eine Weltanschauung vertritt. Die Weltanschauung stellt ihr die Aufgabe, den Menschen eine Gesamtansicht der sie umgebenden Welt zu vermitteln und folgende Fragen zu beantworten: Was stellt diese Welt dar? Existiert die Welt von Ewigkeit her oder entstand sie auf diese oder jene Weise? Bleibt die Welt unveränderlich oder befindet sie sich in ständiger Entwicklung und Veränderung? Welchen Platz nehmen der Mensch und die menschliche Gesellschaft in der Welt ein? Die Frage nach dem Verhältnis des menschlichen Bewußtseins zum Sein und des Geistes zur Materie sowie die weitere Frage nach dem Urgrund: ob die umgebende Natur, die die Materie oder aber das Denken, der Geist, die Vernunft, die Idee das Primäre sei, stellt die Grundfrage der Philosophie als Weltanschauung dar. All dies sind wohlbekannte Wahrheiten. Aber schon aus dieser allgemeinen Charakteristik der Philosophie wird ersichtlich, wie sehr die Kybernetik sich sowohl ihrem Studienobjekt, als auch den ihr gestellten Aufgaben, als auch dem Ausmaß der Verallgemeinerung nach von der Philosophie unterscheidet und ihr gegenüber inkommensurabel ist. Und obschon die Kybernetik sich mit dem Studium komplizierter Entwicklungsprozesse befaßt, untersucht sie diese nur vom Gesichtspunkt des Steuerungsmechanismus aus. Sie hat kein Interesse für die dabei stattfindenden energetischen Wechselbeziehungen sowie für die wirtschaftliche, ästhetische und gesellschaftliche Seite der Erscheinungen. Die wechselseitigen Verbindungen der steuernden und steuerbaren Systeme unterliegen nur insoweit einem Studium durch die Kybernetik, wie sie sich mit Hilfe der Mathematik und der Logik formal ausdrücken lassen. Ihre entsprechende Aufgabe besteht darin, Empfehlungen in Bezug auf die besten Steuerungsverfahren und -methoden für die schnellstmögliche Erreichung eines gesteckten Zieles auszuarbeiten.



Kybernetik im Sozialismus (20)

Offiziell rehabilitiert wurde die Kybernetik in der Sowjetunion allerdings erst auf dem KPdSU-Parteitag von 1961, wo sie in Chruschtschows Parteitagsrede explizit erwähnt wurde: „Der Übergang zu vollkommensten automatischen Steuerungsanlagen wird sich beschleunigen. Kybernetik, elektronischen Rechenmaschinen und Steuerungsanlagen werden bei den Produktionsprozessen in der Industrie, der Bauindustrie und dem Verkehrswesen, im Forschungswesen, bei der Planung, beim Projektieren und Konstruieren in der Rechnungsführung und Verwaltung weitgehend angewandt werden.“ (Die sowjetische Boulevardpresse nannte Computer bald die „Maschinen des Kommunismus“.) In der DDR greifen Staatsoberhaupt Walter Ulbricht und das Zentralkomitee der SED die positive Würdigung der Kybernetik gleich nach dem KPdSU-Parteitag auf. Damit ist 1961 eine Kehrtwende vollzogen: Nachdem die Kybernetik bis dahin als idealistische Pseudowissenschaft einer bürgerlichen Ideologie gebrandmarkt wurde, rückt sie nun auch im Sozialismus in den Rang einer ernstzunehmenden und sogar heilbringenden wissenschaftlichen Disziplin.



Von nun an ging es schnell voran: Die Akademie der Wissenschaften der DDR gründete noch 1961 eine Kommission für Kybernetik (im Folgejahr eine „Sektion für Kybernetik“ und Ende der 1960er-Jahre ein eigenes „Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse“), ebenfalls 1961 wurde bereits eine erste wissenschaftliche Konferenz „Kybernetik - Philosophie - Gesellschaft“ veranstaltet. Im zugehörigen Tagungsband heisst es in seltener Offenheit: „Die Diskussion dazu hat auch die harte Tatsache an den Tag gebracht, dass wir in der DDR bei der Verbreitung und Anwendung der Kybernetik ohne jeden Zweifel einen beträchtlichen Terminverlust haben.“

Im Juni 1962 fand dann in Moskau eine grosse Konferenz zu philosophischen Problemen der Kybernetik statt, an der ca. tausend Wissenschaftler aus der Sowjetunion und mehreren sozia-



Kybernetik im Sozialismus (21)

listischen Staaten teilnahmen. Axel Iwanowitsch Berg als Initiator rief in einem Plenumsvortrag zu einer verstärkten Nutzung kybernetischer Methoden auf, insbesondere zur Erforschung der Anwendung elektronischer Rechenmaschinen auf ökonomische Probleme.

In den 1960er-Jahren erlangte die Kybernetik gleichsam den Status einer sozialistischen Leitwissenschaft. Technisierung und Verwissenschaftlichung der Industrie führten zu einem Bewusstseinswandel in der Staats- und Partielite; das gesellschaftliche Gesamtsystem wurde nun in moderner Weise als komplexes kybernetisches System begriffen, das in der DDR gut zum 1963 eingeführten „Neuen ökonomischen System der Planung und Leitung“ (NÖS) passte – eine Wirtschaftsdoktrin, die eine stärkere

Zum mehrfach erwähnten [Axel Iwanowitsch Berg](#) (1893 – 1979) gibt es eine traurig-komische Geschichte: Im Zuge der grossen stalinistischen Säuberungswelle Ende der 1930er-Jahre (die rund anderthalb Millionen Menschen betraf, von denen etwa die Hälfte erschossen wurde) wurde Berg, Sohn eines finnlandschwedischen Vaters und einer italienischen Mutter, als „Volksfeind“ verhaftet – trotz seiner grossen Verdienste in der Marine während des ersten Weltkriegs. Er verbrachte zweieinhalb Jahre in einem der berüchtigten Gulag-Lager. In Verhören sollte er unter Folter zu einem Geständnis hinsichtlich Sabotage und Spionage gezwungen werden. Er mimte schliesslich einen Zusammenbruch, bat um ein Blatt Papier und „gestand“ mehrjährige Spionageaktivitäten zugunsten der Schweizerischen Kriegsmarine. Sein Befrager beendete sofort das Verhör und rannte zu seinem Vorgesetzten, um die Neuigkeit von der Existenz einer der Sowjetadmiralität bisher unbekanntes eidgenössischen Kriegsmarine zu melden. Wie übel Berg dieser mutige Scherz genommen wurde, ist leider nicht überliefert.



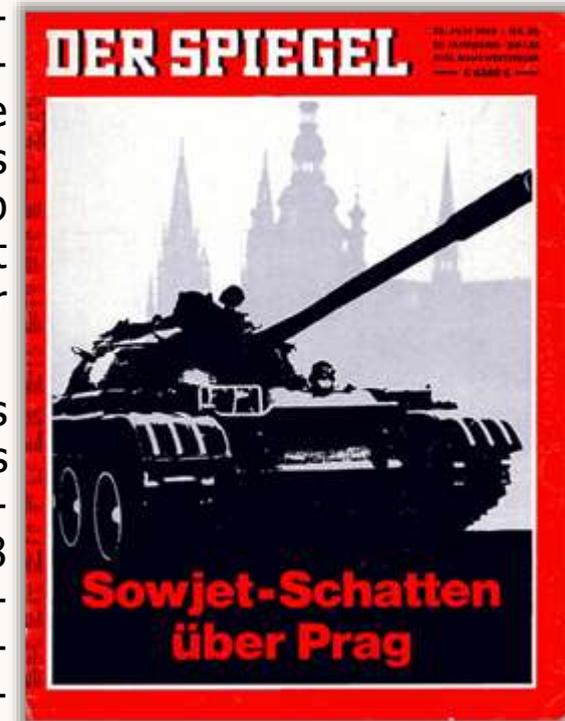


Kybernetik im Sozialismus (22)

Eigenständigkeit von Betrieben vorsah und Schwierigkeiten der zentralen Planwirtschaft durch Elemente des wirtschaftlichen Wettbewerbs überwinden sollte. Konsequenterweise beschliesst der Parteitag der SED 1963 ein Programm, das die Rolle der Wissenschaft bei der umfassenden Verwirklichung des Sozialismus betont und bei dem wörtlich festgehalten wird, „die Kybernetik ist besonders zu fördern“.

Etwas bissig, und sicherlich noch unter dem Eindruck des DDR-Mauerbaus von 1961, kommentiert 1963 der westdeutsche Professor Karl Steinbuch (ein Kybernetiker, der auch den Begriff „Informatik“ prägte) den plötzlichen Sinneswandel der DDR hinsichtlich der Kybernetik so: „[...] zeigt die Untersuchung lernfähiger technischer Systeme, dass die Entwicklung der Intelligenz die Freiheit von vorgeschriebenen Verhaltensnormen voraussetzt. Es dürfte den Parteiphilosophen schwerfallen zu begründen, weshalb dies nur für Automaten, nicht aber für Menschen gilt.“ Er behielt damit nicht ganz Unrecht, wie die Entwicklung nach dem „Prager Frühling“ von 1968 zeigen sollte.

Tatsächlich bekamen die noch immer einflussreichen Vertreter des klassischen Marxismus nach der gewaltsamen Niederschlagung des tschechoslowakischen Liberalisierungs- und Demokratisierungsprogramms durch Truppen des Warschauer Paktes im August 1968 Oberwasser. Die (kybernetische) Idee einer selbstregulierenden sozialistischen Marktwirtschaft schien nicht zu funktionieren, die zentrale Kontrolle konnte zu leicht entgleiten. Nach dem Prager Früh-





Kybernetik im Sozialismus (23)

ling wollte die SED-Spitze kein Nachdenken mehr über selbststeuernde Systeme; philosophisch-ideologische Alternativen, die in Konkurrenz zur klassischen sozialistischen Idee standen, erschienen zu gefährlich. Den Todesstoss erhielt die Kybernetik in der DDR aber schliesslich 1971 durch den Sturz von Walter Ulbricht und den Machtwechsel hin zu Erich Honecker als Ersten Sekretär des Zentralkomitees der SED. Unter Rückgriff auf alte Schablonen aus den 1950er-Jahren verkündete Honecker in seiner Rede auf dem 8. SED-Parteitag im Juni 1971: „Es ist nun endlich erwiesen, dass Kybernetik und Systemforschung Pseudowissenschaften sind“.

Kurt Hager, Mitglied des Zentralkomitees der SED und Chefideologe der Partei (und in den 1980er-Jahren entschiedener Gegner der Glasnost- und Perestroika-Politik der Sowjetunion) verfasste im November 1971 für das SED-Theorieorgan „Die Einheit“ gewissermassen einen Nachruf auf die Kybernetik: „...so können wir natürlich nicht zulassen, dass Kybernetik und Systemtheorie an die Stelle des dialektischen und historischen Materialismus, der politischen Ökonomie des Sozialismus, des wissenschaftlichen Kommunismus oder auch der sozialistischen Leistungswissenschaft treten ... und dass die Sprache einer Spezialwissenschaft die politische Sprache der Partei wird. Die Partei würde aufhören, eine marxistisch-leninistische Partei zu sein.“

Mit der erneuten Kehrtwende schliesst sich der Kreis – die Kybernetik und die mit ihr verbundenen Ideologien, Erwartungen und Sorgen hatten im Sozialismus innerhalb von rund 20 Jahren eine wilde Achterbahnfahrt durchgemacht. Zwar hält sich der Begriff zunächst noch in der Wissenschaft; seit Anfang der 1970er-Jahre spricht man, auch im Westen, an Stelle von Kybernetik aber immer öfter von Mikroelektronik, Computer und Informatik.



Computer Kybernetik im Sozialismus (24)

In den 1960er-Jahren herrschte in der DDR unter Walter Ulbricht noch Technikoptimismus. Unabhängig von den ideologischen Auseinandersetzungen um die Kybernetik war die Entwicklung und Anwendung von Computern ein wesentlicher Teil der DDR-Wirtschaftspolitik. Oliver Sukrow*) meinte dazu: „Optimistische Stimmen versprachen sich von der Automatisierung ganzer Industriebereiche einen bedeutenden Schritt in Richtung des utopischen Versprechens des Kommunismus, den Menschen von belastender Arbeit zu befreien und das ‚Reich der Freiheit‘ (Marx) zu errichten, also den Arbeiter, von der unmittelbaren Bedienung der Maschinen und Anlagen zu befreien, ihm Zeit zu geben für wirklich schöpferische Tätigkeit‘. [...] Grundsätzlich ist festzuhalten, dass mit den neuartigen Rechenmaschinen in der DDR Hoffnungen, Wünsche und Zukunftspathos verbunden waren. [...] Die Rechenmaschine kann als kleine, bereits realisierte Utopie gesehen werden, die wiederum selber in der Gegenwart dafür sorgen sollte, dass die sozialistische Zukunft wie geplant eintreten kann.“

Eine weit verbreitete DDR-Computeranlage ab den späteren 1960er-Jahre war die (nach dem Vorbild des IBM 1401 Computers konzipierte) Robotron 300 (10 kB Hauptspeicher, Taktfrequenz 100 kHz, 3000 bis 5000 Operationen pro Sekunde), im Bild auf der nachfolgenden Slide. Als 1969 „20 Jahre DDR“ gefeiert wurden, gehörte eine aufwändig gestaltete Ausstellung „Kämpfer und Sieger“ zum Festprogramm. Die Inszenierung moderner Technik war in dieser Ausstellung ein wichtiges Element, galt doch der Zustand der ökonomischen Basis als Indikator für die Entwicklung der Gesellschaft und des politischen Systems. Folgerichtig wurde

*) Oliver Sukrow: Arbeit. Wohnen. Computer.: Zur Utopie in der bildenden Kunst und Architektur der DDR in den 1960er Jahren, Heidelberg, 2018. Bild → https://fotothek.slub-dresden.de/fotos/df/hpm/0014000/df_hpm_0014788_002.jpg

RICHTIG

Die Bar ist nun





Computer Kybernetik im Sozialismus (25)



dort die Zukunftsmaschine Robotron 300 als „lebendiges Bild“ am Ende des Rundgangs präsentiert. Dazu nochmal Oliver Sukrow: „Unter dem Motto ‚Die DDR ist richtig programmiert‘ entwickelte sich eine erhöhte, in die Breite gestreckte Bühne, auf der Personal [...] die Fähigkeiten der Rechenmaschine vorführte. Auch sie waren als ‚typisch‘ gekennzeichnet – vier jüngere Männer, weißes Hemd mit dunkler Krawatte ohne Jackett – und entsprachen dem verbreiteten Bild des Computer-Arbeiters, wie es in der Tagespresse der DDR präsentiert worden war. Da es keine Klimaanlage gab, dürfte der R300 nur mit begrenzter Leistung oder nur sehr kurzzeitig betrieben worden sein. Außerdem verzichtete man auf die Magnetband-speicher, die einen eigenen Raum zum Schutz vor Staubverunreinigung benötigt hätten. Gleichwohl waren alle anderen Bauteile des R300 versammelt: der Bedientisch, im rechten Winkel dazu der Maschinentisch, rechts davon in größerem Abstand diese Lese-Stanzeinheit und der Paralleldrucker, an der rückwärtigen Wand mehrere Zentraleinheiten.“

Die DDR-Zeitung „Neue Zeit“ erwähnte noch einen besonderen Gag, mit dem die Technik den Besuchern näher gebracht werden sollte: „Im letzten Saal der Ausstellung finden die Gäste einen Robotron 300, dem die Besucher der Ausstellung aus einer Liste von 200 Fragen eine beliebige stellen können. Der Computer antwortet sekundenschnell.“ Die Frage, die Staats-oberhaupt Walter Ulbricht bei der Ausstellungseröffnung auswählte, lautete: „Wie schätzt der Rechner die Ausstellung ein?“ Die vorprogrammierte Antwort als Papierausdruck lautete: „Der Rechner ist mit der Ausstellung sehr zufrieden. [...] Wir gratulieren dem Politbüro des ZK der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands zum 20. Jahrestag der DDR.“ Die DDR feierte Halbzeit, war sich dessen aber nicht bewusst.



Mikroelektronik ~~Kybernetik~~ im Sozialismus (26)



Festumzug

~~Dog walking~~ 1987 in Ost-Berlin zum 750-jährigen Stadtjubiläum in der Karl-Marx-Allee (vor 1961: „Stalinallee“): Das volkseigene Büromaschinenwerk „Ernst Thälmann“ aus Sömmerda präsentiert den „Kleinrechner“ *Robotron 1715* (lizenziertes Z80-Clone mit 8-Bit-CPU; 64 kB Hauptspeicher und zwei 5.25“-Diskettenlaufwerken); im Hintergrund sind nicht etwa Marx und Engels, sondern eine Nachbildung des Goethe- und Schiller-Denkmal in Weimar zu sehen. Links oben: Erich Honecker mit seiner Ehefrau Margot, DDR-Ministerin für Volksbildung und mächtigste Frau der DDR, beim Festumzug.





Mikroelektronik Kybernetik im Sozialismus (27)



Bild links: Ein 1715-Kleinrechner mit einem Honecker-Portrait im DDR-Museum „Zeitreise“.

Daniel Ebert schrieb in *Der digitale Osten – Das Erbe der DDR-Computerpioniere* (Das Archiv 3/2015): „Der Desktop-PC Robotron 1715 aus dem VEB Robotron Büromaschinenwerk Sömmerda galt nach seiner Einführung 1985 als Standardcomputer der DDR – allerdings gelangte er höchstens über komplizierte Umwege in private Haushalte, denn im Einzelhandel war er nicht zu kaufen. Zudem ging fast die Hälfte der knapp 93 000 gebauten Exemplare direkt als Export in die Sowjetunion. Das Gerät wurde vor allem in staatlichen Betrieben, Behörden und Hochschulen eingesetzt; dort mussten sich mehrere Nutzer ein Gerät teilen und sich dafür rechtzeitig in einen Zeitplan eintragen. So war die Bezeichnung ‚persönlicher Computer‘ oder ‚Personal Computer‘ für die kollektiv genutzten Arbeitsplatzcomputer eigentlich unzutreffend.“

So schwer es war, an Ostrechner zu kommen, es war nicht weniger schwer, an einen der von vielen DDR-Computerfans bevorzugten Westcomputer zu kommen. Zum Zwecke der fortschreitenden Digitalisierung der DDR duldete die politische Führung allerdings den illegalen Import von Heimcomputern. Geschätzte 200 000 Commodores, Sinclairs und Ataris passierten bis zum Ende der DDR die innerdeutsche Grenze – gelegentlich im Gepäck von West-Omas. Auf dem Schwarzmarkt wurden bis zu 40 000 Ost-Mark für Computer geboten. Das war weit mehr, als ein gebrauchter Trabi kostete, und für die meisten Ostbürger unerschwinglich.“



PCs

Kybernetik im Sozialismus (28)

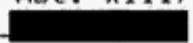
Abteilung XIII/2

Berlin, 21. 06. 1989

A 21 273/89

Bestätigt:
Leiter der Abt. XIII


Oberst

Leiter der Abt. XIII/5
Oberstltn. 

Bereitstellung von Hardware zur Ausstattung des Computerkabinettes des KFL Freienbrink

Für die Realisierung eines Computerkabinettes im KFL Freienbrink wurde der FDJ-GD XIII ein Verbandsauftrag erteilt.

Die Ausstattung des Kabinettes erfolgt vorrangig mit Technik des Computerkabinettes der FDJ. Die dort vorhandene Hardware bzw. notwendige Zusatzteile bedürfen teilweise der Ergänzung. Zur Erweiterung der hardwareseitigen Basis des Kabinettes im KFL Freienbrink ist vorgesehen, über die vorhandene Technik hinaus zwei NSW-Kleincomputer aus den Asservatebestand der Abt. XIII einzusetzen.

Darüberhinaus wird für den Zeitraum 06. 07. 1989 - 24. 08. 1989 ein PC 1715 leihweise benötigt. Dieser PC wird im KFL zur weiteren zielgerichteten Studienvorbereitung des mit der Durchführung der Arbeit des Computerkabinettes beauftragten Genossen eingesetzt.

Für Rücksprachen zur Klärung von Detailfragen steht ihnen Hptm.  (Tel. 305) zur Verfügung. Ich bitte um kurzfristige Veranlassung der notwendigen Maßnahmen.

Im Sommer 1989, kurz vor dem Zusammenbruch des DDR-Regimes, fand für 10- bis 14-Jährige in Freienbrink, im Südosten von Berlin, ein „Computerkabinett“, (neudeutsch Computercamp), im Rahmen eines Kinderferienlagers (KFL) statt. Organisiert wurden solche Veranstaltungen in der DDR vom kommunistischen Jugendverband FDJ („Freie Deutsche Jugend“).

Um dort moderne PCs nutzen zu können, wurde dem Ministerium für Staatssicherheit (MfS), bekannter als „Stasi“, der Auftrag erteilt, dafür aus dessen Beständen einen PC aus dem Westen (NSW steht für *nichtsozialistisches Wirtschaftsgebiet*) bereitzustellen.



Welcome Back, Comrade Lenin!



„Nur die Kybernetik kann uns noch helfen, auf die brennenden Fragen unserer Zeit und Gesellschaft . . .

. . . eine Antwort zu finden.“

Ko-, Ky-, KI-mmonismus?

Künstliche Intelligenz: Warum manche Ökonomen an ein Auferstehen des Kommunismus glauben. NZZ 26.09.2017

Die Kybernetik hatte die Aufgabe, eine Brücke zwischen Biologie und Technik zu schlagen sowie eine Sprache bereitzustellen, in welcher sich die beiden Seiten verständigen und bereichern konnten. Diese Aufgabe war erfüllt, als sich des allgemeine Interesse auf die Künstliche Intelligenz verlegte. – Heinz Zemanek

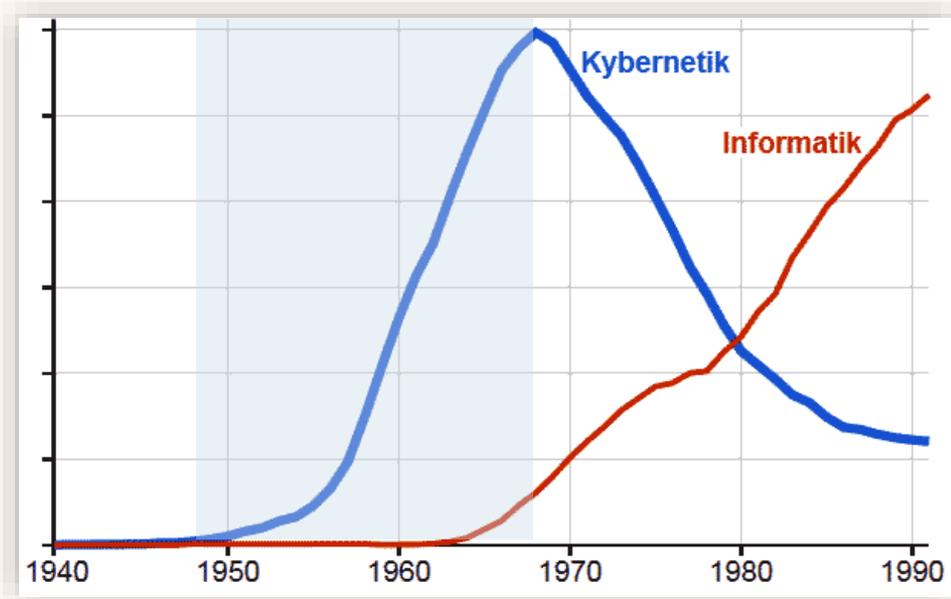
„Der Fortschritt nimmt zuweilen krumme Wege. Dazu gehört auch, dass ein Vertreter der Deutschen Bank sich durchaus vorstellen kann, dass mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) der Kommunismus funktioniert. Das kommunistische Wirtschaftssystem ist deshalb zusammengebrochen, weil ohne Marktpreise keine zuverlässigen Informationen über Kosten, Angebot und Nachfrage möglich waren. [...] Könnte nun aber das Informationsproblem mithilfe von künstlicher Intelligenz, Big Data und Robotik gelöst werden?

Wenn man einer Paneldiskussion in London, die vom Centre for the Study of Financial Innovation organisiert worden ist, folgt, liegt dies durchaus im Bereich des Möglichen. Charles Radclyffe von Deutsche Bank Labs lotet für das Finanzinstitut die Auswirkungen der neuen Technologien auf Finanzdienstleistungen aus. Dabei lässt er seinen Gedanken freien Lauf: Mit den selbstlernenden Algorithmen und der Verarbeitung riesiger Datensätze könne die Planwirtschaft die ihr innewohnenden Probleme der Ineffizienz und des Hangs zur Korruption überwinden.

Der Buchautor und Technologieberater Calum Chace stellt die Utopie einer ‚Raumschiff-Enterprise-Ökonomie‘ vor, die nicht weit vom Schlaraffenland entfernt ist: In einer Wirtschaft des Überflusses, getragen von künstlicher Intelligenz und Maschinen, verschwindet beinahe das Geld. Es wird geteilt und gratis konsumiert. [...] Ob der Phantasien der Diskutanten schüttelte der Moderator den Kopf und meinte, er habe Ähnliches schon von den Hippies in den 1960er Jahren gehört.“

Aufstieg und Abklingen der Kybernetik

Mit dem Erscheinen des Buches von Norbert Wiener **erglänzte die Kybernetik wie ein Meteor** und stieg in akademischen Kreisen wie bei den Medien zu einem zukunfts-trächtigen Wunderfeld auf. Aufstieg und Abklingen der Kybernetik bilden eine fesselnde Geschichte. **Heute ist vieles** von dem, was damals sensationelle Schlagzeilen machte, **zur Routine des Wissenschaftsbetriebes geworden**, über die man nicht viel redet. Nicht zuletzt durch die Kybernetik sind Modelle zum Allgemeingut geworden, sind Blockdiagramme zur Veranschaulichung von Funktionsweisen und Prozessen normale Werkzeuge der Überlegung und Darstellung. Wir sind, um es modern auszudrücken, modellorientiert geworden. Setzen wir eine Zeitskala an, dann fallen **Aufstieg und Blütezeit** in die zwanzig Jahre nach dem Erscheinen des Buches „Kybernetik“, das ist **1947 bis 1967**. [Heinz Zemanek in „Ausgewählte Beiträge zu Geschichte und Philosophie der Informationsverarbeitung“, 1988.] Und schon 1967 schrieb Zemanek: „Während das Wort Kybernetik auf der einen Seite als Markenzeichen höchster Modernität und mutiger **Progressivität** gilt, wagen andere es kaum, davon Gebrauch zu machen, aus Furcht, sich der **Unseriösität** schuldig zu machen.“



Worthäufigkeit eingescannter Bücher nach books.google.com/ngrams

Kybernetik *



„Das Missverständnis zwischen Aufsehen und konkreten Ergebnissen brachte die Kybernetik in Misskredit; Sensationshascherei machte sich in populärwissenschaftlichen Journalen und in der Tagespresse breit. Das Wort Kybernetik war nahe daran, ein Synonym für Jahrmärktsgetue und Pseudowissenschaft zu werden... Man schreibe kein Lehrbuch der Kybernetik – Norbert Wiener wusste, warum er keines schrieb.“ [Heinz Zemanek, 1964]

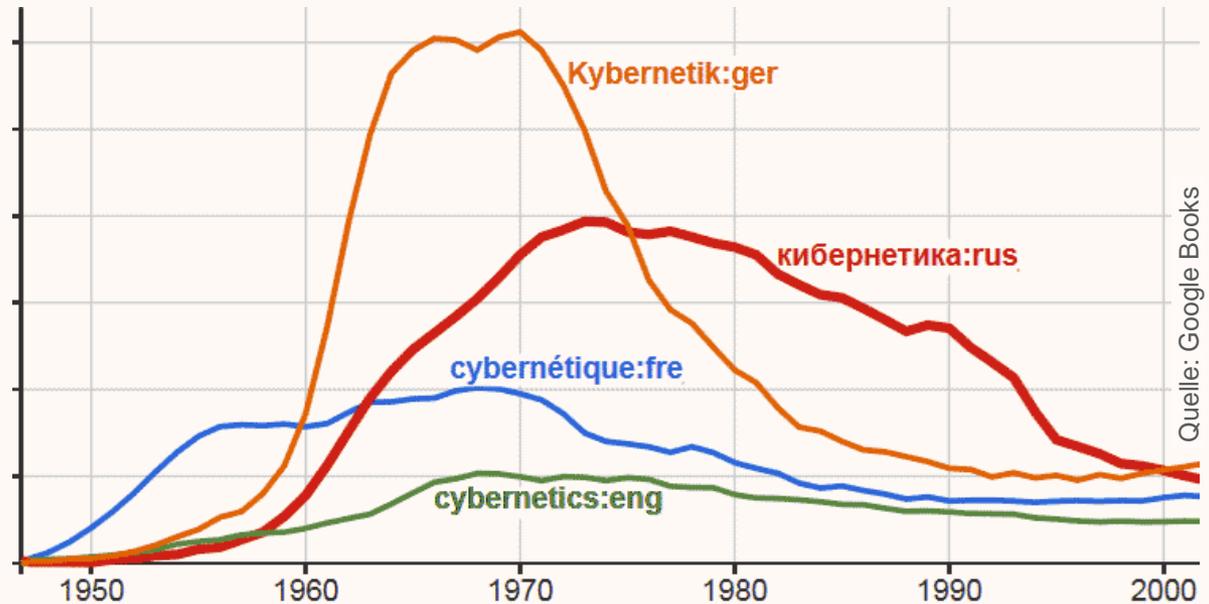


Cybernetics, кибернэтика, cybernétique,...

Im Vergleich zum englischen, deutschen und französischen Wortschatz setzte sich der Begriff „Kybernetik“ aufgrund des ideologischen Bannes im **Russischen** erst mit einigen Jahren Verzögerung durch. **Frankreich** hingegen adaptierte ihn relativ schnell. Tatsächlich publiziert Wiener sein Buch zur Kybernetik zunächst im August 1948 in Frankreich (auf Englisch; es erscheint erst 2014 ei-



Le père Dominique Dubarle, *Cybervisionnaire*



ne französische Ausgabe!), und im Dezember 1948 publiziert der Dominikaner und Philosoph Dominique Dubarle (1907 – 1987) in der einflussreichen Zeitung „Le Monde“ einen Artikel *Une nouvelle science : la cybernétique - Vers la machine à gouverner?* (mit dem finalen Statement „Il ne serait peut être pas mauvais que les équipes présentement créatrices de la cybernétique adjoignent à leurs techniciens venus de tous les horizons de la science quelques anthropologues sérieux et peut-être un philosophe curieux de ces matières“). 1949 gründet der Mathematiker Robert Vallée (1922 – 2017) den „Cercle d’études cybernétiques“, dem einschlägige französische Wissenschaftler verschie-

La cybernétique

dener Gebiete beitreten, und in dem in den 1950er-Jahren diverse mit der Kybernetik zusammenhängende Aspekte diskutiert werden. Und schon 1951 findet in Paris ein grosser Kongress „Les machines à calculer et la pensée humaine“ statt, an dem führende Kybernetiker (u.a. Wiener, Ashby, Couffignal) teilnehmen. In der Folge werden von einigen Mitgliedern des „Cercle d'études cybernétiques“ einschlägige (später auch ins Englische oder Deutsche übersetzte) Sachbücher veröffentlicht, wie zum Beispiel 1953 von Pierre de Latil *La pensée artificielle : introduction à la cybernétique*, 1954 von Georges Théodule Guilbaud *La Cybernétique* oder 1955 von Albert Ducrocq *Découverte de la cybernétique*. Sie lösen eine breite, oft begeisterte, teilweise aber auch kontrovers geführte Diskussion aus, in der u.a. vor dem Begriff der Kybernetik als schwammigem Allheilmittel gewarnt wird und an der sich auch die seinerzeit starke (und zeitweise an der Regierung beteiligte) kommunistische Partei Frankreichs mit ihren aus der Sowjetunion übernommenen ideologischen Thesen beteiligt. In der akademischen Welt wird auf diese Weise die Grundlage für die theoretische Informatik als Wissenschaftsgebiet gelegt; eine Stimulation der Industrie in Bezug auf Automatisierungstechnik, Computer oder Informationstechnik lässt sich daraus allerdings nicht direkt ableiten.



Une nouvelle science : la cybernétique – Vers la machine à gouverner?

Erstaunlich aktuell klingt die zugleich faszinierende wie erschreckende Vision von [Dominique Dubarle](#) über die Möglichkeiten der „neuen Wissenschaft“ in seinem frühen Artikel „Une nouvelle science : la cybernétique - Vers la machine à gouverner?“ von 1948:

Une des perspectives les plus fascinantes ainsi ouvertes est celle de la conduite rationnelle des processus humains, de ceux en particulier qui intéressent les collectivités et semblent présenter quelque régularité statistique, tels les phénomènes économiques ou les évolutions de l'opinion. Ne pourrait-on imaginer une machine à collecter tel ou tel type d'informations, les informations sur la production et le marché par exemple, puis à déterminer en fonction de la psychologie moyenne des hommes et des mesures qu'il est possible de prendre à un instant déterminé, quelles seront les évolutions les plus probables de la situation?

Eine der faszinierendsten sich eröffnenden Perspektiven ist die einer rationalen Steuerung menschlicher Prozesse, insbesondere hinsichtlich von Gemeinschaften, die gewisse statistische Regelmässigkeiten aufzuweisen scheinen, etwa ökonomischer Phänomene oder einer Evolution von Meinungen. Könnte man sich nicht eine Maschine vorstellen, die diese oder jene Art von Informationen sammelt, Informationen über die Produktion oder den Markt beispielsweise, um dann auf Basis der Psychologie eines durchschnittlichen Menschen und angesichts der Möglichkeiten, die er zu einem bestimmten Zeitpunkt ergreifen kann, die wahrscheinlichsten Entwicklungen der Situation zu bestimmen?

Kybernetik in Österreich: Heinz Zemanek

Zu den Anfängen der Kybernetik in **Österreich** ein Zitat von **Heinz Zemanek**: „Ich wurde von Prof. Ernst Felix Petritsch darauf aufmerksam gemacht, der mir, wie seine Widmung festhält, am 12. Apr. 1952 das Buch 'Cybernetics' von Norbert Wiener schenkte. Damit begann für mich die Kybernetik – und für Österreich.“ Zemanek konstruierte mit seiner Forschungsgruppe mehrere kybernetische Modelle und Geräte, baute 1955–58 den transistorbasierten Mailüfterl-Computer und entwickelte für IBM eine formale Definition der Programmiersprache PL/I.



Diplomarbeit von Hans Bielowski 1965 bei H. Zemanek: Transistorisierte kybernetische Schildkröte, ausgestellt im österreichischen Pavillon bei der World Expo 1981 in Montreal.

“The **artificial tortoise** looks only slightly like a tortoise and was not intended to imitate one. Rather, it is a model for the conditioned reflex [...]. British neurologist W.G. Walter recognized that this model could be made electronically and built a little covered vehicle (hence the name tortoise), containing a lamp and whistle. Symbolizing food and sound respectively if the vehicle has an obstacle, the cover closes a contact; the model rolls back and tries again, adjusting a little more to the right or left. This creates the impression of animal behavior. The first Vienna model was a copy of Walter's model and represented Austria at the first cybernetics congress in Namur in 1956.”

<http://cyberneticzoo.com/tag/heinz-zemanek/>

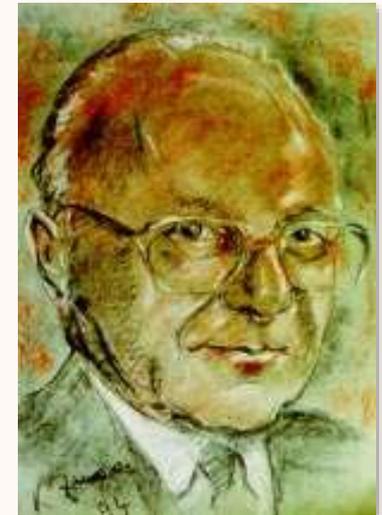
Heinz Zemanek

Heinz Zemanek (1920–2014, Promotion 1951 über „Zeitteilverfahren in der Telegraphie“; ab 1964 Professor an der TH Wien) war ein österreichischer Computerpionier.

Sein **Mailüfterl**-Rechner bestand aus ca. 3000 Transistoren, 5000 Dioden, 15000 Widerständen und 5000 Kondensatoren; seine Taktfrequenz betrug 132 kHz. „Ich hätte gerne einen Rechner mit ganz schnellen Transistoren gebaut, aber was mir Philips damals anbieten konnte, waren ziemlich langsame Hörgerät-Transistoren. Auf dem Weg zurück von Holland war ich auf der ersten deutschen Computertagung in Darmstadt und berichtete dort von meinen Plänen. Wegen der geplanten Rechengeschwindigkeit machte ich die Bemerkung: Ein ‘Wirbelwind’, das war damals eine Maschine des M.I.T., könne es nicht werden, aber auf ein Wiener Mailüfterl sollte es reichen. Dieser Name gefiel den deutschen Professoren ausserordentlich, und sie drängten mich, ihn beizubehalten, was ich dann auch tat.“

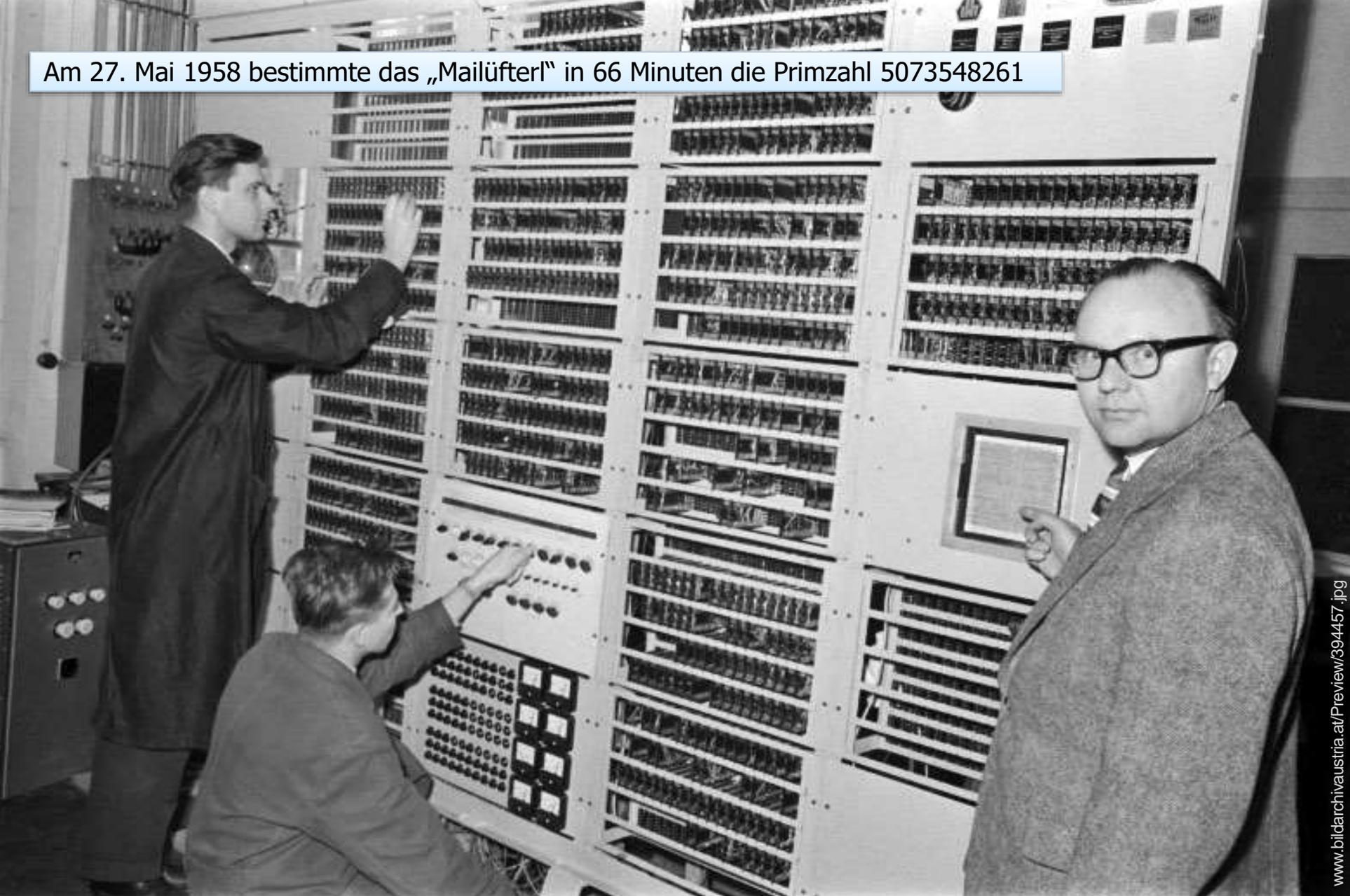
www.heise.de/tp/artikel/5/5163/1.html

ZEMANEK, Heinz
Österr. Kybernetiker. 1964ff ao. Prof.
f. Niederfrequenz-Nachrichtentechnik a.d. TH/
Techn.Univ. Wien. Seit 1976 auch 'IBM-Fellow'
(Forschungstätigkeit nach eig. Wahl) in den
IBM-Laboratorien Böblingen b. Stuttgart. 1971-
1974 Präs. der IFIP (Intern.Feder.f.Informat.
Process). 1975-76 Präs. der Österr. Computer-
Ges.
* Wien 1920 I 1
+
Pgf 42.241 /:Pers.Mttlg;KüGe;
 Österr.Amtskalender: /



Heinz Zemanek, gemalt von Konrad Zuse

Am 27. Mai 1958 bestimmte das „Mailüfterl“ in 66 Minuten die Primzahl 5073548261



1958: Heinz Zemanek mit zwei Technikern am ersten Elektronenrechner Österreichs, dem Mailüfterl, auf den Kernspeicher (mit 50 Wörter zu 48 Bit) zeigend. Der Projektname faszinierte Journalisten, ärgerte aber die Politiker.



Bedieneinheit und eine der ca. 1000 Platinen des Mailüfterls [Q: Wikipedia]
 1954 reist Zemanek zur Firma Philips nach Holland, um dort wegen einer Sachspende vorzusprechen; er erhält schliesslich insgesamt 3000 der damals noch teuren Transistoren. „Mein Mailüfterl war eine völlig illegale Unternehmung. Ich war weder berechtigt noch verpflichtet, einen Computer zu bauen. Ich habe das einfach mit meinen Möglichkeiten hier in Angriff genommen und bis zum Ende durchgeführt.“



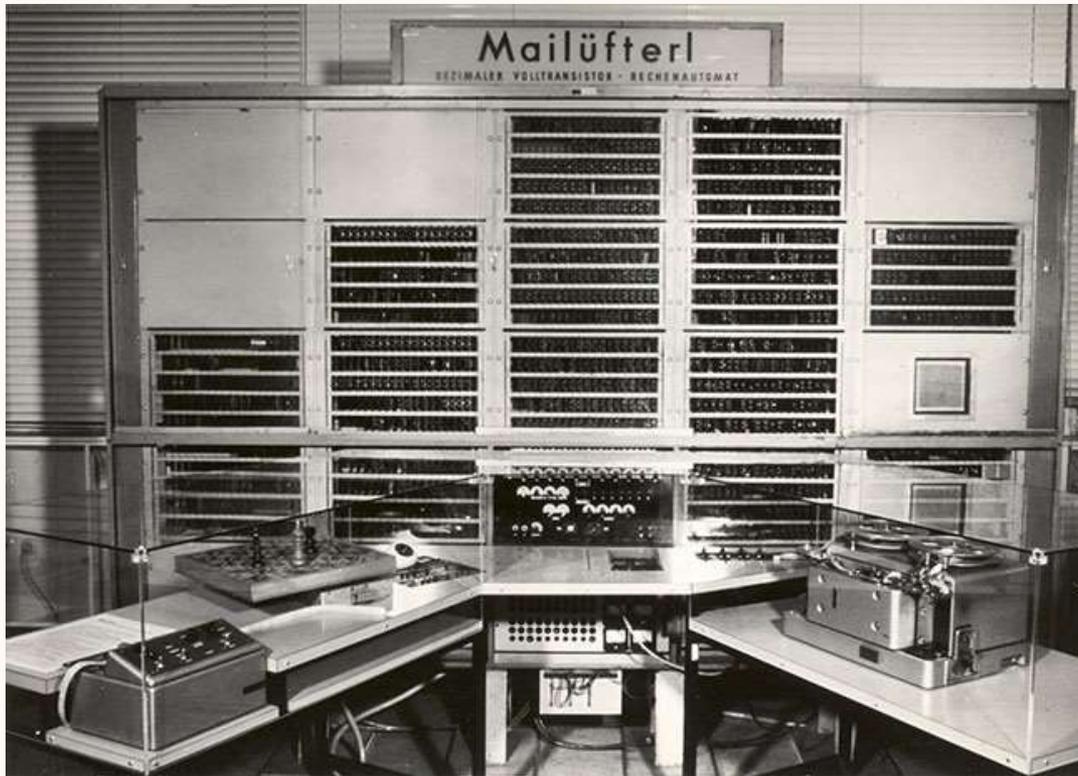
Zemaneks Mailüfterl

Gunda Schrickler (bis 1981: Gudrun Hecht) arbeitete nach einem Studium der Mathematik und Physik in Erlangen bei Siemens in der Entwicklung. 1961 unternahm sie eine mehrtägige Informationsreise zum Entwicklungsteam des Mailüfterl. Jahrzehnte später berichtet über ihren Besuch:

Das Mailüfterl-Labor in Wien war nun etwas ganz Neues für mich. Was habe ich noch in der Erinnerung? Herr Bandat arbeitete an einem Spracherkennungsprogramm, das er für das Mailüfterl schrieb. Er erklärte mir voll Stolz, dass er die Maschine bereits so weit habe, dass sie den Vokal „a“ erkennen könne. Das geht über die Formanten: unabhängig von der individuellen Tonhöhe eines Sprechers hat jeder Vokal bestimmte Frequenzen, die Formanten, die ihn von anderen Vokalen unterscheiden. Und deren Erkennung konnte Herr Bandat, wenigstens für das „a“, schon programmieren. [...] Herr Kudielka führte mir vor, wie er die Hardware des Mailüfterl reparierte. Es funktionierte wieder einmal ein bestimmter Befehl nicht. Da nahm er mich mit hinter den Rechner. Ich muss vorher noch den Raum beschreiben: Das Labor war ein mittelgrosser Raum, an dessen Fensterfront ein langer Labor- bzw. Arbeitstisch aufgebaut war. Alle hatten an diesem Tisch ihren Abschnitt, wo sie entweder ihre elektronischen Versuche aufgebaut hatten, oder ihre Programme schrieben. Der Tisch war vielleicht sechs oder acht Meter lang. In der Mitte des Raumes stand das Mailüfterl: ein stabiles Regalgestell, aus Metall denke ich, mit grossen Einschüben für die einzelnen Module des Rechners. Auf der Vorderseite, wie das so in Labors üblich ist, waren die Module mit verschiedenen Kippschaltern, Drehschaltern, Lämpchen usw. bestückt. Auf der Rückseite lagen die Eingeweide des Mailüfterl offen: Transistoren, Kondensatoren, sowie ein einziges Gewirr aus Steckverbindungen und leeren Buchsen. Dorthin nahm mich Herr Kudielka also mit, als dieser bestimmte Befehl nicht funktionierte. „Schauen Sie mal!“ Er schnipste mit dem Zeigefinger an einen bestimmten Transistor oder Kondensator, wo er den Wackelkontakt vermutete, und sah mich dann triumphierend an: „So, das war die Reparatur!“ Frau Rothauser hatte beim Bau des Kernspeichers fest mitgeholfen. Sie erzählte mir, wie sie eigenhändig die kleinen Magnetkernchen, vielleicht einen halben Zentimeter gross, auf die zwei Magnetisierungsdrähte fädelt, und dann noch den Lesedraht durchfädelt. „Das war eine Arbeit, das dürfen Sie mir glauben!“

Zemaneks Mailüfterl

Ein mehr als zwei Meter hohes und mehrere Meter breites graues Gestell. Damals gab es weder Bildschirm noch Tastatur, der Rechner arbeitete mit Lochstreifen. -- Österreichischer Rundfunk, 2013



www.warp2search.at/forum/attachments/mail%C3%BCfterl-.jpg.3793/

für einen Politiker eher ungewöhnlich ist. Seine Begeisterung für Kybernetik und Computer brachte ihn schliesslich dazu, sich als Privatschüler bei Heinz Zemanek anzumelden, der damals Leiter eines Forschungslabors von IBM in Wien war. Er schreibt, wie er als Bundeskanzler um 1968 jeden Morgen vor seinem Erscheinen im Amt zu Zemanek geht und von ihm Unterricht erhält. Zum Abschluss dieser Aus- und Weiterbildung schreibt der Bundeskanzler Klaus selbst ein kleines Fortran-Programm, das auf dem Computer auch zum Laufen gebracht werden

Zu Zemanek noch eine nette Anekdote: Der frühere [österreichische Bundeskanzler Josef Klaus](#) schrieb in einem Buch, das er 1971 als eine Art Rechenschaftsbericht über seine politischen Aktivitäten veröffentlichte [Josef Klaus: Macht und Ohnmacht in Österreich, Konfrontationen und Versuche. 1971], „die [Kybernetisierung der Menschheit](#) kommt mit Riesenschritten auf uns zu.“ In seiner vorherigen Rolle als Finanzminister erwarb er die erste IBM 360, die er auch selbst feierlich in Betrieb nahm. Josef Klaus bezieht sich in seinem Buch auf N. Wiener und W. Ross Ashby, was

Zemaneks Mailüfterl

konnte. Eine untypische Geschichte, denn man wird auch in anderen Ländern kaum Spitzenpolitiker finden, die sich in morgendlicher Frühe einem Privatunterricht in Kybernetik unterziehen!

Anekdote nach: „Geschichte der Kybernetik“ (Albert Müller), Österr. Zeitschrift für Geschichtswissenschaften, 19(4), 2008, S. 113-125

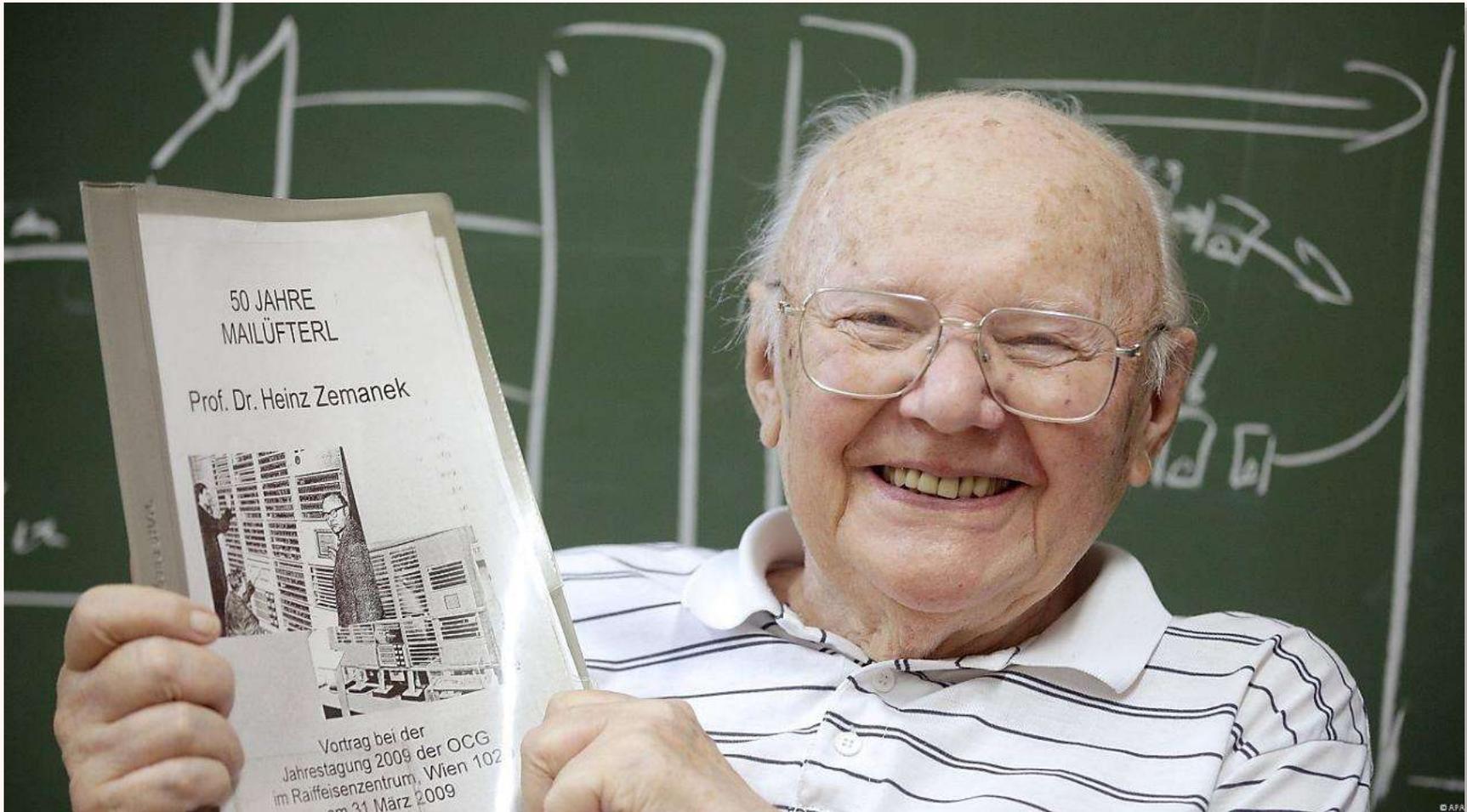


Der Versuch, auf dem Mailüfterl ein Schachprogramm laufend zu machen, scheiterte, weil sich die ausführende Programmiererin nicht auf mein bescheidenes Ziel beschränken ließ, nur das Endspiel-Programm (Automat: König und Turm. Mensch: König) anzugehen, wie es der Spanische Automatenbauer Leonardo Torres y Ouevedo im Jahre 1912 mit rein mechanischen Mitteln realisiert hatte. Sie plagte sich um ein vollständiges Schachspiel-Programm und das war nicht zu machen.

-- Heinz Zemanek

*Im Rahmen des Wechsels von Heinz Zemanek in die Forschung bei IBM erfolgte im August 1961 der **Umzug des Mailüfterl** offen auf einem Schwerlastanhänger von der TH Wien über die Wiener Ringstrasse zum IBM-Gebäude am Stubenring.*

Heinz Zemanek (1920 – 2014)

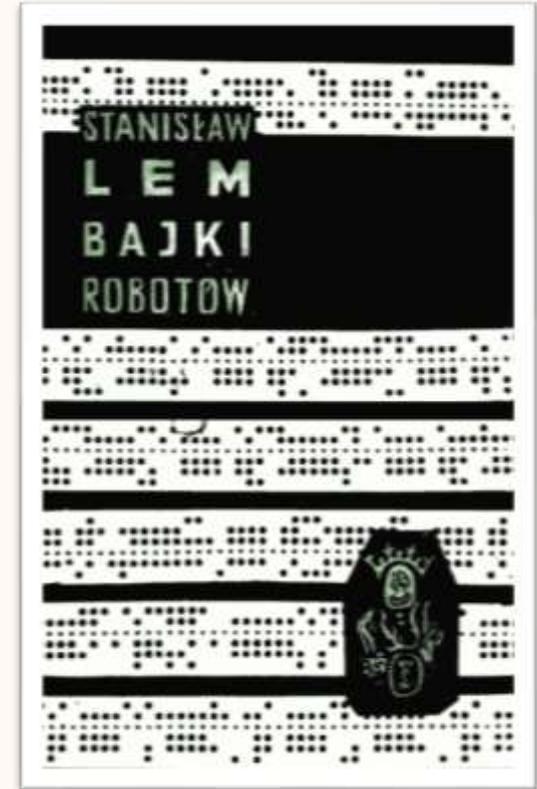


<http://cdn.salzburg.com/nachrichten/uploads/pics/2014-07/original/computerpionier-heinz-zemanek-94-jaehrig-gestorben-41-53774449.jpg>

Kyberkrebse, Kyberfiedeln, Kyberwaffen

[Stanislaw Lem](#) (1921 – 2006), begnadeter polnischer Essayist sowie Science-Fiction-Autor, liebte Wortspiele und fantasievolle sprachliche Neuschöpfungen in gleichem Masse, wie die Übersetzer seiner Werke diese fürchten. 1964 erschienen in Polen seine „[Robotermärchen](#)“ (polnischer Originaltitel: „Bajki robotów“; deutsche Version um 1970) – mehrere Erzählungen, die alle auf von Robotern besiedelten Planeten stattfinden und von klassischen Märchenthematen handeln, wobei jedoch statt Menschen Roboter auftreten. Im „Märchen von der Rechenmaschine, die gegen den Drachen kämpfte“ konnte Lem den Begriff „[Kybernetik](#)“ in vielfältigen Wortneuschöpfungen anwenden; gleichzeitig prognostiziert er – vor über 50 Jahren geschrieben – als Parodie und mit beiläufiger Ironie heutige Hypes wie das [Internet der Dinge](#) sowie Gegenstände mit eingebetteter [KI](#). Das Märchen beginnt so:

Der Beherrscher der Kyberei, König Poleander Partobon, war ein großer Krieger. Er huldigte aber den Methoden der modernen Strategie, und über alles schätzte er deshalb die Kybernetik als Kriegskunst. Sein Königreich wimmelte von Denkmaschinen, denn Poleander bestückte alles damit, was nur anging, und nicht etwa bloß astronomische Observatorien oder die Schulen; nein, in jeden Stein auf der Landstraße ließ er ein elektrisches Kleinhirn einbauen, auf daß es die Wanderer laut vor dem Straucheln warne, und ebenso in alle Masten, Mauern und Bäume, damit überall der Weg erfragt werden konnte, unter die Wolken, damit der Regen im voraus verkündet würde, und in alle Berge und Täler. Kurzum, auf der Kyberei konnte man keinen Schritt tun,



ohne über eine denkende Maschine zu stolpern. Schön war es auf dem Planeten. Denn nicht nur das längst Bestehende ließ der König kraft seiner Erlasse kybernetisch vervollkommen. Seine Gesetze bewirkten oft auch völlige Neuordnung. Somit produzierte sein Königreich Kyberkrebse und summende Kyberwespen, ja sogar Kyberfliegen, und mechanische Spinnen fingen sie weg, wenn sie sich zu stark vermehrt hatten. Auf dem Planeten säuselte Kyberdickicht im Kyberforst, da sangen Kyberkästen und Kyberfiedeln, doch außer diesen zivilen Einrichtungen gab es doppelt so viele militärische, denn der König war ein ungemein streitbarer Feldherr. Im Tiefbau seines Palastes hatte er eine strategische Rechenmaschine von schlechthin außerordentlicher Tapferkeit. Er hatte auch andere, kleinere, und überdies kyberkalibrige Maschinengewehrdivisionen und so manche gewaltig dicke Kyberta und Zeughäuser voll anderer Waffen jeder Art und voll Pulver. Ein einziger Mangel plagte ihn, und er litt darunter sehr. Er hatte nämlich keinerlei Feinde oder Gegner, und in sein Reich wollte durchaus niemand einfallen, wobei sich doch zweifellos unverzüglich des Königs dräuender Mut und strategischer Verstand offenbart hätten, ebenso wie die schlechtweg einzigartige Wirkkraft der Kyberbewaffnung.

Stanisław Lem

Robotermärchen

Bibliothek Suhrkamp



Im Märchen tauchen dann noch Kyberkerls, Kyberbolde (Kobolde mit Rückkopplung), Kyberäle etc. auf. Wie es weiter- und ausgeht, wird hier nicht verraten, aber jedenfalls beschloss der König dann, sich nur noch mit friedlicher Kybernetik zu befassen und die Finger von der kriegerischen zu lassen.

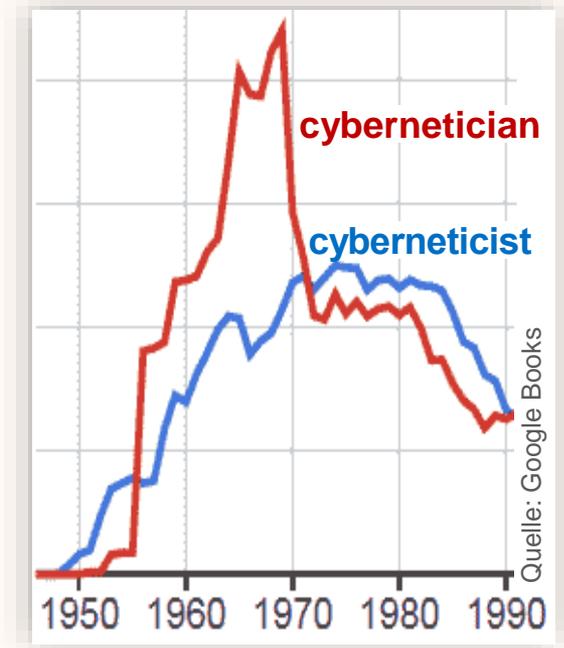
Stanislaw Lem schrieb zahlreiche Romane und Erzählungen; er war ein brillanter Visionär und Utopist, der viele Technologien (wie z.B. Nanotechnologie, neuronale Netze oder virtuelle Realität) Jahrzehnte vor ihrer tatsächlichen Entwicklung erdachte, Zukunftsprobleme erfasste und alles auch in wissenschaftstheoretischer, philosophischer und ethischer Hinsicht poetisch-kritisch thematisierte.

zehnte vor ihrer tatsächlichen Entwicklung erdachte, Zukunftsprobleme erfasste und alles auch in wissenschaftstheoretischer, philosophischer und ethischer Hinsicht poetisch-kritisch thematisierte.

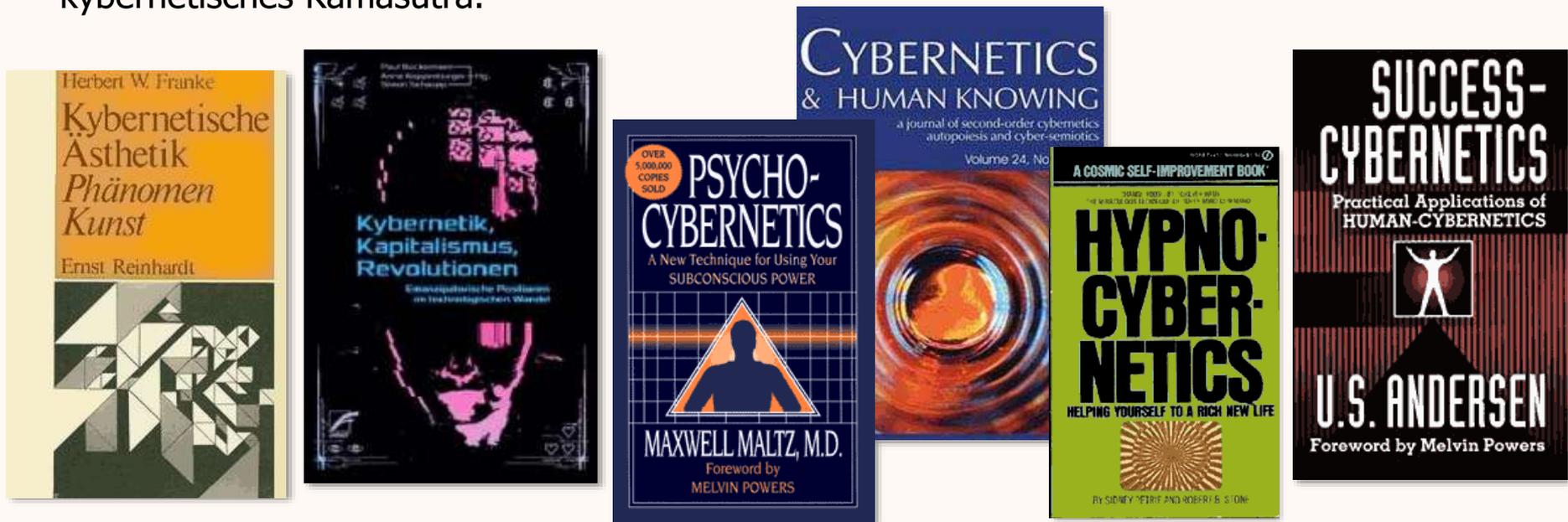
Kybernetik wurde zu einer Mode

Ende der 1960er-Jahre erreichte die Begeisterung für die Kybernetik – jedenfalls in der Wissenschaft, insbesondere den etablierteren Gebieten – ihren Höhe- und Umkehrpunkt. Der Philosoph (und Olympiasieger im Rudern) Hans Lenk schildert dies in seinem Aufsatz „Kybernetik – Provokation der Philosophie“ von 1971 in netter Weise so:

Cyberneticist – Kybernetiker – fast ein Schimpfwort: Selbst mit der Laterne des Diogenes fände man am Massachusetts Institute of Technology keinen Kybernetiker. Dort seien Informationstheoretiker, Regelungstechniker, Elektroniker, Computertechniker in der Forschung beschäftigt, aber Kybernetiker wollte sich niemand mehr nennen, seit so viele Leute auf den „cybernetic bandwagon“ aufsprangen, seit so viele mit der Mode Kybernetik zu reüssieren suchten. So berichtete der MIT-Professor Rosenblith. Auch in Europa sehen Aussenstehende „den Computer-Fachmann als Kybernetiker an, während die Computer-Fachleute den Kybernetiker als einen etwas abseitigen Sonderling betrachten“. Der Kybernetiker scheint ein letztes Reservat intellektueller Narrenfreiheit zugestanden zu bekommen, die es ihm „ermöglicht, als etablierter Fachmann eines klassischen Gebiets ‚gewagte‘ Gedanken zu äussern, die eigentlich einem anderen Gebiet angehören“ (Zemanek) – also Kybernetik als intellektuelles Niemandsland, in dem nur freies Vagabundieren möglich – und auch modisch ist? In der Tat: Kybernetik wurde zu einer Mode.

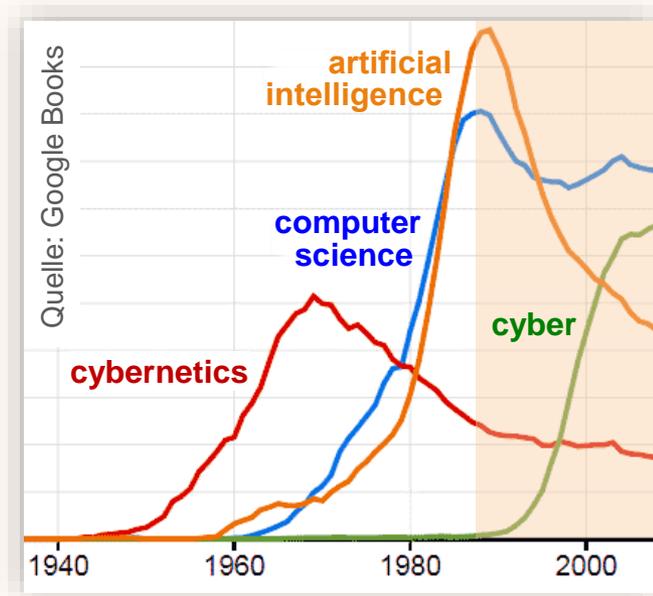
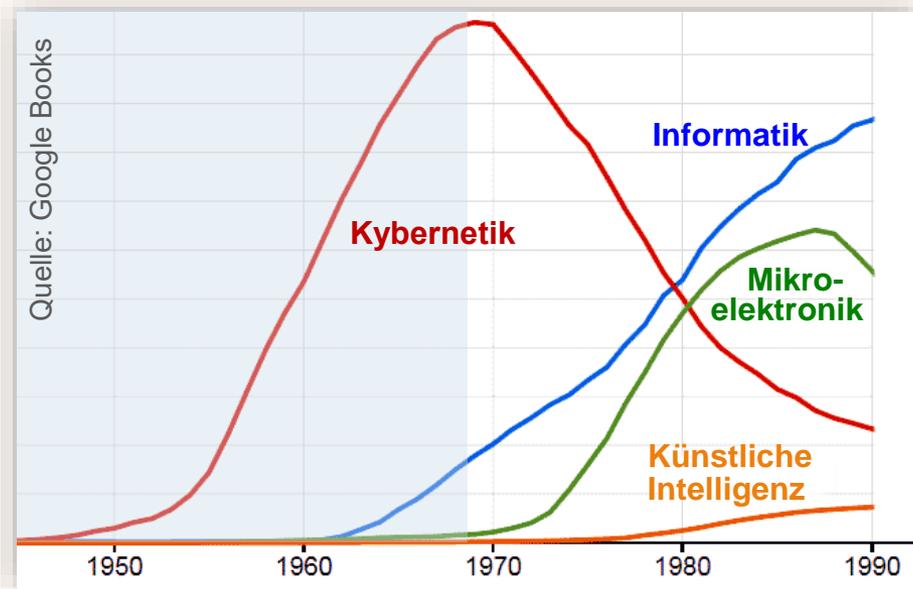


In Berlin wird der 1970 an der Technischen Universität gegründete Fachbereich „Kybernetik“ schon bald, nämlich bereits 1976, wieder umbenannt – in „Fachbereich Informatik“. Der allgemeine Rückzug der Wissenschaft vom Begriff „Kybernetik“ beruht auch auf einer breit wahrgenommenen Desillusionierung: Als Meta-Theorie, oft überhöht verstanden als die Wissenschaft von „fast allem“, konnte sie den damit verbundenen Erwartungen nicht gerecht werden; ferner wurde der schon leicht esoterisch klingende Begriff durch unqualifizierten Gebrauch zunehmend mystifiziert und verwässert. Bald gab es nicht nur eine kybernetische Pädagogik und Didaktik, sondern auch eine kybernetische Medizin, Kunst, Architektur, Astrologie, Metaphysik, Verkaufstechnik, Biopolitik, Kultur (aber auch Gegenkultur); sogar ein kybernetisches Kamasutra.



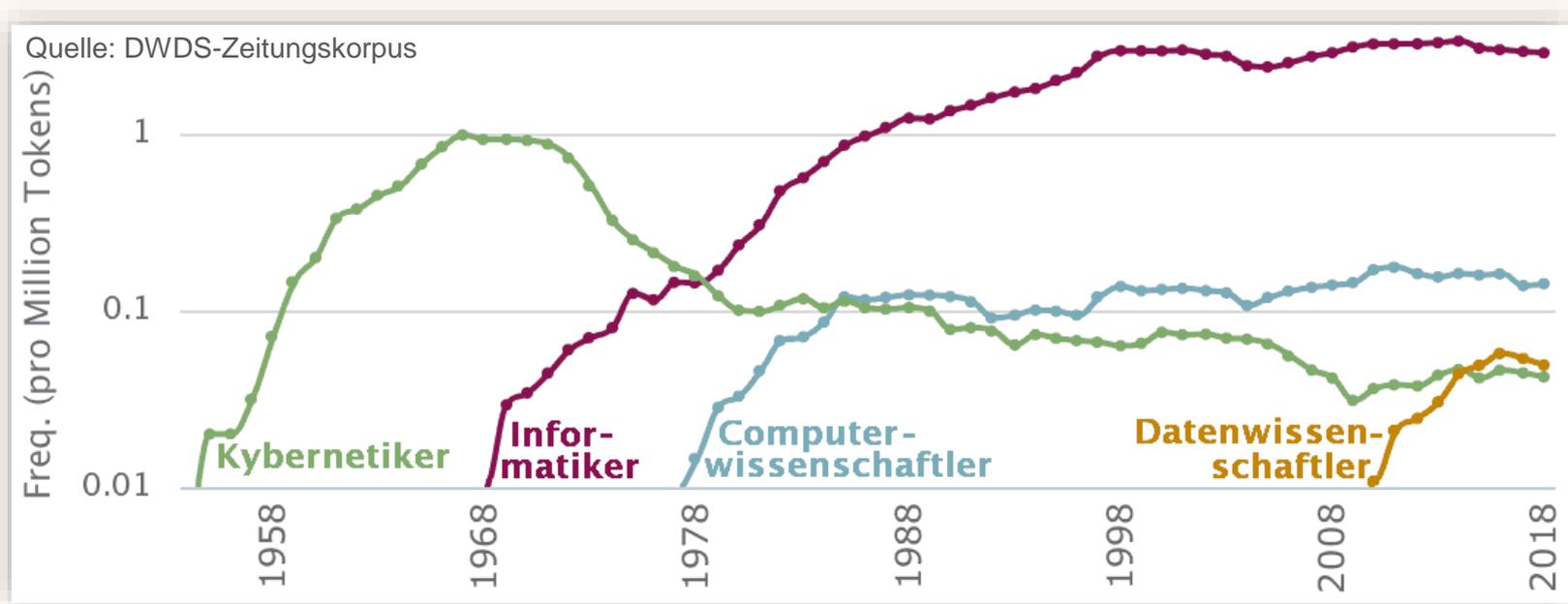
Une fracture majeure intervient dans l'histoire du mouvement cybernétique. Assez brutalement et sans qu'il en reste de trace dans la littérature, les références à la cybernétique cessent. Le nom même de «cybernétique» devient imprononçable. -- Philippe Breton

Das Ende der Kybernetik („in diesem Sinne“)



Während sich Wissenschaftler nach und nach von der Kybernetik als Begriff abwenden, benutzen ihn zunehmend Künstler, Science-Fiction-Autoren (in „Perry Rhodan“-Heftromanen tauchen reihenweise Kybernetiker auf, darunter Vitalkybernetiker und Hyperkybernetiker), Selbsthilfe-Gurus, Esoteriker und Scharlatane für ihre Zwecke. Gero von Randow schrieb schon 1994 in der „Zeit“: „Es war einmal: eine gefeierte Revolution der Wissenschaft, Kybernetik genannt. Der Traum von einer Königswissenschaft vom Funktionieren an sich, deren allgemeingültige Prinzipien über den einzelnen Spezialdisziplinen thronen, er ist zerplatzt. [Kybernetik in diesem Sinne existiert nicht mehr.](#)“ Übriggeblieben ist „cyber“ als postmoderner Sammelbegriff der 1980er-Jahre und kreatives Wortpräfix des heutigen Digitalzeitalters.

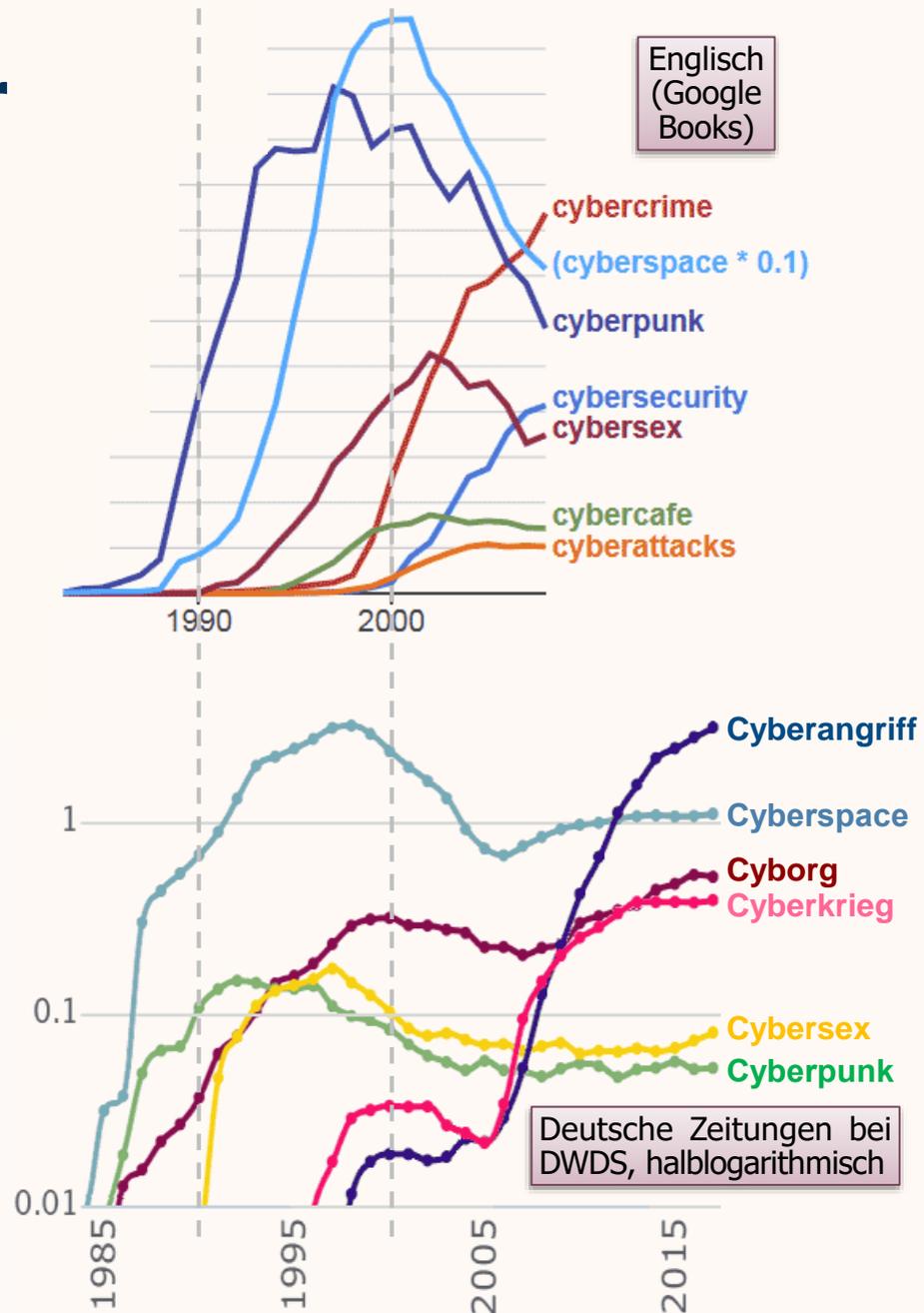
Das Ende der Kybernetiker



Kybernetik und Kybernetiker hatten ausgedient, sobald die Informatik aufkam. (Man beachte, dass die halblogarithmische Darstellung der Graphik das anfänglich typischerweise langsame Wachstum eines neuen Begriffs überbetont – die jeweilige Kurve geht raketenartig nach oben, während Frequenzschwankungen im höheren Bereich gedämpft erscheinen.) Zehn Jahre, nachdem Informatiker etabliert waren, begannen Zeitungen aber auch die naiv-wörtliche Übersetzung „Computerwissenschaftler“ (computer scientists) zu verwenden. (Das kennt man von „Textbuch“ statt „Lehrbuch“, „Fussballstadium“ statt „Fussballstadium“, „Seiteneffekt“ statt „Nebenwirkung“, „Rollenmodell“ statt „Vorbild“, „Netzwerk“ statt „Netz“, „Sinn machen“ statt „Sinn haben“, „Herzattacke“ statt „Herzanfall“, „Klient“ statt „Kunde“, „Silikon“ statt „Silizium“, „Sodium“ statt „Natrium“ und sogar „Bettgeschichte“ statt „Gutenachtgeschichte“!)

Von Kybernetik zu Cyber

Im Englischen wurde „**cyber**“ als Kurzform von „**cybernetics**“ populär (solche Wortverkürzungen sind nicht so ungewöhnlich: Automobil → Auto, Velociped → Velo, Akkumulator → Akku etc.); in den 1980er-Jahren kommt in den USA so der Begriff „**Cyberpunk**“ für ein Science-Fiction-Genre auf, das durch William Gibson und seine dystopischen Romane („**Neuromancer**“) gekennzeichnet ist; Gibson prägte auch den Begriff „**Cyberspace**“. Cyberpunk-Autoren *avant la lettre* waren Philip K. Dick und Daniel F. Galouye (Romanvorlage für den Film „Welt am Draht“ von Rainer Werner Fassbinder). Die Cyber-Begriffe schwappten bald auch in die deutsche Sprache über; „**Cyborg**“ („**cybernetic organism**“), „**Cybersex**“ und „**Cybercafe**“ tönen noch nach dem Geist der Cyberpunk-Subkultur, während „**Cyberspace**“ in den 1990er-Jahren im verallgemeinerten Sinn für das Internet sowie die damit verbundenen „grenzenlosen“ Erwartungen verwendet wird. Seit Ende des letzten Jahrhunderts wird „**cyber**“ auch zunehmend in Verbindung mit „Sicherheit“ gebraucht – man prüfe dazu selbst „**Cyberwar**“, „**Cyberattacke**“, „**Cyberkriminalität**“; ab 2005 auch „**Cybersicherheit**“ und „**Cybermobbing**“; ab 2011 dann „**Cyberisiko**“ und „**Cyberabwehr**“.



Just as today “smart,” anything could be “cyber”

Science fiction author Pat Cadigan [...] recalled: “One morning in 1979, I was getting ready for work and Gary Numan’s ‘Cars’ came on the radio. Afterwards, the DJ said, ‘There is some [cyberpunk](#) for you.’ He was making a joke; in 1979, the punk movement was in full flower but the chaotic noise of punk music was starting to evolve into electronic noise.” Still, that joke quickly became a reality. In the early 1980s, the cyberpunk movement [took over science fiction](#), spurred by the popularity of the film Blade-runner and William Gibson’s novel Neuromancer. Authors like Cadigan, Bruce Sterling and Rudy Rucker were writing mind-blowing stories about the merging of humans and computers. Cyber became a catch-all prefix that could be added to any word to make it sound cutting-edge. Cadigan noted that cyber “sort of supplanted the term ‘digital’ in some ways as an indicator of [something that was high tech](#).”

Cyberpunk was a mostly-underground artistic style in the 1980s, but suddenly in the 1990s everything was cyber. As more and more people got internet access, the alien world of [cyberspace](#) from William Gibson’s work became a household consumer item. [...] The Oxford English Dictionary entry for the prefix cyber- has evidence of its use going back to 1961 [...], but it seems to have become particularly popular in the 1990s. The earliest recorded use of the term “[cybersecurity](#)” came in 1989, the exact same year when the word “[cyberporn](#)” was coined. But neither term was dominant. In the heady days of the 1990s [...], before people got used to the idea that shopping, dating, and work could exist online, adding the prefix cyber to something made it seem like it was taking place in the gleaming, pixelated world inhabited by futuristic youth. [...]

Cadigan said, “Terminology-wise, I find it interesting that we never had [cyber-phones](#). The mobile / cellular phone became the cell and then evolved into the smart phone, not the cyber-phone.” Just as today everything from buildings to phones can be “[smart](#),” in the 1990s anything could be cyber. [...] As more college age people began piling on to the internet in the mid-1990s, [cybersex](#) became trendy slang for what you did with your long-distance boyfriend using the university dial-up connection. And, like most slang, it quickly got shortened to [cyber](#). By the late 1990s, cyber verged on being a dirty word. [...] As entertaining as it was, the erotic use of the term cyber was pretty brief.

Annalee Newitz: The Bizarre Evolution of the Word "Cyber", io9.gizmodo.com

Cyber*



„Mitte der 70er Jahre war, nach gut 25 Jahren, die erste Begeisterungswelle der Kybernetik zum Erliegen gekommen. [...] Die Zeit, in der Kybernetik noch mit ‚K‘ geschrieben wurde, war zu Ende gegangen. Mit ‚C‘ geschrieben kehrte sie in den 80er und frühen 90er-Jahren in der allfälligen Rede von Cyborgs und Cyberpunk, Cyberspace oder Cyberculture zurück – nicht zuletzt in der Populärkultur. [...] Heute erscheint der Cyber-Hype jener Zeit wie ein modisches Kleidungsstück von gestern [...] gewinnt jedoch zugleich die frühe Zeit der Kybernetik wieder an Glanz und Größe.“ [C.Pias: Zeit der Kybernetik]

Tagesanzeiger,
7. Aug. 2017



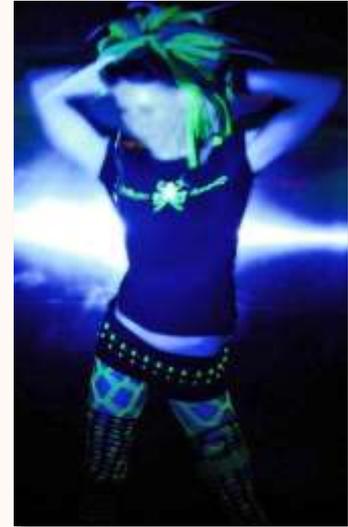
Die Idee ist fast so alt wie das Internet selbst: Die Schweizer Armee soll eine eigene Truppe von **Cyberkriegern** unterhalten. Nun hat die Idee eine wichtige Hürde genommen. Im Juni unterzeichnete Verteidigungsminister Guy Parmelin (SVP) die Umsetzung des Aktionsplans **Cyber Defense**. Das Massnahmenbündel hat zum Ziel, das Verteidigungsdepartement (VBS) als Kompetenzpool für **Cyberabwehr** zu etablieren und die Zusammenarbeit mit Hochschulen und weiteren Partnern zu intensivieren. Parmelin ordnete die Schaffung von «zusätzlichen 100 Stellen» für den **Bereich Cyber** an, wie es beim VBS heisst. Zudem wertete der SVP-Bundesrat den Bereich **Cyberabwehr** im VBS auf. Der bisherige **Cyberchef** der Armee, Gérald Vernez, hat bereits damit begonnen, eine neue Abteilung mit Experten aufzubauen. Sie untersteht direkt dem Generalsekretariat von Guy Parmelin. **Cyber** – das ist jetzt also Chefsache im VBS.

„Cyber“ – endlich das Wort!

Cyborg
Cypern
Cybersex
Cyprer
Ignore All
Add to Dictionary

Wenn es die zusammengesetzten Wörter „Cyberkrieg“, „Cyberangriff“ und „Cyberabwehr“ gibt, dann muss es doch auch „Cyber“ als eigenständiges Wort geben, dachte man sich anscheinend im Eidgenössischen Verteidigungsdepartement (VBS) in Bern. Jedenfalls berichteten die Zeitungen im Oktober 2019 von einer neuen Abteilung dazu, so z.B. die NZZ am 17.10.2019: „Um Synergien zu schaffen, wurde auf Anfang Oktober die neue Abteilung «Cyber, Informatik und Informationssicherheit» (CII) geschaffen. Aussergewöhnlich jedoch ist die Ernennung des neuen departementsinternen «Mr. Cyber»: Der neue Abteilungsleiter Roger Michlig hat weder Erfahrung im Bereich Cybersicherheit, noch [...].“ Wir fragen: Zu einem Begriff, den es laut Microsoft-Spellchecker und Duden nicht (bzw. nur als „Wortbildungselement“) gibt, welche Fachqualifikation braucht der Leiter dieser Abteilung bzw. des in Deutschland 2011 gegründeten „Nationalen Cyberabwehrzentrums“?

Cyber ist eine jugendkulturelle Modeströmung, die sich nach 2000 entwickelte und als Bestandteil des Club-Geschehens der Schwarzen Szene betrachtet wird.
[https://de.wikipedia.org/wiki/Cyber_\(Jugendkultur\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Cyber_(Jugendkultur))



Eine weibliche Cyber.
Bild: Wikipedia



Duden – Das Herkunftswörterbuch

Cyber... [saɪbɐ] <adjektivisches und substantivisches Präfix>:

Das Wortbildungselement mit der Bedeutung »die von Computern erzeugte virtuelle Scheinwelt betreffend« wurde gegen Ende des 20. Jahrhunderts aus dem gleichbedeutenden englischen Wortbildungselement **cyber-** übernommen, einer Verkürzung von *cybernetics* »Kybernetik«. – Zusammensetzungen: **Cybercafé** »Café, in dem Terminals zur Verfügung gestellt werden, mit denen die Gäste das Internet benutzen können«; **Cybercash** »Verbuchung von kleinen Beträgen mithilfe des Internets«; **Cybersex** »sexuelle Stimulation durch computergesteuerte Simulation; über digitale Medien (besonders das Internet) verbreitete Darstellung von sexuellen Handlungen«; **Cyberspace** »von Computern erzeugte virtuelle Scheinwelt«.

Cyber... = Die von Computern erzeugte virtuelle Scheinwelt betreffend



„Cyber“ – endlich das Wort! (2)

Raum, Sicherheit, Krieg, War, Space, Security klingen nach dem ersten Hören nicht aufregend; durch das Präfix „Cyber“ – Cyberraum, Cybersicherheit, Cyberkrieg, Cyberwar, Cyberpace, Cybersecurity – bekommen sie aber – insbesondere im digitalen Zeitalter – eine technische und moderne, teils auch erschreckende Bedeutung. [Udo Küppers: Eine transdisziplinäre Einführung in die Welt der Kybernetik, Springer 2019]

An event poster for 'Cyber in War - Current Realities' at ETH Zürich. The poster features a map of Switzerland with a red shield containing a white cross. The text includes the event title, speaker information (Lieutenant General Aldo C. Schellenberg), time (Tuesday 03.12.19 at 17:30), location (HG E42), and a QR code. Logos for ETH Zürich and the Cyber Group are also present.

ETH zürich

CYBER GROUP
ETH STUDENT INITIATIVE

Cyber in War -
Current Realities

Open Port Talk with **Lieutenant General Aldo C. Schellenberg**, Chief of Joint Operations Command / Deputy Chief of the Armed Forces

With **Apéro** afterwards!
Limited number of spots! Registration is **required!**

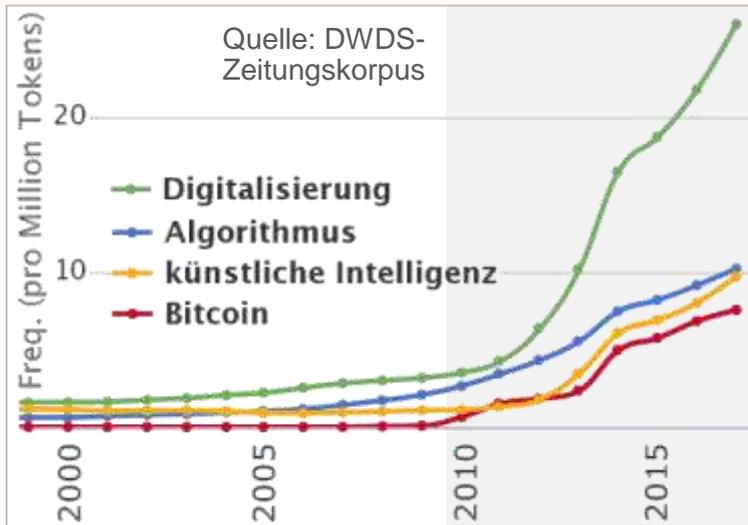
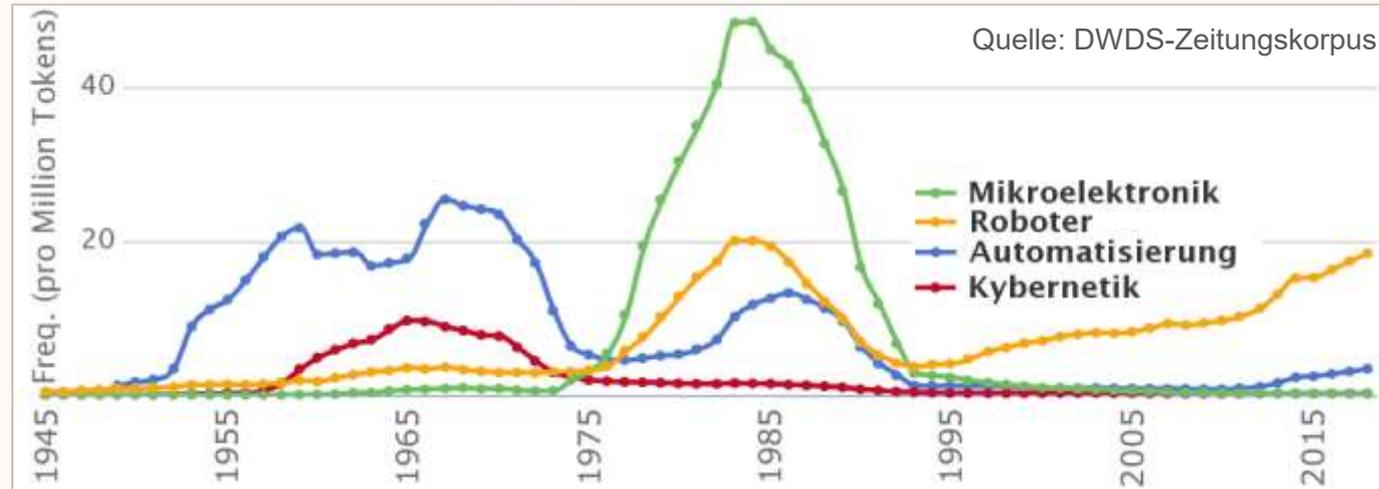
Time: Tuesday 03.12.19 at 17:30
Location: HG E42

Cyber Group - ETH Student Initiative

www.cybergroup.ch

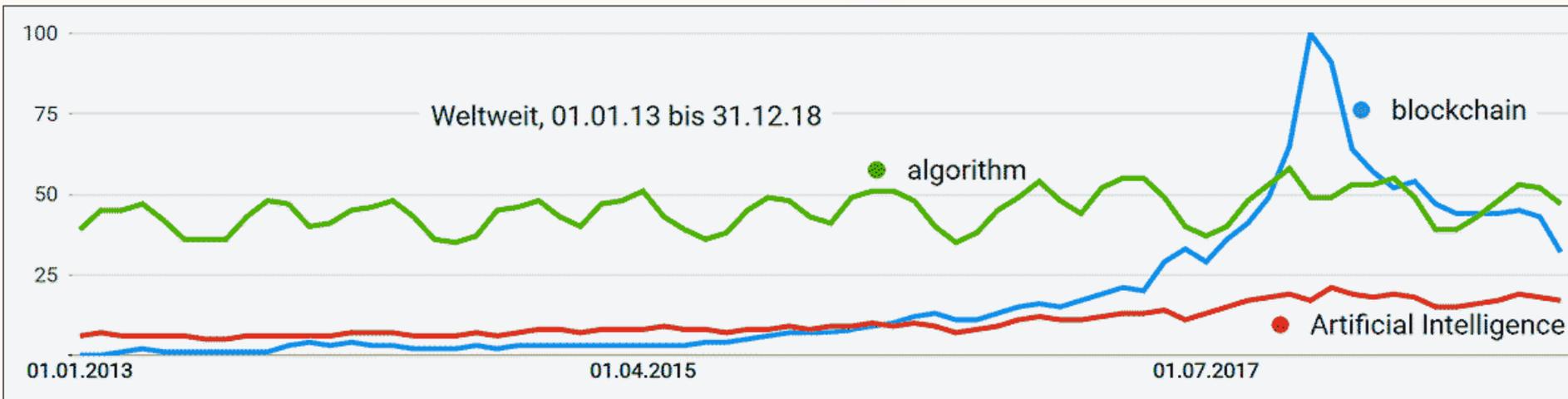
Die Hype-Themen in den Medien

In diesem Zusammenhang ist es vielleicht ganz interessant nachzusehen, was ansonsten die informatikbezogenen Hype-Themen der Medien sind und waren. Die **Automatisierung** war nach dem zweiten Weltkrieg ein neuer Begriff und war

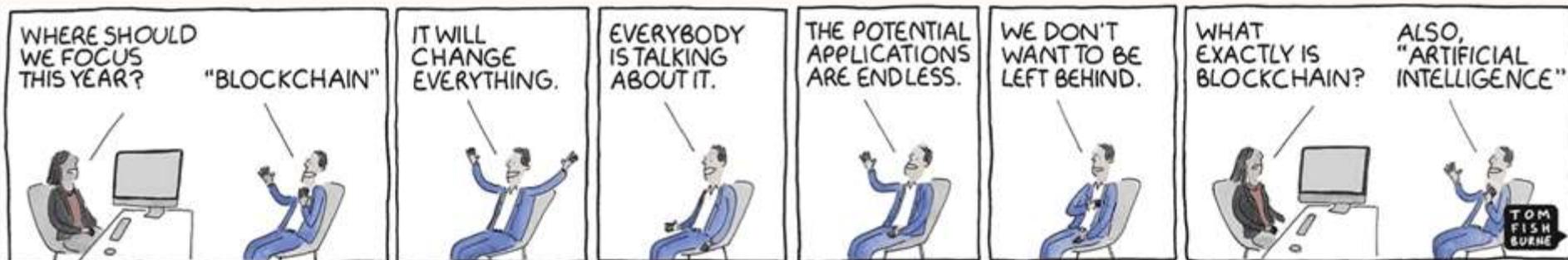


im „**kybernetischen Zeitalter**“ auch gleich ein heiss diskutiertes Thema – zwanzig Jahre lang war es danach ruhig darum, doch jetzt scheint es im Zusammenhang mit der **künstlichen Intelligenz** wieder hochzukochen. Heute nur noch schwer vorstellbar ist, dass die **Mikroelektronik** in den 1980er-Jahren ein derart viel diskutiertes Thema war. Und, wie früher schon bemerkt, hat der **Algorithmus** nun Eingang in die populären Medien gefunden – als etwas Bedrohliches oder sogar Böses. Zu den Spitzenreitern der letzten Jahre bezüglich der Wachstumsraten gehören auch **künstliche Intelligenz**, **Digitalisierung** sowie **Bitcoin**.

Die Hype-Themen bei der Google-Suche



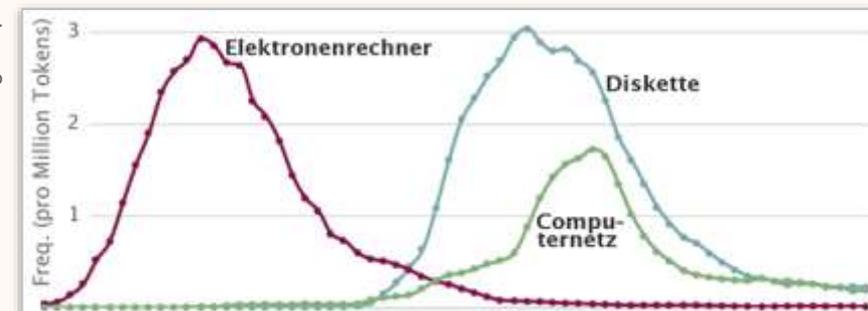
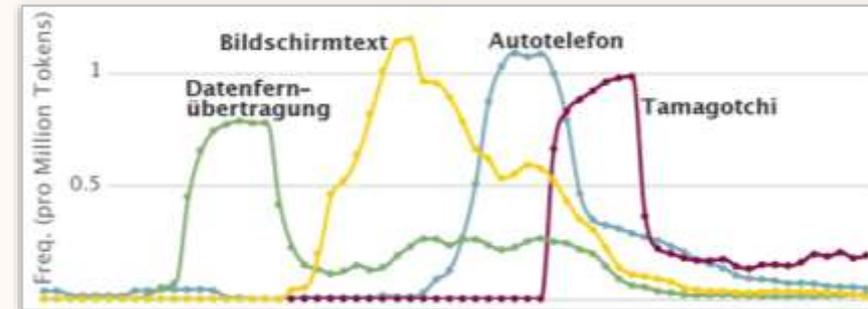
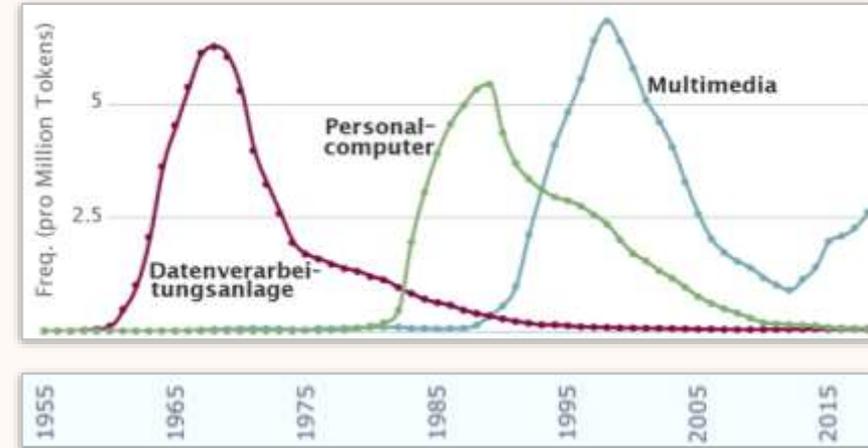
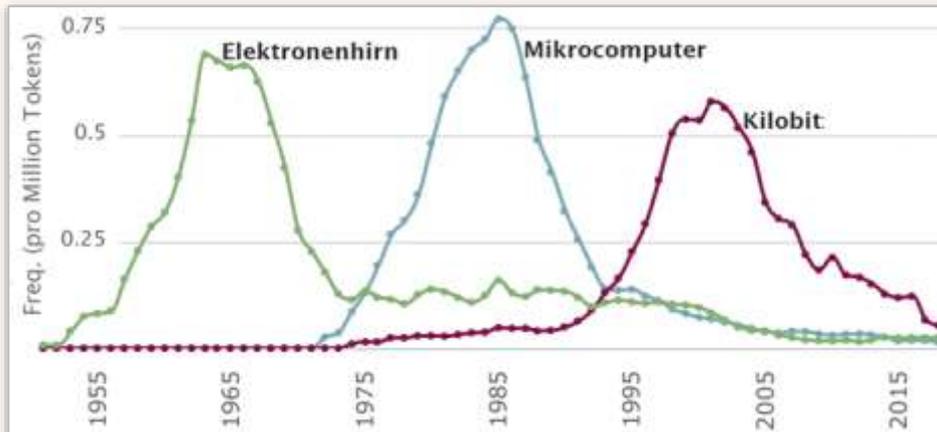
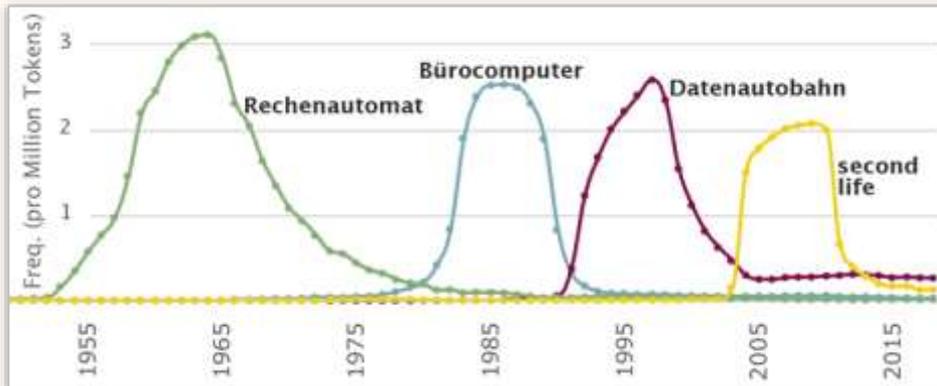
Häufigkeit von Suchanfragen bei Google laut „Google Trends“ zu drei Begriffen. Die Halbjahresperiode bei „algorithm“ folgt den Semestern an den Universitäten und ihren Prüfungszeiten. Ähnliche Suchanfragen laut Google Trends: Elon Musk artificial intelligence, ex machina, tinder algorithm.



marketoost.com

Weitere Hype-Themen in den Medien

Die Begriffe der Informations- und Digitaltechnologie sind oft kurzlebig; mancher Term wird durch einen anderen ersetzt (z.B. „Bürocomputer“ durch „PC“), manche gehypte Sache verschwindet auch völlig und ist heute unbekannt.



Quelle: DWDS-Zeitungskorpus

Alan Turing (1912 – 1954)

Zurück zum Computerschach!

1948 konzipierte Alan Turing ein Programm („*Turochamp*“) für eine „virtuelle“ Maschine, das Schach in passabler Qualität spielen sollte. Erst Anfang der 1950er-Jahre stand mit dem Ferranti Mark 1 ein erster Computer an der Universität Manchester zur Verfügung – bis zu seinem tragischen Tod im Jahr 1954 kam Turing jedoch nicht über Teilimplementierungen hinaus.

In einem Aufsatz, der 1953 erschien („*Digital computers applied to games*“, Sammelband „*Faster than thought*“) beschreibt Turing die Spielstrategie und gibt ein handsimuliertes Spiel gegen seinen Kollegen Alick Glennie an, das dieser gewann.

Digital Computers applied to Games.

AMT/6/7/1

When one is asked 'Could one make a machine to play chess?', there are several possible meanings which might be given to the words. Here are a few:-

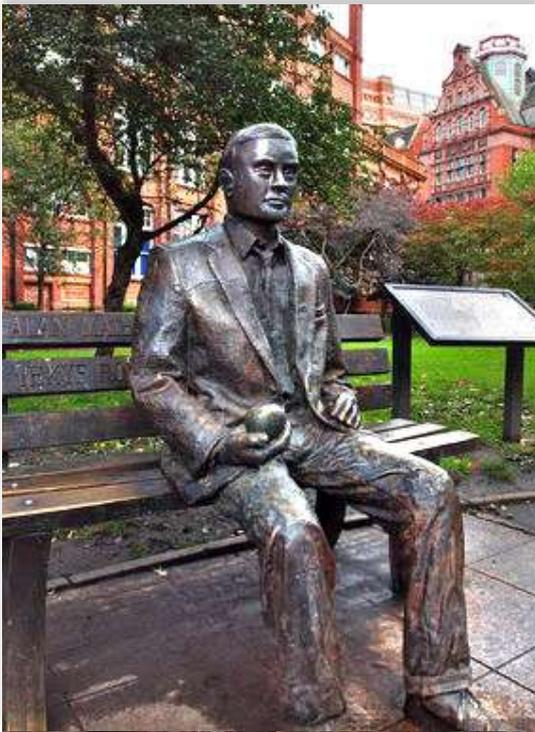
- i) Could one make a machine which would obey the rules of chess, i.e. one which would play random legal moves, or which could tell one whether a given move is a legal one ?
- ii) Could one make a machine which would solve chess problems, e.g. tell one whether, in a given position, white has a forced mate in three ?
- iii) Could one make a machine which would play a reasonably good game of chess, i.e. which, confronted with an ordinary (that is, not particularly unusual) chess position, would after two or three minutes of calculation, indicate a passably good legal move?

Alan Turing (2)

Hier auf drei Slides die ersten anderthalb Seiten des (im Typoskript) zehenseitigen Aufsatzes – sie zeigen, dass Turing das Schachspielen in Verbindung setzt mit der allgemeinen Fähigkeit von Maschinen, Fragen „intelligent“ zu beantworten. Den später so bezeichneten „Turing-Test“ zur Überprüfung der Denkfähigkeit einer Maschine hatte Turing bereits 1950 in einem grundlegenden Artikel „Computing Machinery and Intelligence“ (in: Mind, Bd. LIX, Nr. 236) eingeführt, der so beginnt: *I propose to consider the question, 'Can machines think?' This should begin with definitions of the meaning of the terms 'machine' and 'think'.*

- iv) Could one make a machine to play chess, and to improve its play, game by game, profiting from its experience ?
- To these we may add two further questions, unconnected with chess, which are ~~likely~~^{likely} to be on the tip of the reader's tongue.
- v) Could one make a machine which would answer questions put to it, in such a way that it would not be possible to distinguish its answers from those of a man ?
- vi) Could one make a machine which would have feelings like you and I do ?
- The problem to be considered here is iii), but to put this problem into perspective with the others I shall give the very briefest of answers to each of them.
- To i) and ii) I should say "This certainly can be done. If it has not been done already it is merely because there is something better to do".

Alan Turing (3)



www.atlasobscura.com/places/alan-turing-memorial
Turing-Denkmal in Manchester

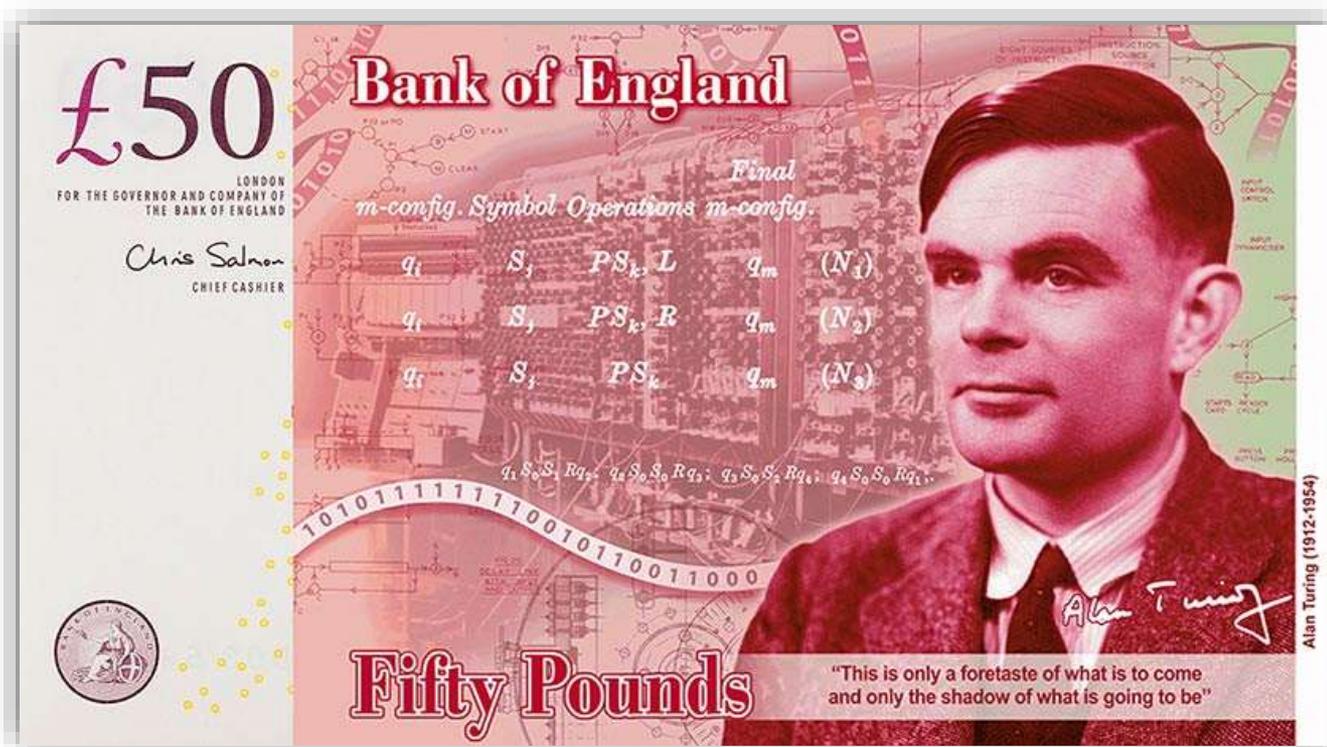
Question iii) we are to consider in greater detail, but the short answer is "Yes, but the better the standard of play required, the more complex will the machine be, and the more ingenious perhaps the designer".

To iv) and v) I should answer "I believe so. I know of no really convincing argument to support this belief and certainly of none to disprove it".

To vi) I should say "I shall never know, any more than I shall ever be quite certain that you feel as I do".

In each of these problems except possibly the last, the phrase 'Could one make a machine to....' might equally well be replaced by 'Could one programme an electronic computer to....'. Clearly the electronic computer so programmed would itself constitute a machine. And on the other hand if some other machine had been constructed to do the job we could use an electronic computer (of

Alan Turing (4)

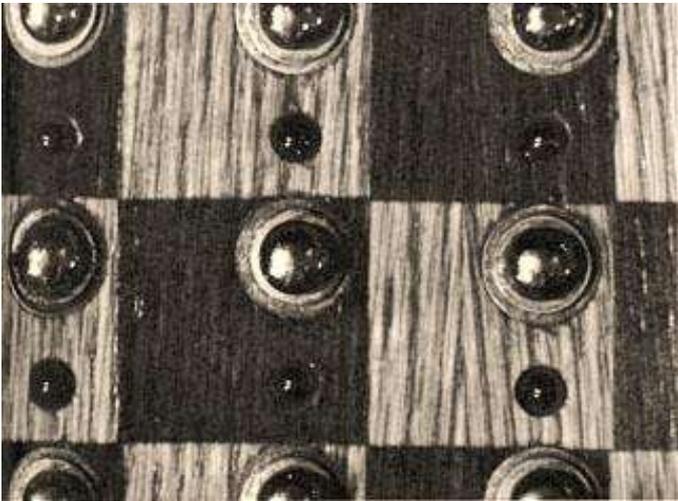


Bank of England celebrates 'outstanding' Alan Turing on new £50 note. The polymer note, which will enter in circulation in 2021, will bear a picture of the mathematician taken in 1951 as well as technical drawings for the machine built by Turing to crack the Nazi code. The Bank of England's Governor celebrated Turing as "an outstanding mathematician whose work

has had an enormous impact on how we live today." "As the [father of computer science and artificial intelligence](#), as well as war hero, Alan Turing's contributions were far-ranging and path-breaking. Turing is a giant on whose shoulders so many now stand," he added. Despite his code-breaking prowess during the war and his work in the development of early computers, Turing was prosecuted in 1952 for homosexual acts and died just two years later at the age of 41 in an apparent suicide. [www.euronews.com, July 15, 2019]

Claude Shannon (Bell Labs), ca. 1950

Circa 1950: “Dr. Claude E. Shannon demonstrating to chessmaster Edward Lasker his (home-made) electric chess automation, build in 1949. The machine could handle **up to six pieces**, and was designed to test various programming methods. With one hundred and fifty **relay** operations required to complete a move, it arrived at the reply to an opponent’s play in ten to fifteen seconds.” [ICCA Journal, 12(4), 1989] Es können mit der Maschine diverse Endspielsituationen durchgerechnet werden, aber kein ganzes Spiel.



The relays were concealed in a box decorated with the pattern of a chess board; once they had chosen a move, a series of lights would indicate it to the user.

Claude Shannon (2)

(Bell Labs), ca. 1950



www.chess.com/article/view/the-man-who-built-the-chess-machine

Zuhause bei den Shannons mit der dort gebauten Schachmaschine. Claudes Frau Betty (1922 – 2017) fing bei den Bell Labs zunächst als „human computer“ an; sie assistierte Claude bei vielen seiner Arbeiten.

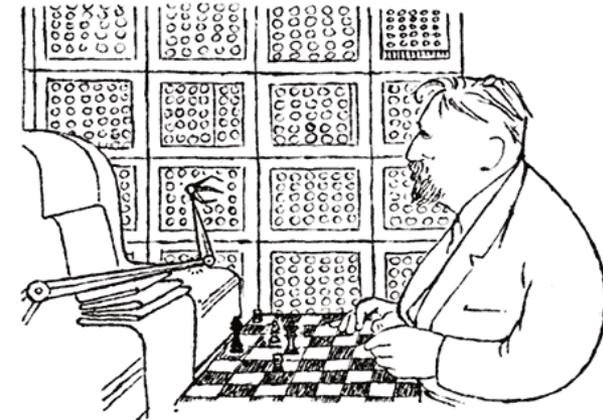
Claude Shannon (3)

(Bell Labs), ca. 1950

Although perhaps of no practical importance, the question is of theoretical interest, and it is hoped that a satisfactory solution of this problem will act as a wedge in attacking other problems of a similar nature and of greater significance. -- Claude Shannon, 1950

Claude Shannon veröffentlicht Im Frühjahr 1950 im „Scientific American“-Magazin sowie im „Philosophical Magazine“ zwei inhaltlich ähnliche Artikel („A Chess Playing-Machine“ bzw. „Programming a Computer for Playing Chess“), in denen er, wie unabhängig von ihm kurz zuvor bereits Norbert Wiener, das Minimax-Prinzip erläutert (er nennt es „type A strategy“), Positionsbewertungen diskutiert und einen Vorschlag für die Codierung von Schachstellungen macht: „The position of all pieces is given by a sequence of 64 numbers each lying between -6 and +6. A total of 256 bits (binary digits) is sufficient memory in this representation.“ Er stellt sodann klar, dass eine vollständige Spielbaumauswertung praktisch unmöglich ist: „A machine operating at the rate of one millionth of a second would require over 10^{90} years to calculate its first move!“ Dies führt ihn zu einem weitergehenden Prinzip („type B strategy“), bei der selektiv entschieden wird, welche Unterbäume nicht weiterverfolgt werden, um die eingesparte Zeit bei der tieferen Analyse interessanterer Zugvarianten nutzen zu können.

Shannon setzt das noch etwas ungewöhnliche Wort „Programm“ beim ersten Auftreten in Anführungszeichen oder umschreibt dies mit „setting up a computer“. Er schätzt, dass insgesamt etwa 3000 Bits an dynamischem Speicher benötigt werden, und er vermutet, dass ein so realisiertes Spielprogramm „would play a fairly strong game, at speeds comparable to human speeds“. Er stellt, fast rhetorisch, die Frage, ob eine derartige schachspielende Maschine denken könne, und weicht in der Antwort aus: „The answer depends entirely on how we define thinking“. Zwei prinzipielle Nachteile gegenüber einem menschlichen Spieler stellt er aber fest: Die Maschine würde nicht aus ihren Fehlern lernen und sie könne keine Muster generalisieren, um im konkreten Fall auf eine ähnliche Situation mit einer bekannten Lösung schließen zu können.



Die Person in der Skizze des Artikels im „Scientific American“ erinnert stark an Norbert Wiener – ein Zufall?

Dietrich Prinz: Robot Chess mit dem Ferranti Mark I

Dietrich Prinz von der englischen Firma Ferranti unternahm Anfang der 1950er-Jahre den ersten ernstzunehmenden Versuch, Schach mit dem Computer auszuführen. Er beschränkte sich auf das Schachproblem "Matt in 2 Zügen". Das Programm arbeitete nach dem "Brute-Force"-Prinzip ("the machine is forced to investigate every possible move") und lief auf einem "Mark I"-Computer von Ferranti. Einige Passagen seines lesenswerten Aufsatzes (*Dietrich G. Prinz: Robot Chess. Research, 5, 1952, 261-266*) dazu sind nachfolgend zitiert. Er konnte bei seinen Lesern nicht voraussetzen, dass diese wussten, was ein Digitalrechner ist oder was Programmieren bedeutet; vor allem war aber die "Berechnung" eines nicht-numerischen Problems neu, Prinz musste daher erläutern, wie man dies geeignet numerisch "codiert". (*Claude Shannon sprach 1950 von "Procrustean tactics of forcing chess into an arithmetic computer" und formulierte diesen Aspekt so: "Our problem is to represent chess as numbers and operations on numbers, and to reduce the strategy decided upon to a sequence of computer orders."*) Auch der Begriff "Robot" anstelle von "Computer" im Titel ist symptomatisch für die damalige Zeit. Die Veröffentlichung ist somit auch ein interessantes Zeitzeugnis:

The age old dream of machines playing games of strategy [...] has recently been revived for two reasons. One is the realization that problems of economics can be analyzed by means of logical structures similar to those implied in games of strategy. [...] If machines can be made to play games, they should be able to solve economic problems of similar structure. The second reason is the advent of the 'electronic brains' or, to give them their proper name, universal high speed electronic digital computers. The emphasis is on the 'universal'. The same machine can be made to solve a problem in aircraft design in the morning, compute optical lens systems in the afternoon and work out pay-as-you-earn wage lists in the evening. You can make it do all this without any alterations in its design. [...]

The problem is no longer 'making a machine to play chess' but rather 'making a machine play chess'. You do not have to be an inventor or engineer; all you need is paper, pencil and patience.

The complete list of instructions (or 'orders' or 'commands') required for any particular problem is called a 'programme', and the technique of designing programmes, or of 'teaching' the machine what to do, is known as 'programming'. [...]

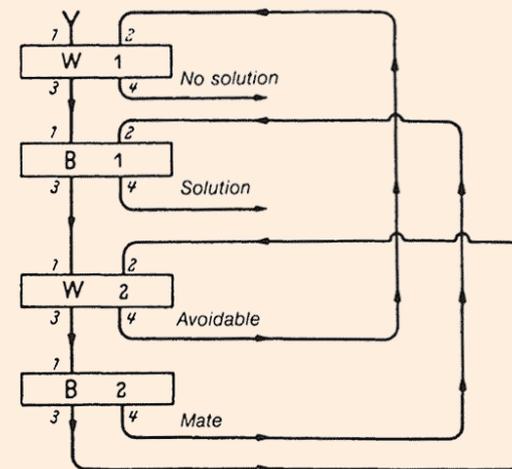
It has turned out that the machine, when provided with the programme to be described, can make chess moves and find the solution of chess problems within the limits stated above; but it does so much more slowly than a human chess player. [...]

Altogether, several hundred operations may be needed to find out whether or not the King is in check, and even at electronic speeds the whole process may take an appreciable fraction of a second. Another reason is that the present programme does not eliminate unlikely moves: the machine is forced to investigate every possible move, until the solution is found. [...] Since every move has to be followed by a test for legality, it may consume something like 1 or 2 seconds, and the total time required for the solution may be several hours. [...]

The possibility must, of course, not be excluded that by refined programming, by the use of faster machine, or both, a superior game played by a universal computer may finally be realized [...]

If desired, the machine can be made to print every white first-tum move on its output typewriter. This is useful to ensure, at regular intervals, that the machine is still in working order. [...]

We have seen that the programme for the solution of mate-in-two chess problems must contain a routine for the construction of the next possible move, a routine to check this move for legality, and various sequences for recording the moves made and the positions obtained. All these pieces must now be linked together by a master routine reflecting the structure of the problem as a whole, and ensuring that the various turns are entered in the correct sequence.



Dieses Flussdiagramm als Erläuterung zur (hier nicht zitierten) Arbeitsweise des Programms illustriert das Backtracking-Prinzip.

Dietrich Prinz und Ferranti

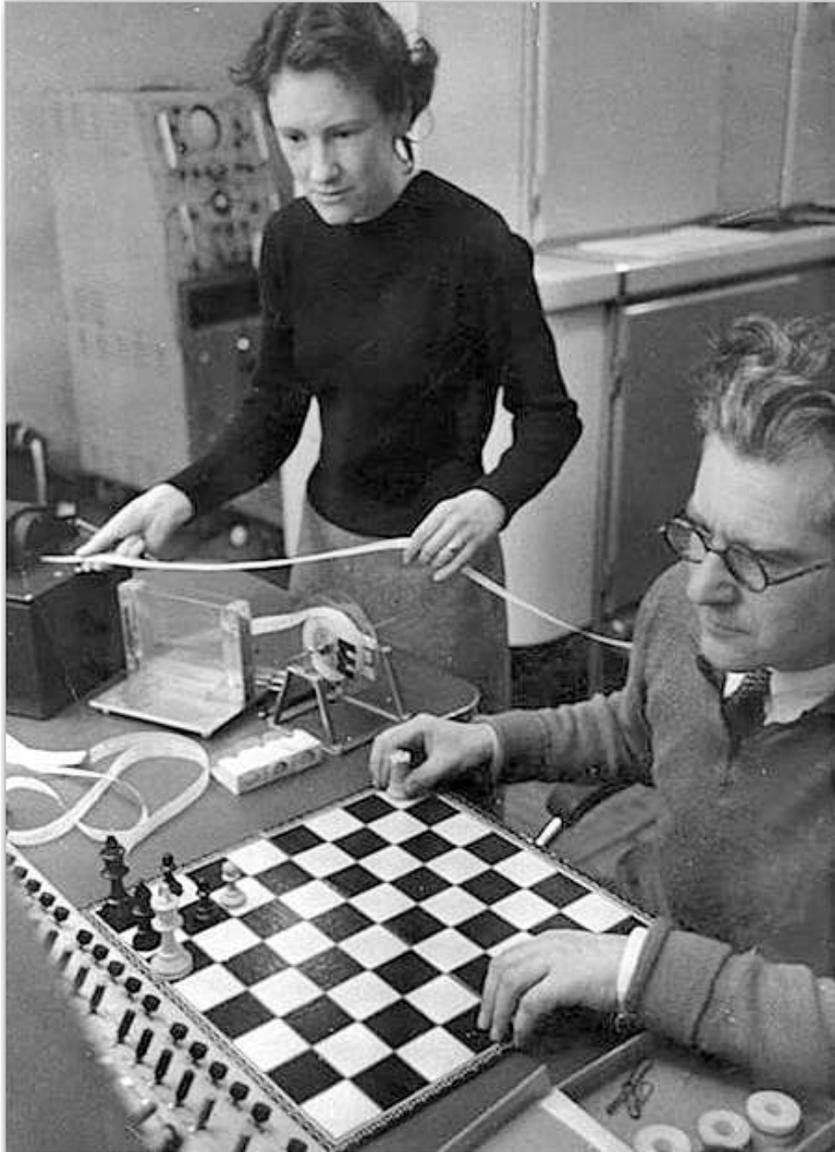


Dietrich Prinz arbeitete ab 1947 für die britische Firma Ferranti. Gegründet 1882, war Ferranti ein Treiber und gleichzeitig eine Ikone des elektrischen Zeitalters – zunächst dominierten im Produktspektrum Stromgeneratoren und Komponenten für Elektrizitätsnetze, dann kamen elektronische Geräte für unterschiedlichste Zwecke auf Basis von Vakuumröhren hinzu. Dazu gehörten Radio- und Fernsehgeräte sowie wissenschaftliche Instrumente; mit Beginn des zweiten Weltkriegs dann vor allem militärisch relevante Produkte wie Radargeräte oder elektronische Steuerungssysteme. Dietrich Prinz war eigentlich Spezialist für Hochfrequenz-Elektronenröhren, er wurde aber bereits 1948 von seiner Firma auf eine „fact-finding mission“ nach Amerika geschickt, um die dortigen Aktivitäten im Bereich des Computerbaus zu eruieren und für Ferranti zu bewerten. Nach seiner Rückkehr konnte Dietrich Prinz seine Firma davon überzeugen, in das Computergeschäft einzuzusteigen; sie kooperierte dazu in der Folge eng mit der Universität in Manchester.

In Manchester hatte Professor F.C. Williams zwei Jahre zuvor einen Lehrstuhl für Elektrotechnik über-

Dietrich Prinz loading a rudimentary chess program into the Ferranti Mark I computer at Manchester University (1951)

Dietrich Prinz und Ferranti (2)



nommen. Williams war Experte für Hochfrequenztechnik, insbesondere Impulstechnik mit Elektronenröhren, was ihn zu einem Pionier im aufkommenden Digitalzeitalter werden liess. Er erfand ein grundlegendes Prinzip für RAM-Speicher, die Speicherröhre („Williams tube“), und konstruierte zur Demonstration des Prinzips mit seinem Team einen einfachen Computer („Manchester Baby“) nach dem von Neumannschen Architekturprinzip, der ein im Speicher befindliches Programm abarbeitete. 1948 stiess Alan Turing hinzu, der im zweiten Weltkrieg in Bletchley Park an der hochgeheimen Entschlüsselung deutscher Geheimcodes mittels spezieller elektromechanischer und elektronischer Geräte gearbeitet hatte; dieser holte dann weitere qualifizierte Wissenschaftler aus seinem früheren Umfeld nach Manchester.

Da sich im beginnenden kalten Krieg bei der britischen Regierung die Erkenntnis manifestierte, dass für anstehende militärische Projekte (wie die Berechnung von Flugbahnen ballistischer Raketen oder die Atomwaffenentwicklung) Computer zwingend benötigt wurden, auf diesem Gebiet aber ein technologischer Rückstand zu den USA existierte, drängte man Ferranti und die Gruppe

Dietrich Prinz und Ferranti (3)

um Williams zur Zusammenarbeit – Ferranti sollte im Auftrag der Regierung Computer nach den Ideen und dem Prototypen der Universität bauen. Bereits im Februar 1952 lieferte Ferranti das erste Exemplar an die Universität Manchester – es handelt sich um den „Ferranti Mark I“, den ersten serienmässig hergestellten elektronischen Computer der Welt. (Empfehlenswertes Video dazu: (7:47) „Manchester Baby“, www.youtube.com/watch?v=cozcXiSSkwE)



Dietrich Prinz war von Anfang an beim Computerprojekt von Ferranti dabei und übernahm im Software-Bereich (damals schlichter „Programmierung“ genannt) eine wichtige Rolle. 1950 schrieb er eine „Introduction to Programming on the Manchester Electronic Digital Computer“. Da der Computer nur in Maschinensprache programmiert werden konnte, enthielt diese Programmierereinführung auch eine Liste aller Maschinenoperationen; wir greifen nachfolgend vier etwas ungewöhnliche Instruktionen heraus.

Der Ferranti Mark I: Links und rechts der Konsole in schwarz die Geräte für die Ein- und Ausgabe von Lochstreifen; links und rechts der „Bucht“ die Metallschränke mit der Elektronik, in der Mitte die Stromversorgung

Dietrich Prinz und Ferranti (4)

Die Operation /R („sideways add / population count“) wurde auf Wunsch des britischen Geheimdienstes implementiert, sie ist beim Patternmatching und bei statistischen Auswertungen – insbesondere der Kryptoanalyse – nützlich. Tatsächlich war der britische Nachrichtendienst (GCHQ), der auch Bletchley Park betrieb, einer der ersten Käufer eines Ferranti-Computers. Dies geschah allerdings unter maximaler Geheimhaltung und Tarnung, denn die Rolle von Bletchley Park im zweiten Weltkrieg war seinerzeit noch nicht bekannt – man wollte die auch nach dem Krieg strategisch wichtige Fähigkeit, viele seinerzeit übliche fremde Codes entschlüsseln zu können, keineswegs verraten. Dass technische Hilfsmittel wie Computer für das Codeknacken nützlich sein könnten, durfte daher nicht bekannt werden – noch heute gibt es kaum offizielle Informationen über die Verwendung der ersten GCHQ-Computer.

Electronic instructions, group (e), special arithmetic operations [Aus “Introd. to Programming” von D. Prinz]

(12) A somewhat similar operation is /R. This counts all the 1-digits contained in a long number (or what amounts to the same thing, it adds up all these digits) and adds the results to the contents of M.

(13) This instruction is only used for very specialised applications and can be left out of consideration by the average user.

(14) [...]

(15) An instruction of an entirely different type is /W.

(16) This instruction produces a random 20-bit number and puts it into

the least significant half of L (i.e. the lowest quarter, A0, of A) leaving the remainder of A unchanged. It takes much more time than any other electronic instruction, namely 24 beats or about 6 milliseconds.

(17) The main application of this instruction lies in the field of statistics; however, various mathematical methods have been developed recently which makes use of random processes for the solution of problems not of inherently statistical nature, such as partial differential equations (Markoff Process, Monte Carlo Method).

Dietrich Prinz und Ferranti (5)

Die /W-Instruktion zur Zufallszahlenerzeugung war wohl nicht so sehr ein Anliegen des GCHQ (man traute einem durch Rechenmaschinen bestimmten Zufall nicht recht und hatte unter dem Decknamen „Donald Duck“ eigeständige Geräte zu diesem Zweck entwickelt), sondern Alan Turing sah darin ein wichtiges Hilfsmittel für Simulationsanwendungen – er beschäftigte sich zu diesem Zeitpunkt gerade intensiv mit Prozessen in der Natur und der Biologie, bei denen dem Zufall eine wichtige Rolle zukam.

Electronic instructions, group (i), special operational instructions [Aus "Introd. to Programming" von D. Prinz]

(3) When a **dummy stop** instruction is obeyed it stops the machine provided the switch associated with it on the control panel is in the "on" position. When this switch is "off", there is no effect except a 0.96 msec delay; the instruction then acts as a "dummy".

(4) Dummy stops are an extremely useful aid to the programmer who is trying out a new routine suspected of containing errors - as a new routine almost invariably does.

(5) By putting dummy stops into strategic positions of the programme, and leaving the stop switches on, the programmer is able to observe intermediate results and compare them with values previously computed by hand. If any disagreement is found to work satisfactorily, the stop switch is

switched off, and the routine runs at full speed through its computation.

[...]

(8) The **hoot instruction** /V causes, when obeyed, a brief pulse to be applied to a loudspeaker. By programming a simple loop containing this instruction, a series of periodically repeated pulses is obtained so that an audible "hoot" is emitted.

(9) The pitch of this hoot can be varied by the programmer, and this facility may be used to give an immediate indication as to which of various possible events has occurred - e.g. end of the computation, overflow, error in magnetic transfers, disagreement of a mathematical check, and such like.

INFORMAL REPORT ON THE DESIGN OF THE
FERRANTI MARK I COMPUTING MACHINE.

21st November, 1949.

APPENDIX II.

By A. M. Turing.

Turing selbst spezifiziert die Eigenschaften des Zufallszahlengenerators für den Ferranti Mark I

Generation of Random numbers.

The problem of producing accurately random numbers is not one which can easily be solved on a trial and error basis owing to the difficulty of obtaining accurate experimental estimates of the frequencies of the numbers produced by a given piece of apparatus. We shall try, therefore, to find a form of generator where the accuracy can be assured on theoretical grounds. We may confine ourselves to the production of random digits. These may easily be combined to produce random numbers.

Suppose we have a source of not-very-random digits. These can be used to provide a source of accurately random digits. Suppose that in the former source the probability of a 1 is p , and that the

Dietrich Prinz und Ferranti (6)

Das „Hupkommando“ /V war für das Testen sehr nützlich – es gab seinerzeit ja sonst kaum bequeme Ausgabemöglichkeiten, und ein Programmierer steuerte sein Programm sowieso über die Konsole, wo auch der Lautsprecher angebracht war. Es war Christopher Strachey (von ihm wird später noch ausführlich die Rede sein), der aus dieser Funktionalität etwas Kunstvolleres machte – im Oktober 1951 konnte man in Manchesters Computerlab „God Save the King“ erklingen hören (vgl. dazu www.computerconservationsociety.org/images/gstk.mp3); zumindest dann, wenn man gegen sein Dame-Spielprogramm gewonnen hatte. Andere Programmierer und Wartungstechniker kopierten und modifizierten Stracheys Musikroutine, und im Dezember 1951 sendete sogar das Radioprogramm von BBC Computermusik, passend zur Vorweihnachtszeit u.a. „Jingle Bells“. Die technischen Voraussetzungen zur Musikerzeugung waren im Vergleich zu heute primitiv – es gab damals weder Digital-Analog-Konverter noch gar Möglichkeiten zur Synthese aus vorgefertigten Schwingungsverläufen. Auch begrenzte die Taktfrequenz von ca. 1000 Hz das Spektrum; Tonfolgen in höherer Tonlage mussten daher oktavenweise heruntertransponiert werden.

Dietrich Prinz ging zusammen mit David Caplin später noch einen Schritt weiter: Unter Verwendung des Zufallszahlengenerators implementierten sie Mozarts „Musikalisches Würfelspiel“ („Anleitung so viel Walzer oder Schleifer mit zwei Würfeln zu componiren so viel man will ohne musikalisch zu seyn noch etwas von der Composition zu verstehen“, KV 294d), bei dem die algorithmisch gesteuerte Maschine „automatisch komponiert“. (Zur Tonqualität merkten heutige Zeitgenossen etwas kritisch an: „The occasional high-frequency noises are a result of the random signal generation; the occasional stutters in the sound are due to the time necessary to transfer data from the magnetic drum storage to the fast access storage.“)

David Caplin war als Operations-Research-Spezialist bei Royal Dutch Shell beschäftigt. Der Konzern erwarb 1954 für sein Laboratorium in Amsterdam einen Ferranti Mark I-Computer (genannt „MIRACLE“), Caplin entwickelte dafür Optimierungsmethoden nach dem Prinzip der linearen Pro-

“A new user ran a program that terminated on a hoot stop, with the volume full on. He looked for a switch to turn off the hooter and the only one that seemed possible was labelled HT. Unfortunately it was the high tension power supply; the machine took several days to repair!”
-- Martin Campbell-Kelly

Dietrich Prinz und Ferranti (7)

“Running one of Turing’s programs must have been a noisy business, with different musical notes and rhythms of clicks enabling the user to ‘listen in’ to what the program was doing.” -- Jack Copeland

grammierung. Er hatte sich früher aber auch intensiv mit Musik befasst und komponierte schon mit neun Jahren. Insofern ergänzten sich die beiden optimal; Caplin besass Kenntnis in der Kunst des Komponierens, Prinz entwickelte die Systemroutine, mit der gesteuert über zwei Parameter (Tonhöhe und Tondauer; die Lautstärke liess ich nicht ändern) Töne generiert werden konnten – des geschah, indem in Realzeit Impulsfolgen an den Lautsprecher übertragen wurden. Die automatisch erzeugte Komposition liess sich zudem auch symbolisch in Form von alphanumerischem Text ausgeben.

Shell stelt „Miracle” in dienst

(Van onze speciale verslaggever)

De Koninklijke Shell heeft voor haar Laboratorium in Amsterdam een reken-automaat gekocht. Een machine, die electronisch werkt en één miljoen gulden heeft gekost. Er zitten 4000 radiobuizen, 2500 condensatoren, 15.000 weerstanden, 10 kilometer draad en 100.000 soldeerplaatsen in – even veel materiaal als in 300 radiotoestellen is verwerkt. Met dit enorme apparaat, dat de omvang van een redelijk grote contrôlekamer heeft, lossen de wiskundigen van het Koninklijke Shell-laboratorium problemen op, waarover ze voordien niet eens durfden nadenken. Ze „maken er sommen mee”, vijfhonderd in één seconde, met getallen van twaalf cijfers. Soms halen ze ook grapjes uit – dan laten ze het apparaat een liedje spelen op zijn claxon. Het klinkt wel wat dof, maar het wijsje is duidelijk herkenbaar, of men nu om „My darling Clementine” vraagt of om „In een blauw geruite kiel”.

Leeuwarder courant: hoofdblad van Friesland, 5 Feb 1955

Dietrich Prinz und Ferranti (8)



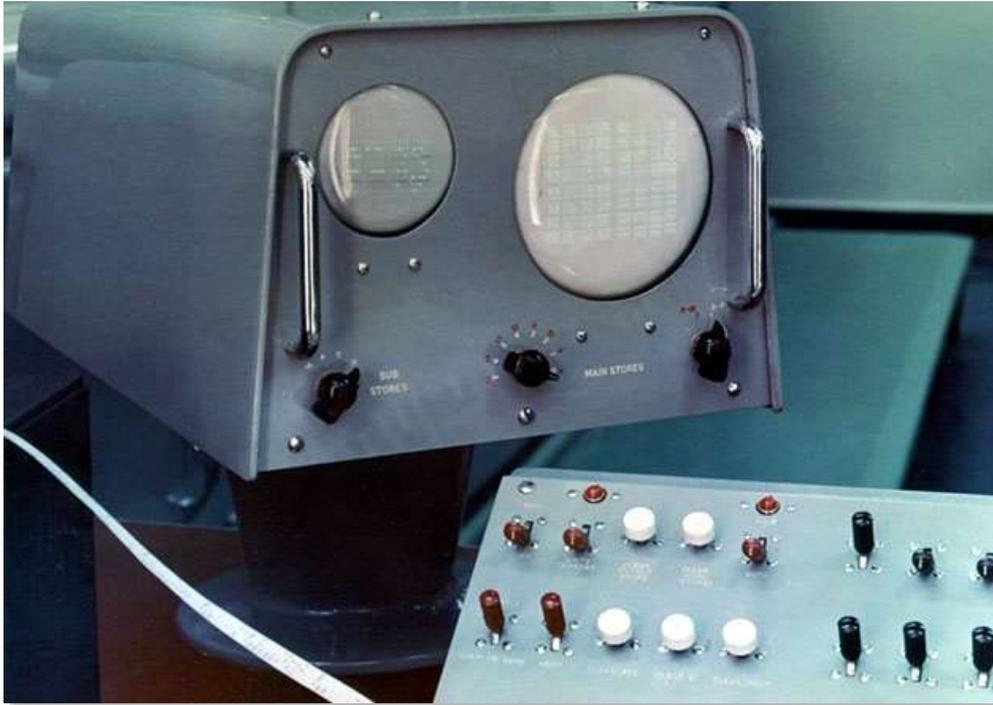
*Im Bild von ca. 1954:
Sitzend rechts an der
MIRACLE-Konsole im
Koninklijke Shell-Labo-
ratorium in Amsterdam:
Lidy de Ronde; stehend
dahinter: Akke Visser.*

*Links und rechts der
Konsole jeweils zwei
Kathodenstrahlröhren,
mit denen Speicherin-
halte visualisiert wer-
den konnten. Der linke
schwarze Kasten dient
dem Einlesen von fünf-
spaltigen Lochstreifen,
der rechte stanzt Loch-
streifen als Ausgabe.*

*In der Schublade vorne
rechts ein Drucker, der
(„offline“) die auf Loch-
streifen repräsentierte
Information auf Papier
von Fernschreiberrol-
len bringt*

[https://onnoz.home.xs4all.nl/miracle/extra/photos/Ladies%20working%20on%20the%20Miracle%20\(Lidy%20middle\).jpg](https://onnoz.home.xs4all.nl/miracle/extra/photos/Ladies%20working%20on%20the%20Miracle%20(Lidy%20middle).jpg)

Dietrich Prinz und Ferranti (9)



Bildquellen: <https://onnoz.home.xs4all.nl/miracle/>

Ferranti Mark I: Eine Detailansicht der Bedienkonsole mit „beeldschermen van twee televisiebuizen“ zur Darstellung des Speicherzustands. Aus Anlass der Installation des eine Millionen Gulden teuren ersten kommerziellen Rechners der Niederlande erschien im „Nieuwe Rotterdamse Courant“ ein längerer Artikel über elektronische Rechenautomaten; dessen Anfang rechts wiedergegeben ist.

Electronische rekenautomaat „Miracle“

In eerste instantie waren het in de tweede wereldoorlog de militairen, die dringend behoefte hadden aan zeer snel werkende rekenmachines. De snelheid van de mechanische typen is sterk gelimiteerd, zodat het niet valt te verwonderen, dat de technici begerige blikken wierpen naar de radar, waar met uitermate korte impulsen wordt gewerkt, welke impulsen dienstbaar gemaakt kunnen worden aan een rekenmachine. De Eniac, die voor zover wij ons kunnen herinneren als eerste in Amerika uit de bus kwam, was een enorm apparaat met enkele duizenden radio-buizen. Boze tongen mogen beweren, dat deze rekenautomaat meer in de reparatie was dan in werking, het nam niet weg, dat de grondslag was gelegd. Successievelijk werd men de kinderziekten de baas en al is tegenwoordig een electronische rekenmachine nog geen toonbankartikel, belanghebbenden kunnen zulk een machine hier of daar bestellen.

Dietrich Prinz und Ferranti (10)

Generell waren die durch den Computer erzeugten Musikstücke beliebt, sie wurden vor allem als wirksame Effekte bei der Vorführung des Computers eingesetzt. Der niederländische Schriftsteller Gerrit Krol (1934 – 2013), der mehrere Jahre als MIRACLE-Programmierer gearbeitet hatte, schrieb später dazu in seinem Roman „Het gemillimeterde hoofd“: „Elke keer als er bezoekers zijn, HBS-ers uit Krommenie of de directie van een Chinese kunstmestfabriek, dan wordt het papierrolletje waarop ‚Mozart‘ staat ingevoerd. De gasten mogen een rijtje knoppen bedienen, ieder op zijn beurt, en elke keer brengt de machine een ander melodietje“. [„Jedes Mal, wenn Besucher kommen, Oberschüler aus Krommenie etwa oder die Leitung einer chinesischen Düngemittelfabrik, dann wird die Lochstreifenrolle, auf der ‚Mozart‘ steht, eingelesen. Aus einer Reihe von Schaltern können die Gäste einen nach dem anderen betätigen, und jedes Mal erzeugt die Maschine eine andere Melodie.“] „Dan laten ze het apparaat een liedje spelen op zijn claxon, het klinkt wel wat dof“ lästerte allerdings eine holländische Zeitung zu dieser Praxis.

MIRACLE hatte nicht nur Mozart oder Kinderlieder wie „In een blauw geruite kiel“, sondern auch die niederländische Nationalhymne „Het Wilhelmus“ im Repertoire. Der etwa zur selben Zeit nach Rom ausgelieferte Ferranti-Rechner FINAC sollte natürlich die italienische Nationalhymne spielen können, wobei Dietrich Prinz aber ein Irrtum unterlief: Beim Abnahmetest des Rechners im Juni 1955 ertönte im Beisein des Bürgermeisters und des Polizeichefs von Rom die frühere faschistische Hymne! Bei der offiziellen Inbetriebnahme von FINAC Mitte Dezember 1955 war der italienische Staatspräsident Giovanni Gronchi anwesend – zum Vergnügen der Entourage des Präsidenten erklang dann der Triumphmarsch aus Aida.



Dietrich Prinz und Ferranti (11)

UN'INTERVISTA CON IL PROFESSOR MAURO PICONE

E' a Roma la macchina elettronica che calcola a tempo di record e gioca a scacchi

Per dare un'idea della sua velocità di lavoro basti dire che un calcolo che avrebbe richiesto un anno di applicazione da parte di due esperti matematici è stato portato a termine dal prodigioso meccanismo in tre ore e un quarto. *s* Quali le sue applicazioni?

Il Messaggero, am
1. 2. 1955

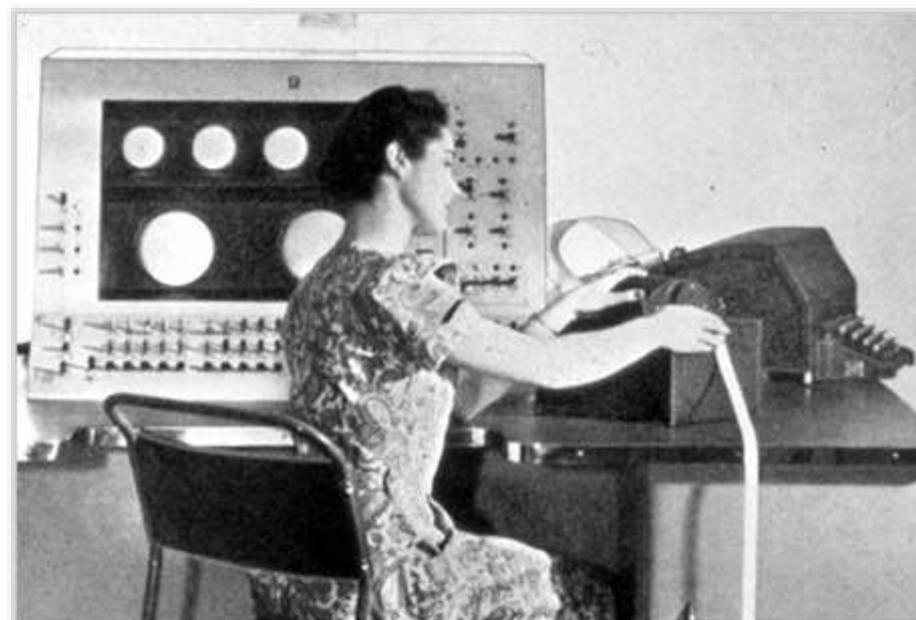
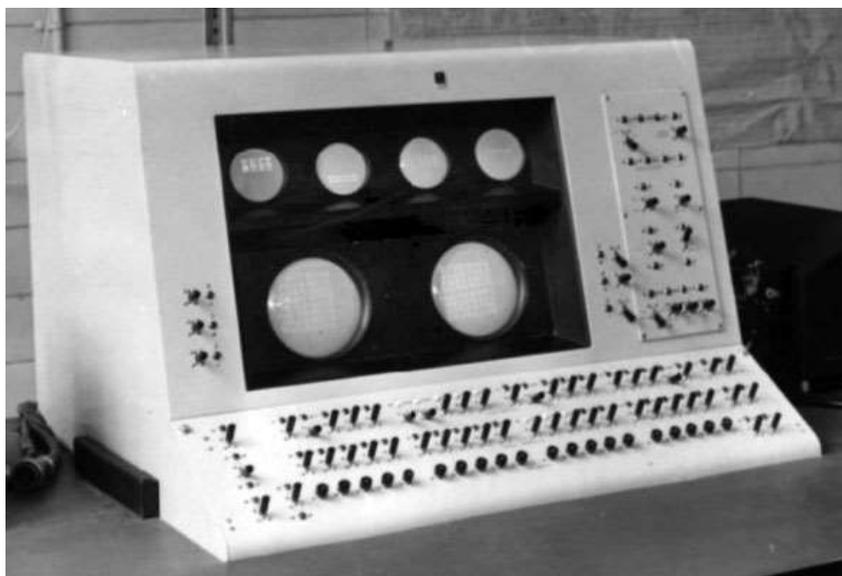
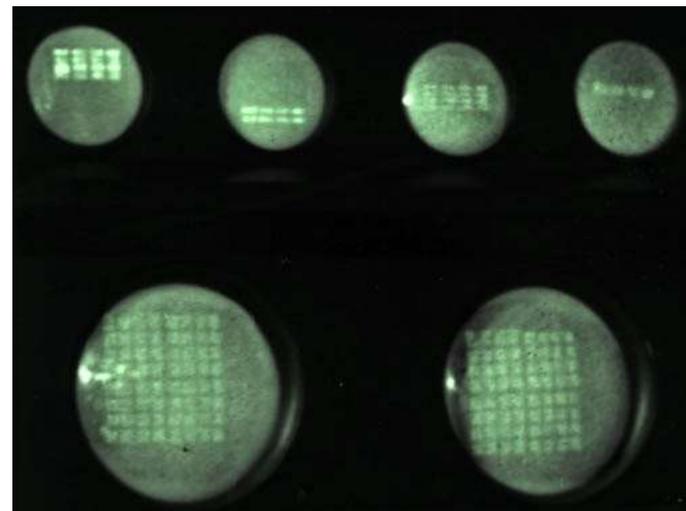


Eine weitere Ansicht des Ferranti Mark I, hier die „calcolatrice elettronica FINAC“ am Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (INAC) in Rom, ca. 1955. Dietrich Prinz war von Ferranti ab Ende September 1955 für ein halbes Jahr zur Betreuung der Maschine nach Rom entsandt und arbeitete u.a. zusammen mit Corrado Böhm an einem Interpreter für eine symbolische Sprache („Intint“), ferner entwickelte er in Rom Programme zur Lösung von Transportproblemen und befasste sich mit dem maschinellen Komponieren von Musik sowie weiterhin mit dem automatischen Lösen von Schachproblemen.

Dietrich Prinz und Ferranti (12)

Einige weitere Bilder der [Konsole des Ferranti Mark I](#):

“The two larger displays can be switched to show the current contents of any of the 8 memory pages. The smaller displays show the current contents of the four auxiliary tubes A – D. The input medium is a paper-tape reader, the output medium a teleprinter and paper tape punch.”



<http://heritage.utoronto.ca/fedora/repository/>

Dietrich Prinz und Ferranti (13)



www.ourcomputerheritage.org/F1_Ferranti_Mark_I_Star_during_commissioning.htm

Der erste serienmässig hergestellte Computer „Ferranti Mark I“ – hier mit geöffneten Elektronikschränken bei der Übergabe der Maschine an einen Kunden

Dietrich Prinz (1903 – 1989)

Dietrich Günter Prinz wurde 1903 in Berlin geboren und war deutsch-jüdischer Abstammung. Er studierte Mathematik und Physik an der Humboldt-Universität. 1925 fertigte er seine Dissertation „Über Elektronenraumladung und ihre Beeinflussung durch positive Ionen“ bei Prof. Arthur Wehnelt an, im Oktober 1925 nahm er eine Stelle bei Telefunken in Berlin an. Er war dort mit der Entwicklung von Elektronenröhren befasst und erhielt mehrere Patente zu Entdeckungen im Bereich Hochfrequenzröhren und Magnetron – mit letzterem können Millimeterwellen erzeugt werden, was später in der Radartechnik (und auch beim Mikrowellenherd) relevant wurde.

1936 emigrierte er aufgrund der zunehmend schwierigeren und gefährlicheren politischen Lage für die Juden im Nazi-Deutschland nach England. Er ging zu den Research Laboratories der General Electric Company (GEC) in Wembley, wohin er zuvor schon fachliche Kontakte aufgebaut hatte. Während des zweiten Weltkriegs wurde er wie viele deutsche Flüchtlinge als verdächtige Person („enemy alien“) interniert und in ein Lager nach Kanada gebracht. Bereits 1943 konnte er aber einen (1944 veröffentlichten) Artikel zur Regelungstheorie einreichen. Nach dem Krieg nahm Prinz die britische Staatsbürgerschaft an und ging 1947 zur Firma Ferranti. Dort befasste er sich früh mit der sich entwickelnden Computertechnologie, er kam in Kontakt mit Alan Turing und anderen Pionieren der Computertechnik der Universität Manchester, programmierte selbst an den Prototypmaschinen und wurde dadurch Experte für Programmierung.



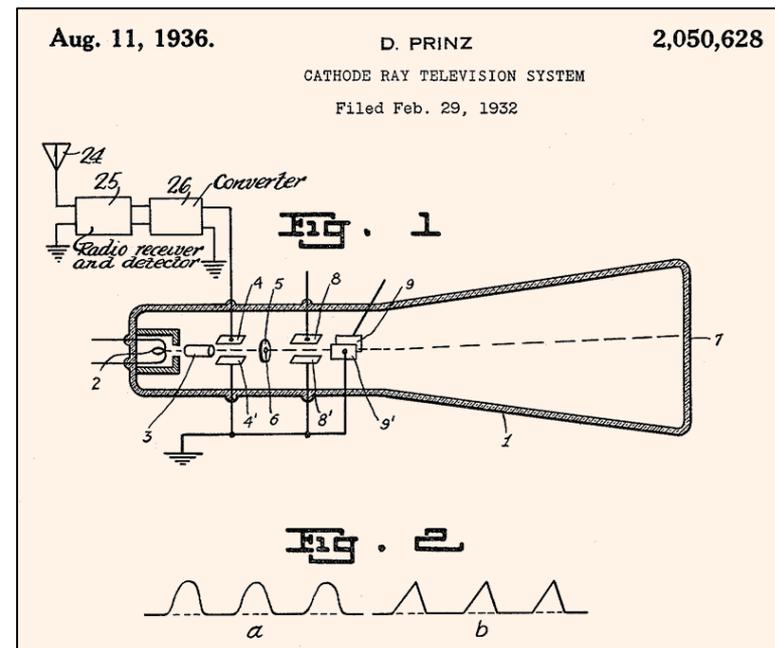
Dietrich Prinz (2)

1950 veröffentlichte Prinz einen Artikel „A Relay Machine for the Demonstration of Symbolic Logic“ im Nature-Magazin. Wohl angeregt durch den im gleichen Jahr erschienenen Artikel „A Theory of Chess and Noughts and Crosses“ von Donald Davies und durch Gespräche mit Alan Turing befasste er sich mit der Schachprogrammierung und realisierte im November 1951 das erste Programm, das Schach spielen konnte – wenn damit auch nur, aufgrund der beschränkten Maschinenressourcen, Aufgaben „Matt in zwei Zügen“ in typischerweise 15 bis 20 Minuten Rechenzeit gelöst werden konnten. Das Programm ist im oben erwähnten Artikel „Robot Chess“ beschrieben. Bekannt geworden ist auch sein Auftritt bei der Berliner Industrieausstellung 1951, wo er dem deutschen Wirtschaftsminister bei der öffentlichen Nim-Partie gegen den Ferranti-Nimrod-Computer beistand.

Im September 1955 wurde Prinz für ein halbes Jahr nach Rom entsandt, um bei der Inbetriebnahme eines Ferranti-Rechners zu helfen; er arbeitete dort u.a. mit Corrado Böhm zusammen. Arbeitsgebiete ab dieser Zeit waren die lineare Programmierung und generell Optimierungsprobleme im Transportbereich; mit seinen Programmen konnten Bus- und Bahnfahrpläne oder Ampelschaltungen („grüne Welle“) berechnet werden. Nebenbei befasste er sich u.a. auch mit der Erzeugung von Computermusik.

Prinz hatte einen Sohn (Jon Prinz, 1953 – 2017), der ein bekannter Ernährungswissenschaftler wurde, sowie eine Tochter (Daniela Prinz Derbyshire, geboren 1963).

Aus einem der zahlreichen Patente von Dietrich Prinz bei Telefunken: Cathode Ray Television System



Dietrich Prinz (3)

Nachfolgend einige Zitate aus dem Aufsatz “Computer chess: the first moments”, verfasst vom Philosophen und Computerhistoriker Jack Copeland und Dani Prinz, der Tochter von Dietrich Prinz (erschienen im Sammelband “The Turing Guide“, Oxford University Press, 2017):

Prinz was a computer geek before the term was even invented, and [Turing](#) himself taught this quiet polite German refugee how to program the Manchester University Ferranti computer. How Prinz — well mannered, obsessively tidy, meticulously organized, and always punctual — got on with the untidy and not-so-well-mannered Turing went unrecorded, but the two certainly had plenty of intellectual ground in common.

A chess addict, Prinz was always ready for a game. With his thick shock of dark wavy hair and the demeanour of the traditional absent-minded professor, he would sit at the board looking relaxed and slightly amused — an expression that he customarily wore when concentrating hard. He smoked cigarillos endlessly, and when surprised would say ‘Ach’ in his thick, gravelly German accent. ‘Ziss is a good move’, he might congratulate his opponent.

He was born in Berlin in 1903 and grew up in the Tiergarten district of the city. His father was a lawyer, but science was everything to the young Prinz. He studied physics and mathematics at Berlin University, where he was taught by such scientific giants as Albert Einstein and Max Planck. Subsequently, the Berlin radio and TV engineering company [Telefunken](#) hired him to work on electronic design problems. Prinz loved Berlin, calling it ‘my little home town’, but dark political clouds were gathering. An atheist intellectual German Jew, he fled Germany. It was a terrible wrench. He never saw some of his family members again, since they perished at the hands of the German SS.

At Telefunken, before he fled Berlin, Prinz had appealed for help to some visiting British engineers, from the electrical manufacturing company [GEC](#). As a result, a position awaited him at GEC’s Valve

Dietrich Prinz (4)

Development Laboratory in Wembley. He had brought his patents with him from Germany, carefully packed in his suitcases: these related to radio, television, and an exotic type of vacuum tube called the 'magnetron'. Nowadays, magnetrons produce the microwave energy for cooking food in microwave ovens, but in pre-war Europe the magnetron was about to play a major role in radar. A group working for the British Admiralty perfected the design in 1940, creating the 'multi-cavity magnetron'; this was said to have had more influence on the course of the war than any other single invention, since it was key to constructing small, powerful, and accurate radar sets, compact and light enough to be fitted into aircraft. [...]

By 1947 Prinz had adopted British nationality and was working for [Ferranti](#), where he became a first-generation code hacker, and eventually set up Ferranti's programming department. Like Turing and Strachey, he would work through the night at the computer. By the time Turing arrived in Manchester, in the autumn of 1948, Prinz had been working on the idea of building specialized relay-based computers for performing complex logical deductions. It was Turing's assistant at the National Physical Laboratory, [Donald Davies](#), who piqued Prinz's interest in computer chess: Prinz was inspired by Davies's important article 'A theory of chess and noughts and crosses', which he read in a popular science magazine. 'To programme one of the electronic machines for the analysis of Chess would not be difficult', Davies wrote. [...]

Prinz fed in on punched paper tape the board position that the computer was to examine. He recollected that the computer 'took about 15 minutes' to produce the winning move. Prinz's program was a short-lived wonder. 'After establishing that it worked, it was never used again', Prinz related. He explained: 'The number of machine users increased so much that there was not enough time left for frivolities.' Nevertheless the significance of what Prinz had done was akin to the Wright brothers' first short flight. [He had shown that computers were not just high-speed number crunchers. A computer had played chess.](#)

Schach mit dem CSIRAC?



Das Bild von 1956 zeigt Frank Hirst (1919-2017), der an der Universität Melbourne in Australien für das Computation Laboratory und den dortigen CSIRAC-Rechner zuständig war, zusammen mit der Reporterin Kerry Pearce vom „Herald Sun“ beim Schachspielen vor der Computer-Konsole. Tatsächlich konnte jedoch CSIRAC nie Schach spielen; das Archiv des Museums, das die Fotosammlung zu CSIRAC von der Universität übernommen hat, ver-

merkt sogar explizit beim Bild: „This was a publicity photograph. In practice CSIRAC storage capacity at this stage would have been insufficient to hold a program sophisticated enough to play chess.“ Wieso entstand dann aber so ein Foto?

Schach mit dem CSIRAC? (2)

CSIRAC (Council for Scientific and Industrial Research Automatic Computer) war ein in Australien von 1949 bis 1951 gebauter Rechner. Eine Speichereinheit („Wort“) bestand aus 20 Bits; anfangs hatte der Rechner einen RAM-Speicher von 256 solcher Speicherworte, später wurde dieser auf 768 Worte erweitert; wie beim „Manchester Baby“ bzw. dem „Ferranti Mark I“ wurde der Speicher mit anderthalb Meter langen Quecksilber-Speicherröhren, die als Ultraschall-Verzögerungsleitungen (mit $\Delta t \approx 1\text{ms}$) fungierten, realisiert. Ferner existierte als Hintergrundspeicher eine Magnettrommel mit einer Speicherkapazität von 1024 Worten. Die Zykluszeit betrug 500 bis 1000 Operationen pro Sekunde; insgesamt benötigte die Maschine 30 kW Strom und wog ca. 2 Tonnen. (Ein interessantes 15-minütiges Video von 1965 inkl. Transkript zeigt CSIRAC in Aktion und erläutert dessen Nutzung an einem Beispiel: <https://vimeo.com/114518543> oder <https://csiropedia.csiro.au/the-computer-csirac-1965/> oder <https://www.youtube.com/watch?v=tvbU00dpnlg>, Transkript: www.csiro.au/Vimeo/CSIRAC/video-transcript.)

Später wurde der vom Radiophysics Laboratory in Sidney gebaute Rechner der Universität Melbourne zur Nutzung überlassen, dabei kam es 1956 zu einer offiziellen Übergabe mit einem Pressetermin. Bei der Zeremonie betätigte der Vizekanzler der Universität einen Schalter an der Rechnerkonsole, woraufhin Kontrolllampchen aufflackerten und ein vorgeladenes Programm auf dem Fernschreiber mit einer Geschwindigkeit von 5 Zeichen pro Sekunde eine Nachricht ausdrückte: „Mr Vice Chancellor, Thank you for declaring me open. I can add, subtract, and multiply; solve linear and differential equations; play a mediocre game of chess and also some music.“ Vermutlich sollte damit eher das Potential der Maschine umrissen werden (und schließlich hatte Dietrich Prinz ja bereits 1951 ein rudimentäres Schachprogramm auf einem ähnlichen Rechner in Grossbritannien implementiert), wurde von den Zeitungen aber wortwörtlich genommen. Auch Mathematikprofessor Thomas Cherry (1898 – 1966) erwähnte anlässlich der Feierlichkeiten eher beiläufig die Möglichkeit, Schach und Musik „within the scope of strictly determined criteria“ spielen zu können, ging aber vor allem auf die seinerzeit enorme Rechenleistung der

Schach mit dem CSIRAC? (3)

Maschine ein. Dies („equivalent of 111 office girl power“) war für die Presse aber offenbar nicht so interessant wie Schach und Musik. Letzteres konnte immerhin demonstriert werden, u.a. spielte CSIRAC programmgesteuert das im angelsächsischen Sprachraum weit verbreitete Studentenlied „Gaudeamus igitur“. (Musik wurde nach einem ähnlichen Prinzip wie beim weiter oben beschriebenen „Ferranti Mark I“ erzeugt; Hörbeispiele findet man bei www.doornbusch.net/CSIRAC/index.html). Es verwundert daher kaum, dass die Zeitschriftenartikel zur Eröffnungsfeier Überschriften trugen wie „The singing electronic brain“ oder „Professor teaches electronic brain to hum bathroom ditty and play games“.



1. Gau - de - a - mus i - gi - tur, iu - ve - nes dum
su - mus; post iu - cun - dam iu - ven - tu - tem,
post mo - le - stam se - nec - tu - tem nos ha - be - bit
hu - mus, nos ha - be - bit hu - mus!

Gaudeamus igitur, iuvenes dum sumus; post iucundam iuventutem, post molestam senectutem nos habebit humus.

Vita nostra brevis est... Vivant omnes virgines! ... Vivat academia, vivant professores!

Lasst uns also fröhlich sein, so lange wir noch jung sind! Nach angenehmer Jugendzeit, nach beschwerlichem Alter, wird uns die Erde zu sich nehmen. ...

Schach mit dem CSIRAC? (4)

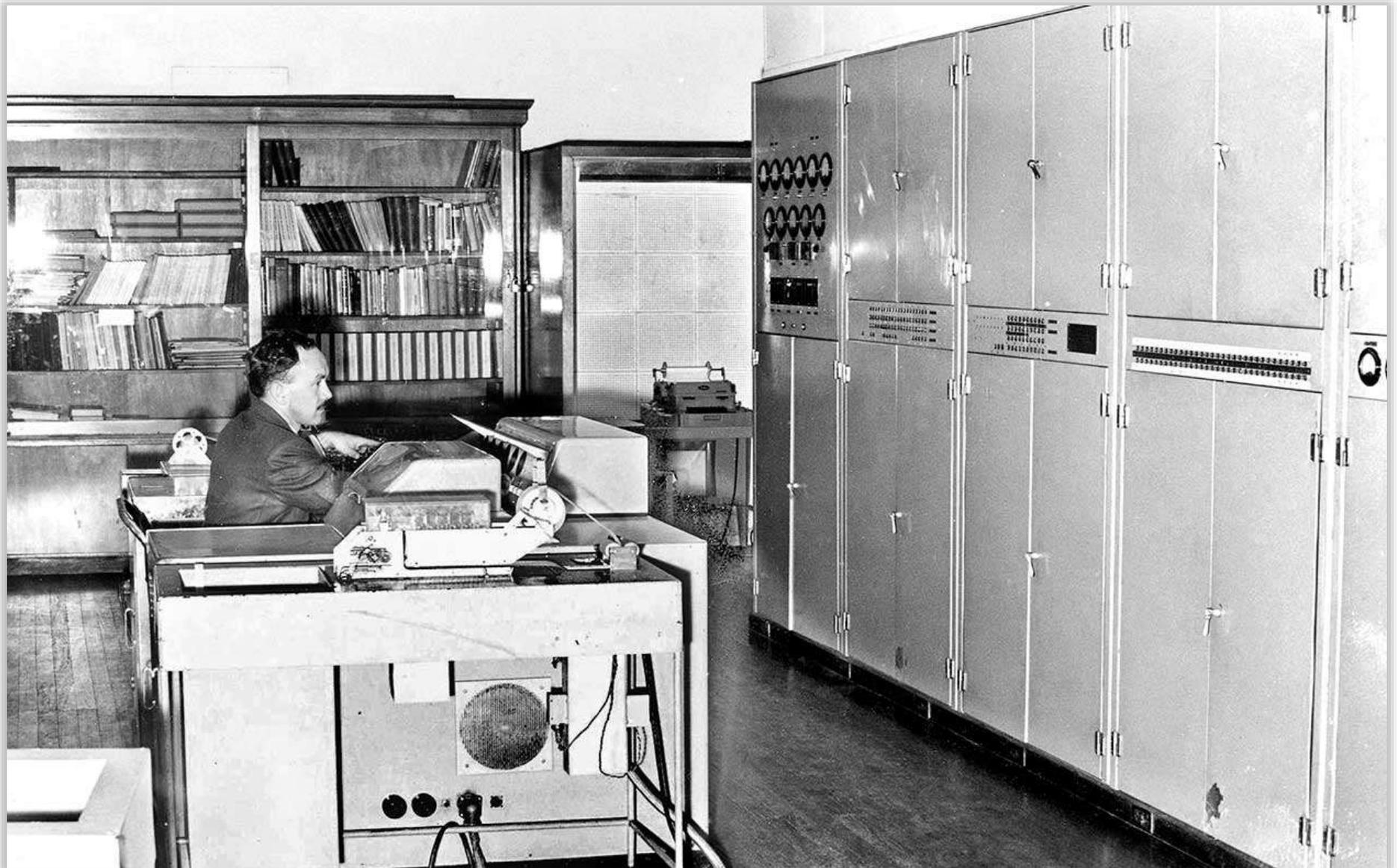
Im Bild liess sich das Musikspielen allerdings nicht festhalten, wohl deswegen arrangierte man dafür eine Schachspiel-Szene. Immerhin kam es später aber zu einer Serie von Nim-Partien eines Reporters gegen die Maschine: „Mr. M.G. Hill who helps tend the brain in the University’s physics department invited me to match wits with the computer in a match game. Ten matches were placed on a table. CSIRAC reproduced them as point of eerie blue light on one of its tiny TV screens. The winner would be he/it who picked up the last match. [...] We played many match games – but the brain with devilish scientific cunning – won every time.“



CSIRAC mit geöffneten Elektronik-schränken im Museum

Schach mit dem CSIRAC? (5)

CSIRAC in Betrieb, ca. 1958



https://archives.unimelb.edu.au/_data/assets/image/0007/2481730/UIMA-I-1701.jpg

1952: Portable electronic brain plays chess

The British Chess Magazine, Jan. 1952, pp. 8-9:

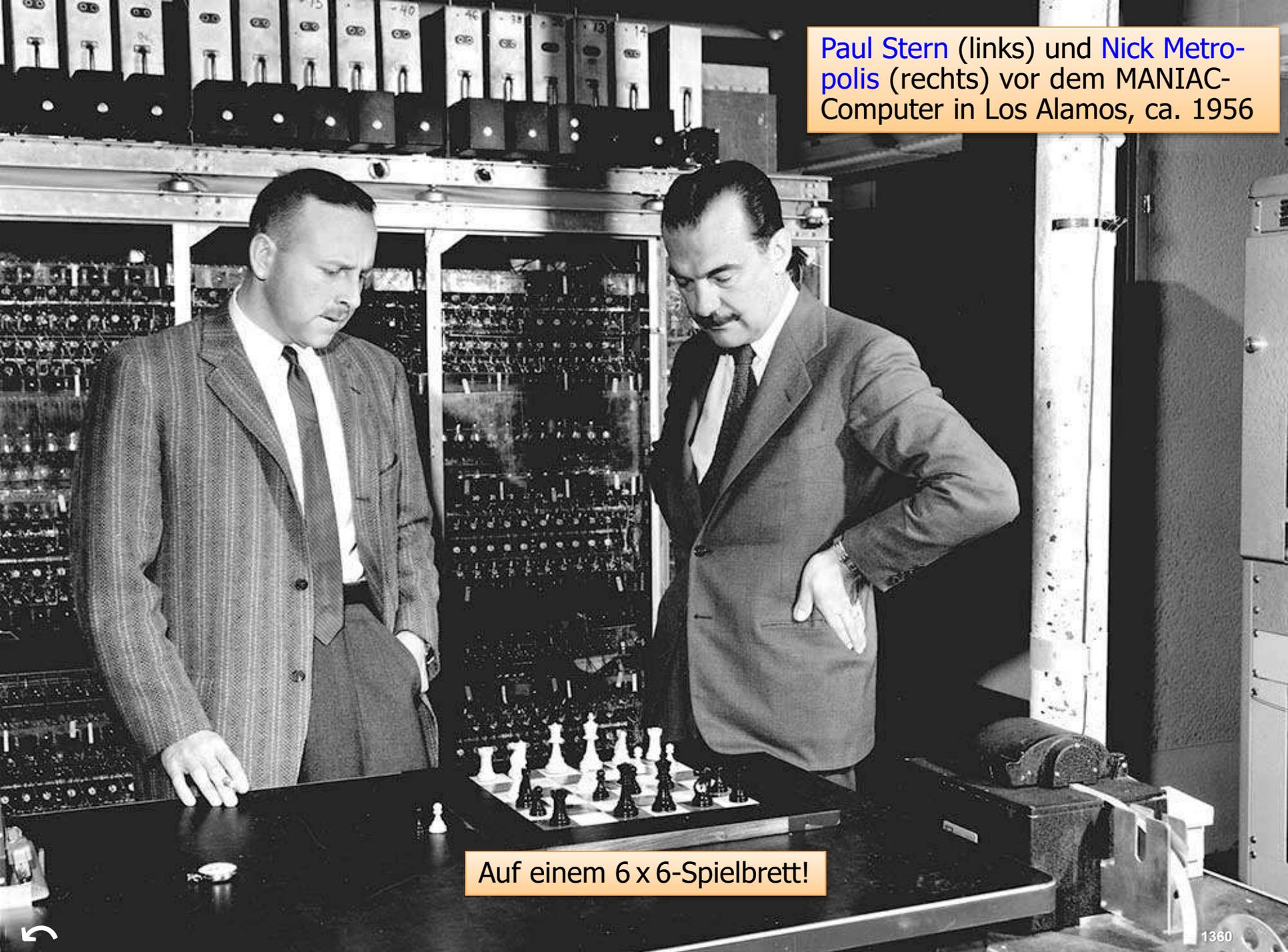
My more mechanically minded readers will be interested to learn that a portable electronic brain, weighing a mere 500 pounds and costing only 80,000 dollars has been developed by the Computer Research Corporation of Hawthorne, California. One of its designers, Richard Sprague, claims it can play unbeatable chess. Donald H. Jacobs, president of the Jacobs Instrument Company of Bethesda, Maryland, and himself developer of a 140-pound mechanical brain, proved sceptical and challenged the

Chess Review,
Feb. 1953, p. 34:

“If you happen to have \$80,000 loose in your pocket and want an electronic gadget which will play chess, you can now buy one. The machine comes mounted on casters in a 500-pound package. Engineer Richard Sprague, one of its designers, says it would prove a monotonous opponent. It can also be used to help control traffic. It will make sixteen computations a second and will work any and all mathematical problems. However, you have to be a mathematician to run the thing—which rules out this editor.

—*The Wright Line*, Wright & Company, Inc., Worcester, Massachusetts.”

Paul Stern (links) und Nick Metro-
polis (rechts) vor dem MANIAC-
Computer in Los Alamos, ca. 1956



Auf einem 6 x 6-Spielbrett!

Video
3:53

Los Alamos, 1956

MANIAC I (white)

versus

Secretary (black)



„[Man against machine in 1956](#): Maniac against a young secretary from IBM“
(Die junge Frau hatte erst eine Woche zuvor mit dem Schachspiel begonnen)
www.youtube.com/watch?v=Z2tjQ2WxIK0

Computing & Computers

Weapons Simulation Leads to the Computer Era

by Francis H. Harlow and N. Metropolis

From the beginning, research at Los Alamos has exploited the happy interrelationship among experiment, field observation, and theory. Each of these has its tools; for theoretical investigations the most important are the indispensable calculators and computers.

Until the age of computers, the classical approaches to theoretical investigations centered on the mathematical techniques of perturbations and linearization. Complicated

for the wartime research at Los Alamos.

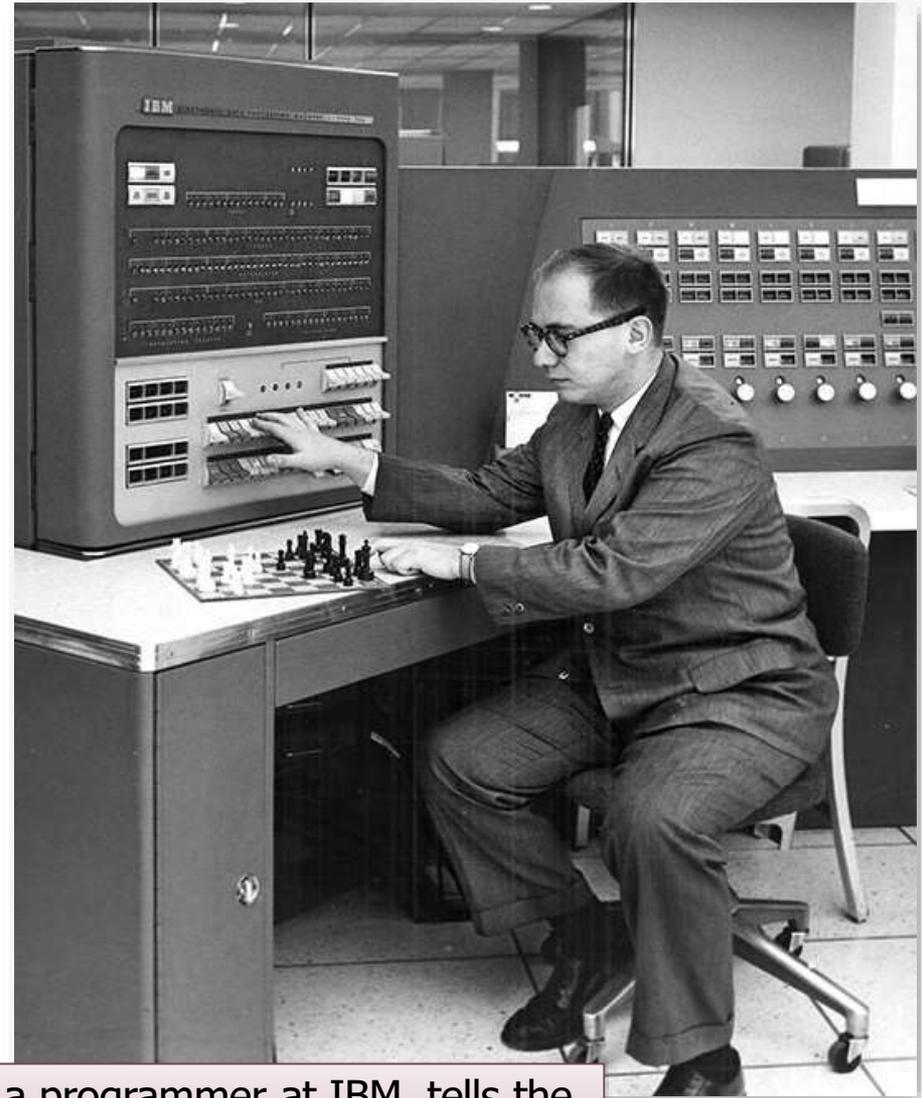
During World War II, the primary mission at Los Alamos was to design, build, and proof-test a fission bomb. The problems presented a variety of technical challenges, both experimental and theoretical. They were hard but eventually proved solvable. Some of the theoretical analysis was accomplished by analytical procedures, but most required tedious numerical evaluations cranked out on desk-top calculators or on electro-mechanical business machines using

behavior and explosive power of a nuclear detonation. The issues to be resolved centered on the following.

- The physical and chemical properties of materials at extremely high temperatures and pressures: equations of state, reaction cross sections, and explosive detonation chemistry.
- Fluid dynamics in its most general sense: the motion of highly deformable materials in the presence of chemical and nuclear energy release.

Hauptaufgabe von MANIAC war allerdings das [Berechnen von Nuklearwaffen](#): „Commencing with fission bomb technology and advancing through the era of thermonuclear weapons design, the results of computer technology development at Los Alamos will continue for a long time to solve problems...”

Alex Bernstein an einer IBM 704-Konsole:
Das erste „echte“ Schachprogramm (1958)



„Bernstein, an experienced chess player and a programmer at IBM, tells the computer what move to make by flipping the switches on the front panel“

Auszug aus: A. Bernstein, M. D. V. Roberts (1958). Computer v. Chess-Player. Scientific American, 198(6), 96-105.

The operation of the computer is itself fascinating to watch. You sit at the console of the machine with a chessboard in front of you and press the start button. Within four seconds a panel light labeled “Program Stop” lights up on the console, and you now make your choice of black or white: to choose black you flip a switch on the console; if you want white, you simply leave the switch as it is. Suppose you have picked black. To begin the game you press the start button again. The machine now “thinks” about its first move. There is nothing spectacular about this. Some lights flash on the console, but the computer is working so swiftly that it is impossible to say just what these flashes mean. After about eight minutes, the computer prints out its move on a sheet of paper. Now the “Program Stop” light goes on again and the computer waits for its opponent to reply. You punch your replying move on an IBM card and put this card in a section of the machine which reads it. To signal that it is the machine’s turn you press the start button again. The machine prints your move and the new board position and then goes on to calculate its second move. If you have made an illegal move, the computer will refuse to accept it, printing out “please check last move.” So the game proceeds. At the end of the game, after a mating move or a resignation, the machine prints the score of the game, and to its opponent: “thank you for an interesting game.”

Undoubtedly our chess player is only a prototype for far more skillful players to be built in the future. Probably they will not go much farther in depth of planning: even with much faster computers than any now in existence it will be impracticable to consider more than about six half-moves ahead, investigating eight possible moves at each stage. A more promising line of attack is to program the computer to learn from experience. As things stand now, after losing a game the machine quite happily makes the same moves again and loses again in exactly the same way. But there are some glimmerings of ideas about how to program a machine to avoid repeating its mistakes, and some day – not overnight – we may have machines which will improve their game as they gain experience in play against their human opponents.



The New Yorker, Nov. 29, 1958,
pp. 43-44, „*Runner-Up*“ (Auszug)

704 consists of eighteen glass-fronted cabinets; an immense console studded with rows of push buttons and red, green, and yellow lights; and a printing machine. In order to provide the right answer to a problem, 704 must, of course, be given the right information, which a computer specialist feeds into it with the help of push buttons and punched cards. This information races about the room, in and out of the faintly blinking and purring cabinets, and the answer eventually pops out at the specialist from the printing machine. The computer specialist who, along with three assistants, taught chess to 704 is a cheerful, soft-spoken young man named Alex Bernstein. “It took us almost two years to do the job, working during the slack third shift, from after midnight on,” Mr. Bernstein told us. “Sometimes, along about four in the morning, I’d be bent over my chessboard, making encouraging noises at 704, and, glancing up, I’d see somebody

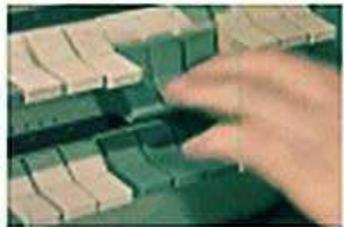
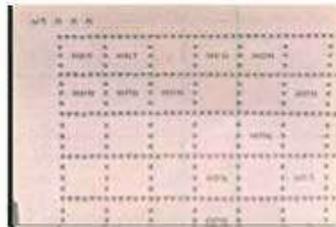
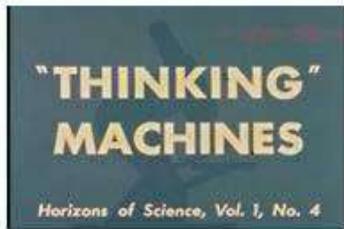
staring in at me through the Madison Avenue windows. From the look on his face, I’d know he thought I was absolutely balmy.”

How do 704 and Bernstein play chess? In a friendly, civilized fashion, like any chess players. “I get out my board, sit down at the console, and flip a switch or not, according to whether I wish to use white pieces or black,” Mr. Bernstein said. “Suppose I choose black. The machine then studies its opening move. After eight minutes of steadily flashing lights on the console, it prints out its move, then prints the whole chessboard as well, forming the borders of the squares with asterisks and identifying the men with ‘M’ for ‘machine’ and ‘O’ for ‘opponent.’ ‘MBS,’ for example, stands for 704’s bishop. I punch out my move on an I.B.M. card and place it in the machine, which reads it, prints out the new board positions, and spends another eight minutes figuring out its next move. And so on to the end of the game, when the machine announces the winner and, minding its manners, adds, ‘Thank you for a very interesting game.’”

We asked Mr. Bernstein if he'd ever lost to 704, and, with some reluctance, he admitted he hadn't. "But then I've been playing since I was nine, and I'm fairly good," he said. "While 704 makes excellent individual moves, it isn't able to think far enough ahead. Anyone who can plot a three-move trap can beat it, and here's why. Before each move, the machine scans the board and takes note of what's in each square. Then it asks itself eight questions—'am I in check?,' 'Can I develop a minor piece?,' 'If I haven't castled, should I do so now?,' and so forth—and, according to the answers to these questions, proceeds to choose the seven most promising moves it can make. For each of these moves, it then studies seven likely responses by its opponent, and for each response seven logical counter-moves, followed by seven logical counter-responses. Altogether, it considers a total of twenty-eight hundred positions before making a move. There go your eight minutes. If it chose eight promising moves at each stage, instead of

seven, and carried the promising possibilities a single stage further, thus taking care of the three-move trap, each move would take six and a half hours. Even for the most serious chess player, that's too long a wait between moves. Our best hope of beating this isn't to try and speed up the action of the machine but to build in some sort of self-improvement routine, so the computer will learn by experience and will come to reject a move that, though logical, hasn't worked well in the past."

Bernstein has been too busy lately on other I.B.M. projects to play much chess with 704, and he finds he misses their early-morning sessions. "In theory, 704 was incapable of surprising me, but every so often it did," he said. "If I made an illegal move, it would print out the message 'Please check last move,' and it never lets a piece get caught *en prise*—a thing that's happened to many a true chess master. Once or twice, it played so well that it rattled me. I'd actually find myself asking it, 'What the devil are you up to now?'"



Narrator: What can we learn about thinking from a game of chess? One challenging approach has been made by mathematician, Alex Bernstein, based on this ancient, intellectually demanding game with its complex moves and its endlessly varying patterns of play. If chess had been played at the rate of a million games a second, since the beginning of recorded time, only a small fraction of all the possible games would yet have been played.

No human being can play a perfect game of chess and neither can any conceivable machine. To find out how good a game of chess a machine might play, Mr. Bernstein and his collaborators prepared a chess-playing program for the IBM 704, a digital computer that has performed one billion calculations in a single day in computing the orbit of an artificial satellite. The chess-playing program is given to the 704 on a reel of magnetic tape.

On the chessboard itself the moves are made by Mr. Bernstein for both players. As he makes a move, he communicates it to the machine. The machine prints out the position of all the pieces. Its own and its opponents, to correspond with the chessboard on every move. In calculating its moves, the machine considers the board square by square. Is the square occupied? By whose man? Is it under attack? Can it be defended? Can it be occupied? All this has taken a long time by computer standards. One-tenth of a second. Now the computer proceeds to select its move. It has about 30 possible moves.

After asking eight preliminary questions about each of them, it selects seven of the 30 for further analysis. It tests each of the seven through four moves ahead, considering its opponents' possible replies and its own possible counter responses in each case. It examines twenty eight hundred positions in eight minutes. Now the machine prints out its move. It elects to take the opponent's knight with its own bishop. Mr. Bernstein takes the machine's bishop with his queen. The move is recorded. But the machine rejects the move as illegal. The difficulty is an incorrect coding, which is corrected.

The game continues with the machine playing methodically and tirelessly. It's never absent-minded and never makes an obvious blunder. In individual moves, it often plays like a master. In a complete game, it can defeat an inexperienced player, but can be outwitted by a good one. This game has gone up to the 21st move. Mr. Bernstein attacks strongly, threatening the machine's knight with his castle. He records the move. The machine's response is a useless pawn move. Its unprotected knight is lost to Mr. Bernstein's castle. The machine recognizes its position as hopeless and resigns.

After losing a game, the machine will still make the same moves again and lose in the same way. Some day, though not soon, Mr. Bernstein feels, a program may be designed that will enable the computer to profit by its own mistakes and improve its chess game on the basis of its experience against human opponents.



Herbert Simon (1916 – 2001), Sozialwissenschaftler und Pionier der künstlichen Intelligenz, Turing Award 1975, Wirtschaftsnobelpreis 1978, hier mit einem IBM 650-Computer (1958)



IBM campione di scacchi (1960)

Alla Fiera Campionaria di Milano Mario Monticelli, più volte campione nazionale di scacchi, viene sconfitto da un elaboratore IBM, opportunamente programmato.

L'elaboratore dà scacco matto.



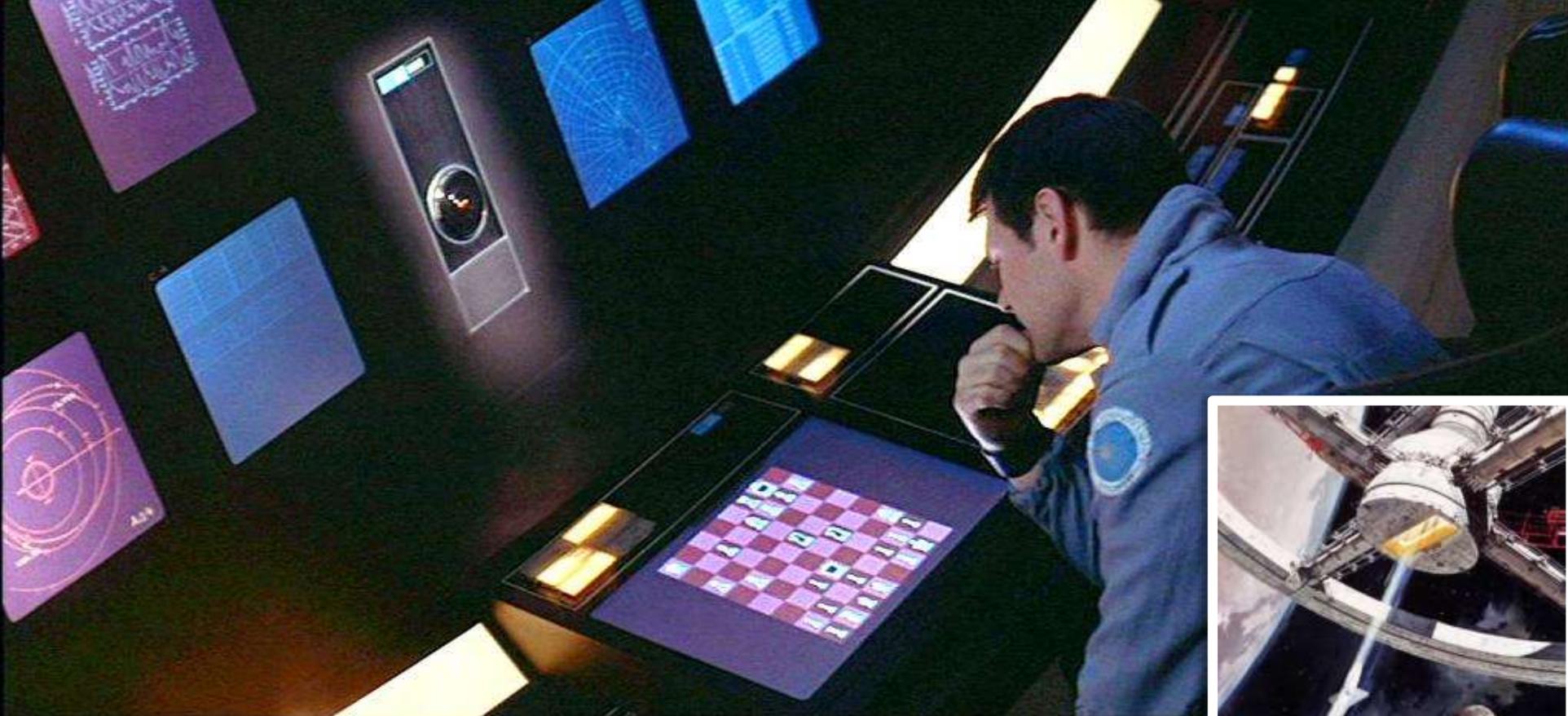
John McCarthy (1927 – 2011),
Pionier der künstlichen Intelligenz,
spielt Schach an der IBM 7090
in Stanford, ca. 1967

McCarthy erfand auch die Programmiersprache Lisp; 1988 erhielt er den Turing Award



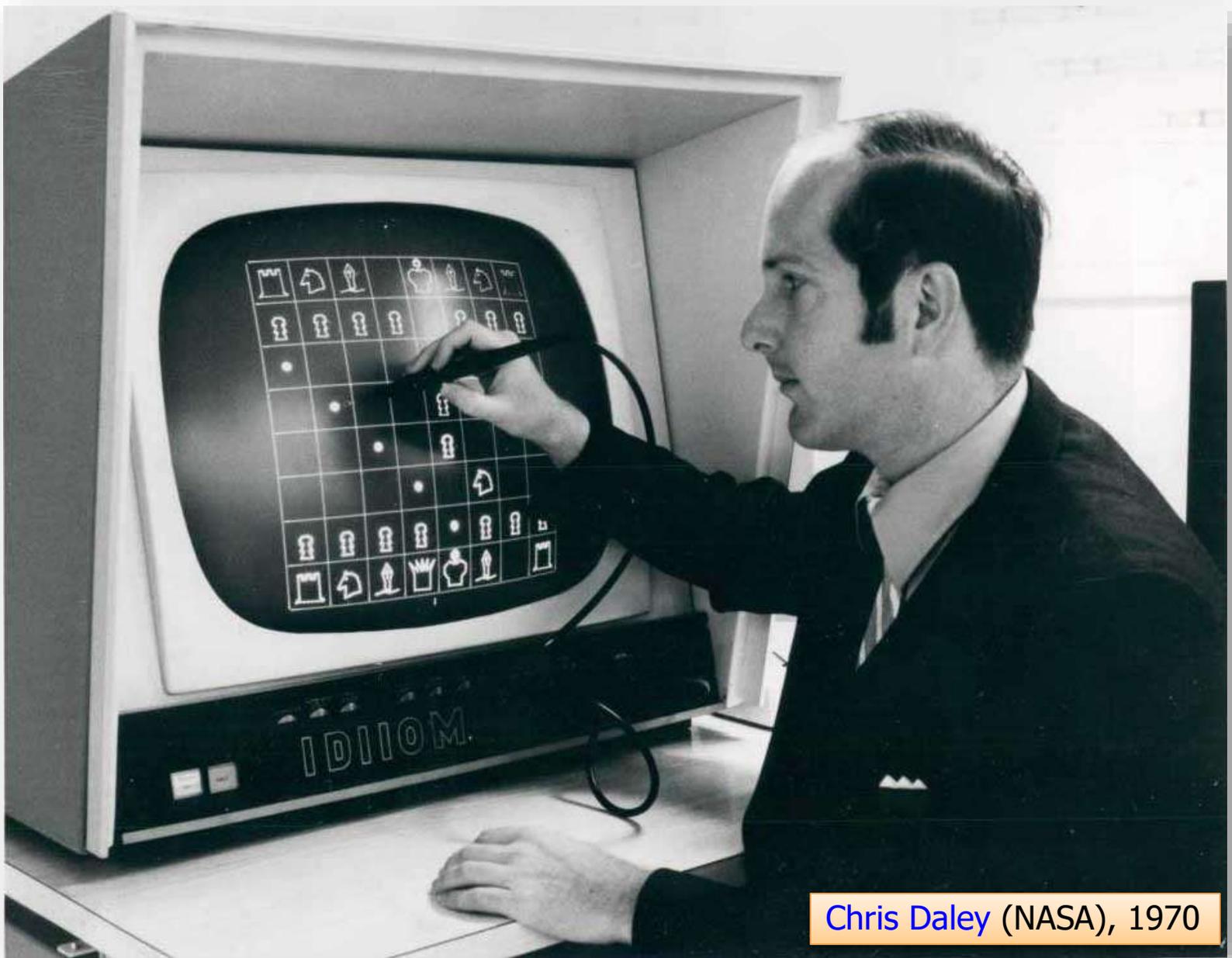


Mac Hack VI von Richard Greenblatt auf einer PDP-6 am MIT, 1967



Schach gegen den HAL-Computer im Science-Fiction-Film *2001: Odyssee im Weltraum* (Originaltitel: *2001: a space odyssey*) von Stanley Kubrick aus dem Jahr 1968. Eine fantastische Zukunft: Flache Farbbildschirme, Gesichtserkennung, Spracherkennung und künstliche Intelligenz! Dazu „Der Spiegel“: *„Hal ist ein netter Kerl. ‚Tut mir leid‘, entschuldigt sich der Super-Computer. Dann setzt er an zum tödlichen Finale: ‚Dame auf f3, Läufer schlägt Dame, Springer schlägt Läufer - matt.‘ ‚Ja, ja, du hast recht‘, seufzt Frank Poole. Der Astronaut vertreibt sich in Kubricks Film die 18 Monate dauernde Expedition zum Jupiter mit Schach gegen den allwissenden Bordcomputer ‚Hal‘.“*

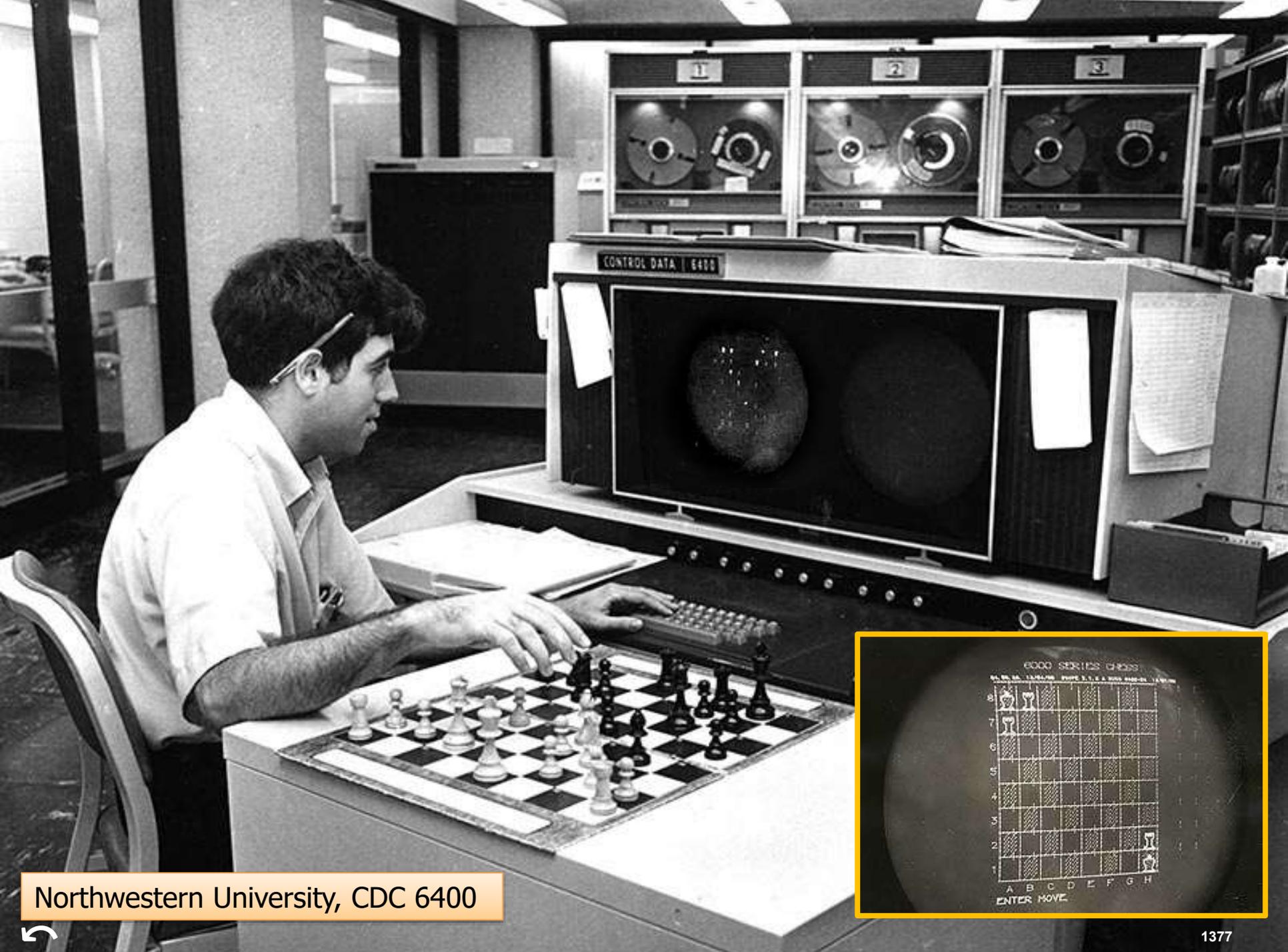
Filmsequenz "Dr. Frank Poole plays chess with HAL 9000 aboard Discovery": www.youtube.com/watch?v=MzIQUDQO-ag
Vgl. auch http://de.wikipedia.org/wiki/Roesch_%E2%80%93_Schlage,_Hamburg_1910



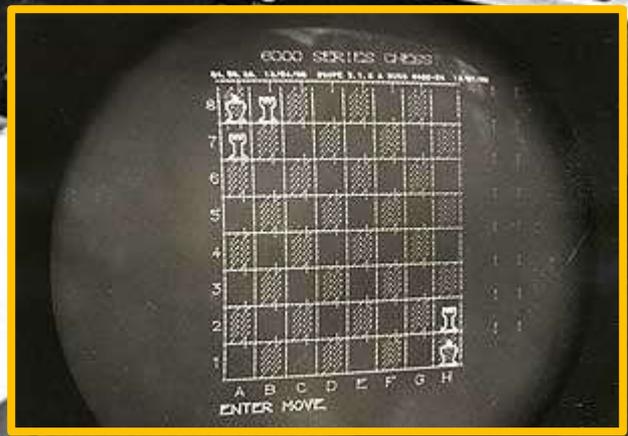
Chris Daley (NASA), 1970



Alex Bell, Peter Kent,
John Birmingham und
J. Waldron an einer
IBM 360/195, 1974



Northwestern University, CDC 6400



David Slate und Larry Atkin,
1975, via Teletype-Terminal mit
Akustik-Koppler verbunden mit
einem Mainframe-Computer an
der Northwestern University

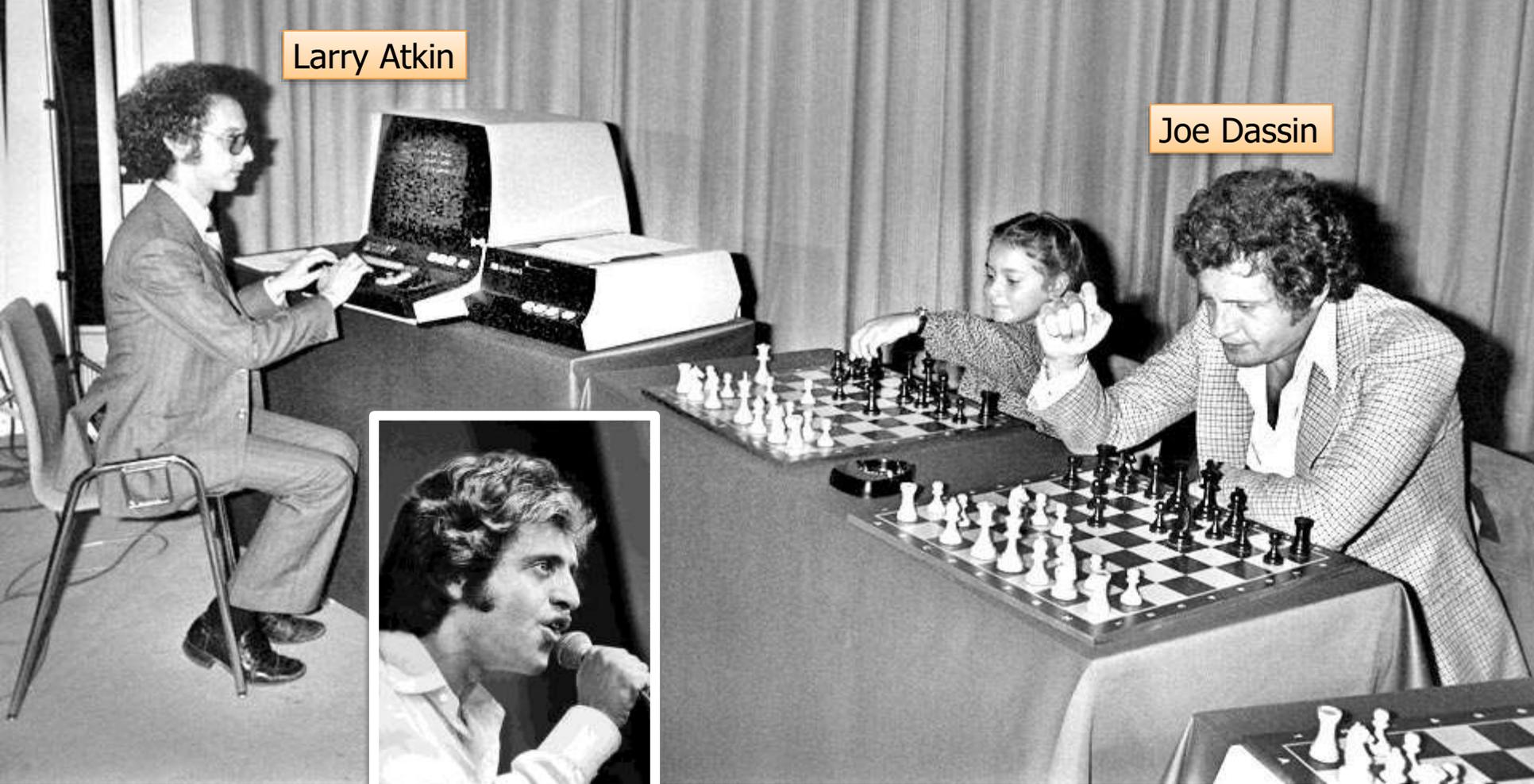




Schachturnier mit dem Programm „[Chess 4.6](#)“ von [David Slate](#) und [Larry Atkin](#), das auf einer CYBER 176 der Northwestern University läuft, veranstaltet von der Firma Control Data am 24. Nov. 1977 in Paris. Gegen Chess 4.6 spielen 10 Prominente, u.a. Filmregisseur [Roger Vadim](#) (1928 – 2000), der mit den Schauspielerinnen Brigitte Bardot, Catherine Deneuve und Jane Fonda verheiratet war; mit letzterer spielt er oft Schach. Im Bild führt Slate den per Telefon-Datenleitung übermittelten Zug gegen [Aldo Haik](#) aus; Haik (geb. 1952 in Tunis) gewann 1972 und 1983 die französische Meisterschaft und wurde 1977 Internationaler Meister.

Larry Atkin

Joe Dassin



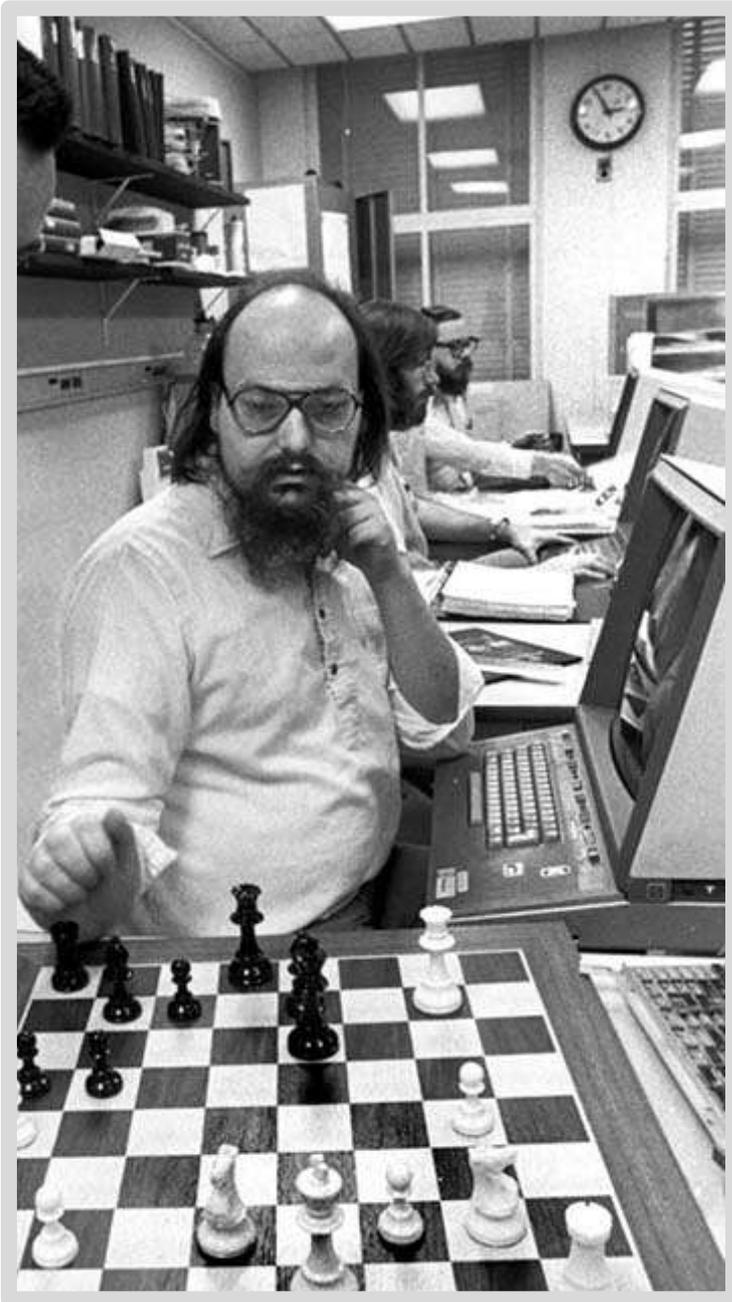
www.rts.ch/2010/08/20/11/53/2388633.image

www.rts.ch/2010/08/20/11/19/2388396.image

Der französische Chansonnier **Joe Dassin** (1938–1980, Sohn des Filmregisseurs Jules Dassin) war ein guter Schachspieler. 1979 veranstaltet die Firma Control Data im Rahmen der „Semaine Informatique et Société“ ein Simultanturnier mit ihm gegen das Programm **Chess 4.8** von **Larry Atkin**; die Züge wurden per Satellitenverbindung vom Palais des Congrès an der Porte Maillot in Paris zum Computer in den USA übermittelt. Joe Dassin (*Aux Champs-Élysées; aux Champs-Élysées; au soleil, sous la pluie; à midi ou à minuit; il y a tout ce que vous voulez; aux Champs-Élysées...*) verlor die Partie.



Chess 4.8 (Winica) - Joe Dassin (now) position après 25...Cf8
Les blancs jouent et gagnent.



Ken Thompson, Entwickler des Schachcomputers „**Belle**“, Sieger der World Computer Chess Championships 1980. Thompson, Jahrgang 1943, entwickelte auch die **Programmiersprache B**, einen Vorgänger der Sprache C. 1969 implementierte er bei den Bell Labs zusammen mit **Dennis Ritchie** (1941-2011; Ritchie entwickelte aufbauend auf B die Sprache C) das **Unix**-Betriebssystem; hierfür erhielten sie beide 1983 den **Turing Award**.

“In 1982, Belle was confiscated at Kennedy Airport when heading to the USSR to compete in a computer chess tournament; its shipping was considered to be an illegal transfer of advanced technology to a foreign country.” [Wikipedia]

2014 wurde eine uralte DES-verschlüsselte Passwortdatei der UNIX-Entwickler gefunden, u.a. Ken Thompson. Entschlüsselungsversuche ergaben zunächst nichts Sinnvolles. Nigel Williams fand nach 4 Tagen **p/q2-q4**. Nur Schachkundige erkennen, dass das kein Kauderwelsch ist, sondern in „descriptive notation“ die Standarderöffnung „Pawn (Bauer) Queen 2 - Queen 4 (d2-d4)“ repräsentiert.

Sieg für die schnelle „Belle“

Von der Schachweltmeisterschaft der Rechner in Linz berichtet Wolfram Runkel



Entscheidungspartie bei der World Computer Chess Championship 1980 in Linz

Während bei üblichen Turnieren, in einem Hort der Stille, sich jeweils zwei brütende Menschen stumm gegenüber sitzen, breiten sich hier die Spieler lachend, telefonierend, gestikulierend an den Brettern aus. Über die Spieltische und über den Boden zieht sich ein wüstes Durcheinander von Maschinen und Kabeln, als würde eine Rockband Bruckner spielen wollen.

Die Programmierer [...] sind sich mit Schachmeister David Levy einig, der in Linz als Hauptschiedsrichter fungierte: In spätestens 20 Jahren ist der Schachweltmeister ein Elektronenrechner, zumindest wird es Computer-Großmeister geben.

[Die Zeit, 3. Okt. 1980]

Weltmeisterschaften im Computerschach und „Schachdiplomatie“

The drama of the computer chess tournament played particularly well in the Cold War context. The very first game played between competing computer systems pitted the McCarthy–Kotok program against a Soviet system developed by Alexander Kronrod at Soviet Institute of Theoretical and Experimental Physics. Against the backdrop of the early 1970s confrontation between Bobby Fisher and Boris Spassky, the showdown between American and Soviet computing technology assumed a particular salience. Throughout the 1960s and 1970s, international tournaments were held pitting American computers against their Soviet counterparts, both human and machine. The culmination of this series would, of course, be the ultimate defeat of World Chess Champion Garry Kasparov by the IBM Deep Blue computer.

[Nathan Ensmenger: Is Chess the Drosophila of AI? A social history of an algorithm. Soc. Stud. Sci.42 (1), 5–30, 2013; Bild: Wall Street Journal, 14. Nov. 1978, p. 20]



Hans Berliner (1929–2017); sitzend links, zusammen mit dem Doktoranden Carl Ebeling, Carnegie Mellon University, und Computerschachprogramm „HiTech“



Extract from “The Link” (Carnegie Mellon University), Issue 6.2, 2012, pp. 17-23 (by Jason Togyer):

Hans Berliner: His great-uncle Emile Berliner invented the gramophone – better known as the phonograph. Although Thomas Edison generally gets credit for inventing recorded sound, his cylindrical records were difficult to manufacture and store. Emile Berliner perfected recorded discs – superior to Edison’s records in every way, and arguably the predecessor of all formats that followed, including hard drives and Blu-ray discs.

Born in Germany in 1929, Berliner entered public school just as Adolf Hitler was rising to power. The first hour of each of his school days consisted of “religion” and “National Socialism.” Berliner wasn’t allowed to participate in those activities, and he couldn’t join his friends in the Hitler youth. “I was told that I was Jewish, and they didn’t want me,” he says. “That was quite a shock, and I guess that’s one of those things that sort of grows you up a little bit.

Yet in other ways, Germany was a wondrous place – “probably the best place in the world,” he says – for a child interested in science. “The Germans were full of inventiveness and managed to produce things that were very, very good,” says Berliner, who remembers having a metal wind-up car that sensed when it was about to run off of a ledge and automatically steered away. “This was a child’s toy with a real, working servo-mechanism in 1935 or thereabouts,” he says. “I thought it was fantastic – and it was.” While kindergarteners in the United States were finger-painting, Berliner and his German classmates were probably “three years ahead” in mathematics. Those formative years “had a very positive effect on me,” he says.

But the atmosphere in Hitler’s Germany promised nothing except despair, and Berliner’s parents knew it. Seven-year-old Hans was soon shocked to learn that the family was leaving Germany. Along with his family, Berliner arrived in the Washington, D.C., area speaking very little English, and that with a thick German accent. But he doggedly pursued his studies and would graduate high school with the top grammar marks in his class.

It was a rainy day at summer camp when a teen-age friend taught Berliner to play chess. “I saw these kids doing this thing on a board, and it wasn’t checkers, which I was pretty good at,” Berliner says. “So I learned the moves, and by the end of the day, there was already someone I was beating regularly. I like to say I was never the worst player in the world.” After high school, he entered Georg Washington University to pursue a degree in physics.

Berliner served his time in the U.S. Army with the German occupation forces. Upon his return to civilian life, Berliner came back to Washington. A classmate who worked at the Naval Research Lab told Berliner, “We need people like you where I work.” Berliner wound up working for the federal government on problems in what was then called “human engineering” or “engineering psychology” – a predecessor to today’s studies of interface design.

In chess circles, his ranking kept increasing – Berliner represented the United States at the 10th Chess Olympiad in Helsinki. His reputation grew especially strong in correspondence chess – games played through the mail – and from 1965 to 1968, Berliner was the World Correspondence Chess Champion.

From the naval lab, Berliner went to Martin aircraft, General Electric and IBM. “My pay was skyrocketing, but I had an awful lot of spare time,” he says. Nearing 40 and feeling frustrated, Berliner in 1967 met future Nobel laureate and Turing Award winner Herb Simon at a technical meeting. He offered Berliner a job. Berliner was accepted into CMU’s four-year-old Computer Science Department.

Berliner’s first chess program was also his first computer program of any kind. Written at IBM on his own time, it was called “J. Biit” – “Just Because It Is There.” J. Biit came to CMU with Berliner and was an early favorite to win the first North American Computer Chess Championship, but it lost to Northwestern University’s Chess 3.0. His next program, written as he worked on his doctoral thesis, titled “Chess as Problem Solving,” remembered the errors it had previously made and learned to avoid them before beginning a new search.

One of the highlights of Berliner’s research in those years was the B* (“B-star”) algorithm, designed to emulate what he calls the “jumping around” process in human thought. Most tree searches were performed either best-first or depth-first. Best-first searches find the lowest-cost path to a goal, going from branch to branch as necessary, while depth-first searches explore every branch on a tree to its end until reaching a goal. As Berliner saw it, both searches had serious drawbacks – depth-first searches wasted time, while best-first searches required a lot of effort to keep track of alternate paths. Perhaps the worst problem – from his perspective – was that both searches were strictly goal-oriented. They had to be arbitrarily terminated or else they would keep trying to reach a goal, bypassing “good enough” paths while trying to find an optimal solution.

The answer came to Berliner in the middle of the night. Rather than writing an algorithm that searched a tree based on hard-and-fast limits, Berliner's B* algorithm assigned an "optimistic" and a "pessimistic" score to each node. The algorithm kept searching a branch as long as the pessimistic value of the best node was no worse than the optimistic value of its sibling nodes. B* found paths that were sufficient to a task rather than theoretically "perfect" one.

Carl Ebeling was looking for a thesis project that involved hardware. Using the then-novel technology of very-large-scale integrated, or VLSI, circuits, Ebeling custom-designed a processor to generate chess moves. The resulting machine, named Hitech, used 64 of these processors—one for each square of the chessboard—operating in parallel; a master control program polled the processors and decided strategies.

In 1985, Hitech won the ACM tournament for chess programs. By 1987, it was ranked 190 in the United States and the only computer among the top 1,000 players.



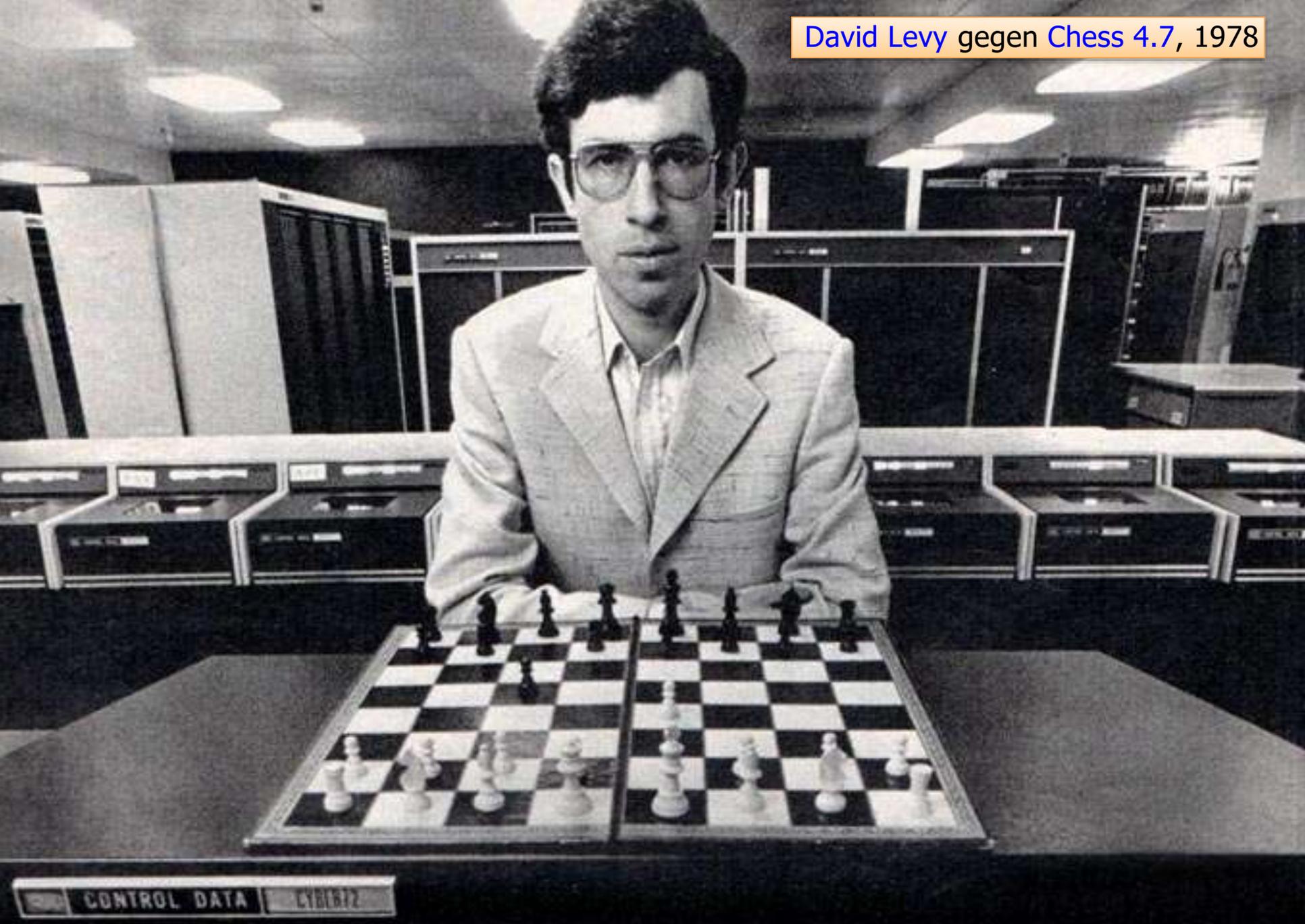
1988: Arnold Denker (1914–2005; links) war der erste Schachgrossmeister, der ein Match (mit 0.5 : 3.5) gegen ein Computerprogramm ("Hitech", programmiert von Hans Berliner, rechts) verlor.

Geschichtliches zum Computerschach

Übersicht Teil 2 (von 4)

- **1960er**: Verbesserte Suchverfahren (z.B. Varianten von α - β), Bibliotheken für Eröffnungen und Endspiele, spezielle Schach-Hardware
- **1968**: „Levy-Wette“: David Levy (internationaler Meister) wettet 250 £, dass ihn innerhalb von zehn Jahren kein Computer im Schach schlägt
- **1974**: 1st World Computer Chess Championship
- **1978**: Levy gewinnt seine Wette
- **1979**: Duell im Fernsehen („Schach dem Elektrohirn“) Levy – Chess 4.8 geht unentschieden aus (Levy verlängert seine Wette um nur 2 Jahre)
- **Ende der 1970er Jahre** tauchen Spielprogramme für Home-Computer sowie erste dedizierte Hobby-Schachcomputer im Spielwarenhandel auf





Die Levi-Wette von 1968

Levi erinnert sich in seinem Buch „All About Chess and Computers“

Immediately after the IFIP '68 congress, the Department of Machine Intelligence and Perception at Edinburgh University held one of its annual 'Machine Intelligence Workshops'. [...] The Machine Intelligence Workshops were hosted by Donald Michie, Professor of the Edinburgh University department, and during the workshop it was traditional for him to arrange a number of cocktail parties and other social events. It was during one of these parties that my now famous bet was born. I was talking to John McCarthy, Professor of Artificial Intelligence at Stanford University and one of the world's leading authorities on the subject, and he expressed the opinion that it would only be a matter of time before computer programs could play chess as well as a Grandmaster. I replied that I did not think there would a program that could beat me within ten years and both he and Michie said that they were sure I was wrong. Intrigued by this challenging opinion I offered to bet each of them £250 that I was right, i.e. that no program would be able to beat me in a match by the end of August 1978. They both accepted the bet with confidence, and my only regret is that I did not make it for a much larger sum, but in those days I was earning less than £1,000 per annum and £500 sounded like a lot of money.

The following year I was asked to present a paper at the Machine Intelligence Workshop and during the course of my presentation I was heckled by Professor Seymour Papert of the Artificial Intelligence Laboratory at MIT. Papert was so sceptical at some of my assertions that I asked him whether he would like to come in on my bet and increase it by £250. He said that he was quite sure that within five years, not ten, I would be beaten by a computer program, but I felt that it would have been unfair of me to bet with him on such a short time span. So we agreed that he would become a third member of the consortium. [...]

During the 1971 competition I was talking to some of the programmers about my bet. Professor Edward Kozdrowicki, then of the Bell Telephone Laboratories at Murray Hill, New Jersey, felt sure that I was going to lose and he even offered to increase the bet by \$1,000 (about £400).

Die Levi-Wette von 1968 (2)

I was still an unprosperous programming assistant and I was afraid to take on such a 'big' commitment so I said that I would take £250 of his action.

[Levy won the bet, defeating Chess 4.7 in a six-game match by a score of 4.5–1.5. The computer scored a draw in game two after getting a completely winning position but being outplayed by Levy in the endgame, and a win in game four when Levy essayed the very sharp, dubious Latvian Gambit.]

I had proved that my 1968 assessment had been correct, but on the other hand my opponent in this match was very, very much stronger than I had believed possible when I started the bet. [...]

Donald Michie, John McCarthy and Seymour Papert all paid promptly and with good sportsmanship, Edward Kozdrowicki has not paid and has refused to respond in a positive fashion to a number of telephone calls and letters.



Chess Life & Review, Vol. XXXIII, Nov. 1978.

Fernsehduell 1979: Levy gegen Chess 4.8 / Cyber 176

Video: www.youtube.com/watch?v=8BP-yWe0E0I



Fernsehduell 1979

Schach dem Elektronenhirn

David Levy: The photo of me in the Hamburg TV studio does not reveal that the game went on so long (due to breaks in the line to Minneapolis) that by the end of filming I had started to grow a beard! (Almost)



ZDF, So. 11. 2.
1979, 19:30



https://en.chessbase.com/Portals/All/2017/_eng/fff/levy-chess48-04.jpg

„Die Zeit“ 08 / 1979: Das Genie mit dem eiser- nen Arm – Alptraumhafter Schaukampf: Mensch ge- gen Maschine

„...um aber die Roboter-Impres-
sion perfekt zu machen, hatten
die Hamburger einen riesigen
Arm (mit dem normalerweise
Autos lackiert werden) an den
Computer angeschlossen. Der
führte die Züge am Brett mit ro-
boterhafter Starre und Entsetz-
lichkeit aus, und nicht nur dem
armen Levy innerhalb der schall-
dichten Glaskabine, sondern
auch den Zuschauern im Studio
kam dabei eine Gänsehaut. Ver-
schärft wurde der Horror durch
die Mitteilung, dass die beiden
Finger des Arms zunächst die
Schachfiguren ganz ‚cool‘ zu
Sägemehl zermalmt hatten.“

Fernsehduell 1979

Schach dem Elektronenhirn

Frieder Schwenkel (1933 – 2012), Informatikprofessor aus Hamburg, beschrieb den Ablauf des Duells in „Schach dem Computer“ („Rochade“, Feb. 1979); hier einige Auszüge:

Die weissen Steine führt der schottische internationale Meister David Levy. Gestern war er noch ganz als korrekt-dunkel gekleideter Geschäftsmann aufgetreten. Heute hat er sich in den kleinen, drahtigen Kämpfer David verwandelt, angetan mit einem sportlich gemusterten Norwegerpullover.

Über den schwarzen Steinen reckt sich drohend CHESS 4.8 empor, in Gestalt eines ungetümen Industrieroboters, ausgeliehen von einer süddeutschen Firma, wo er sein Brot damit verdient, Farbspritzpistolen mit deftigem Griff über Werkstücke zu schwenken. Ein kreischender Kompressor im Nebenraum treibt Hydraulik-Öl durch seinen Kreislauf. Dem Saurier ist sichtlich unbehaglich in dieser fremden Umgebung. Vielleicht duckt er sich zum Sprung? In der Tat: Wenn der lange Arm zum Zug ausholt, muss sein Gegenüber vom Brett zurückweichen, um nicht erschlagen zu werden!

Die riesigen Stahlfeder-Finger schwenken zögernd über das Brett, schnappen nach einem Stein, ziehen ihn hoch und zurück, stossen wieder vor, über ein anderes Feld, geben den Stein mit einem Fauchen frei. Bis zu einer halben Minute nervt er den Gegner mit seiner schwebenden Hand, wenn er zwei Steine nacheinander bewegen muss. Die Schachuhr freilich mag man seinen wuchtigen Fingern nicht anvertrauen: Levy muss für ihn aufs Knöpfchen drücken.

Das Programm CHESS 4.8 läuft auf einem Grossrechner CYBER 176 im Herstellerwerk der Control Data an einem Ort unweit Minneapolis in USA, hin und zurück über 150000 Funk- und Leitungskilometer entfernt. Die Dompteure des Sauriers, ein ganzer Trupp Ingenieure der Firma, haben zu seiner Zähmung modernste Mikroprozessor-Technik aufgeboten. Sie übersetzt die vom Schachprogramm ausgegebenen Befehle („Springer g8 nach f6“) in die Sprache des Monsters („Gehe nach Position x. Greife zu. Gehe in Nullstellung. Gehe nach Position y. Lasse los. Gehe in Nullstellung“). Erst am Vorabend war die Mikroprozessorsteuerung vollends entfehlert worden.

[...] Levy schüttelt seinem Gegner die stählerne Hand, tätschelt ihn freundschaftlich. Applaus! Grossmeister Pfleger spricht seinen Schlusskommentar. Levy wird aus seinem Glaskasten befreit und erhält zum Abschied ein schachbrettgemustertes Babykleid überreicht – für den bald zu erwartenden Familienzuwachs! Im Studio gehen die Lichter aus. Das Publikum verläuft sich.

Fernsehduell 1979

Schach dem Elektronenhirn

Partieverlauf aus www.schach-computer.info/wiki/index.php/Levy,_David (dort mit animiertem Spielbrett zum Nachspielen)

1. e4 e5 2. f4 exf4 3. Nf3 g5 4. d4 g4 5. Bxf4 gxf3 6. Qxf3 Nc6 7. d5 Qf6 8. dxc6 Qxb2 9. Bc4 Qxa1
10. Bxf7+ Kd8 11. O-O Qg7 12. Bd5 Bc5+ 13. Be3 Bxe3+ 14. Qxe3 dxc6 15. Rf7 Qh6 16. Qd4
cxd5 17. Qxh8 Qb6+ 18. Kf1 Qxb1+ 19. Kf2 Qxc2+ 20. Kg3 Qd3+ 21. Rf3 Qxe4 22. Qxg8+ Kd7
23. Qg7+ Kc6 24. Rc3+ Kb5 25. Rb3+ Ka4 26. Qc3 Qg4+ 27. Kf2 Qc4 28. Ra3+ Kb5 29. Qa5+
Kc6 30. Rc3 Be6 31. Qa4+ Kd6 32. Rxc4 dxc4 33. Qb4+ Kc6 34. Qa4+ b5 35. Qa6+ Kd7
36. Qxb5+ Kd6 37. Qb4+ c5 38. Qd2+ Kc7 39. Qh6 Bg8 40. Qg7+ Kc6 41. g4 a6 42. Qf6+ Kb5
43. Qd6 Kb4 44. Qb6+ Ka3 45. Qc6 Rf8+ 46. Ke3 Rb8 47. Qxa6+ Kb2 48. Qd6 Ra8 49. Qd2+
Ka3 50. h4 Ra6 51. g5 Ra8 52. h5 Re8+ 53. Kf4 Ra8 54. Ke5 Ra6 55. g6 hxg6 56. hxg6 Ra8
57. Kf6 Ra4 58. Kg7 Ra8 59. Qg2 Rd8 60. Qc6 Rd3 61. Qa6+ Kb4 62. Kxg8 Ra3 63. Qb6+ Kc3
64. g7 Rxa2 65. Kf7 Rf2+ 66. Ke7 Rg2 67. Qf6+ Kc2 68. Qf5+ Kb2 69. Kf7 c3 70. Qe5 c4
71. Qb5+ Kc1 72. Qxc4 Rxc7+ 73. Kxc7 c2 74. Kf6 Kd2 75. Qd4+ Kc1 76. Ke5 Kb1 77. Qb4+
Ka2 78. Qc3 Kb1 79. Qb3+ Ka1 80. Qa4+ Kb2 81. Qd4+ Kb1 82. Qd3 Kb2 83. Qb5+ Kc3
84. Qc5+ Kb2 85. Qb6+ Ka1 86. Qg1+ Kb2 87. Qb6+ Ka1 88. Qa7+ Kb1 89. Qb7+ Ka1 **1/2-1/2**

David Levy (jew. links) und Fernsehmoderator Volker Arzt (rechts)



Frederic Friedel, der seinerzeit die Sendung im ZDF produzierte, erinnert sich: *Ich hatte einen Artikel über die Fortschritte gelesen, die auf diesem Gebiet gemacht worden waren. Nachdem ich ein wenig nachgeforscht hatte, ging ich zu meinem Chef beim ZDF. "Wussten Sie, dass Computer jetzt Schach spielen können?", fragte ich den legendären Wissenschaftsmoderator Hoimar von Ditfurth. Seine Antwort habe ich nie vergessen: "I wo!" Eine halbe Stunde lang erklärte ich ihm, wie das funktioniert, dann sagte er: "Schreiben Sie alles auf, wir machen eine 43-Minuten-Dokumentation."*

Das spektakuläre Arrangement und die interessante Partie sorgten für Aufsehen. Das ZDF erhielt damals, in Zeiten, als es noch kein Internet gab, eine enorme Zahl an Leserbriefen mit Kommentaren zur Sendung und dem Wunsch nach der Notation der Partie. Frederic Friedel erinnert sich auch daran: *I was called to the studio, where a somewhat distraught manager led me into a room which had a number of sacks of mail: a total of 95,000 viewers had requested our notation! I produced a 3-page printout and we hired a bunch of students to send out copies in this record-breaking action.*

DER SPIEGEL 7/1979, 12.02.1979

Schach-Computer: Jahrtausende pro Partie

Nur knapp entging der Mensch einer Niederlage gegen die Maschine, als vorige Woche in Hamburg der weltbeste Schachcomputer gegen den besten Computer-Kenner unter den Schachmeistern spielte. Schon in wenigen Jahren wird es nach Prognosen von Experten Schachmaschinen dieser Stärke in Kaufhäusern geben.

Der schottische Schachmeister David Levy, 32, saß in Hamburg am vergangenen Mittwoch allein am Brett und spielte die bislang schwerste Partie seines Lebens. Sein Partner war 7000 Kilometer entfernt, und die Züge waren sogar 160 000 Kilometer unterwegs. Levy spielte gegen einen der größten Computer der Welt, den in Minneapolis stationierten Cyber 176 des Elektronik-Konzerns Control Data. Der Schachname dieses Rechengehirns: „Chess 4.8“. Der Computer übermittelte über Satelliten nicht nur seine Züge. Er führte sie auch selbst in Hamburg aus. Immer wenn Chess 4.8 (Schwarz) am Zuge war, wurde der Greifer eines Roboters wie von Geisterhand gesteuert und bewegte die Figuren auf dem Brett. [...]

Die Partie am vergangenen Mittwoch schien zu einem schachhistorischen Ereignis zu werden. Nach dem neunten Zug des Computers gab kein Zuschauer dem

→



Schotten noch eine Chance. Großmeister Helmut Pfleger, Kommentator im Studio: „Weiß hat sich verrechnet, Schwarz wird gewinnen.“ Erst in einer stundenlangen dramatischen Auseinandersetzung gelang es Levy, der Partie eine Wende zu geben und seinen leblosen Gegner an den Rand der Niederlage zu bringen. Aber in einem komplizierten Endspiel erzwang die amerikanische Schachmaschine dann nur mit König und Bauer ein Unentschieden gegen König und Dame des Schotten. [...]

Zwischen 21 227 und 1 927 356 Stellungen rechnete das Kunsthirn durch, bevor es eine Figur bewegte. Zug für Zug berechnete der Computer die eigenen und Levys Chancen in „Bauerneinheiten“. Dabei wertete er neben Zahl und Stärke der Figuren auch deren Position auf dem Brett und andere Punkte aus. Am besten stand der Computer nach dem 28. Zug (7,31 Bauerneinheiten plus), am schlechtesten nach dem 64. Zug (9,35 minus). Dazu lieferte der Blitzrechner noch jeweils eine Art Prognose, welche Züge – etwa drei bis fünf – er als nächste erwägt und vom Gegner erwartet. [...]

1200 Hamburger hatten für diesen Computer-Auftritt Schlange gestanden, während in der Hansestadt selbst Schachweltmeister Anatolij Karpow vor zwei Jahren nur knapp 200 Zuschauer anzog. Computerschach ist, wie es scheint, zu einem Zauber geworden, der in seiner Mischung aus uraltem Spiel und modernster Technik viele fasziniert. [...]

Der Computer gehört zu den etwa 3000 besten Schachspielern der Welt. Und er wird es noch weiter bringen, wenn Fachleute wie der frühere Schachweltmeister, der Russe Michail Botwinnik, und der „Chess“-Programmierer Slate recht behalten. Deren Prognose: Es wird keine 20 Jahre mehr dauern, bis nicht mehr ein Mensch, sondern eine Maschine der beste Schachspieler der Welt sein wird. [...]

Daß den Menschen die Freude am Schach vergeht, wenn Maschinen ihnen haushoch überlegen sind, befürchtet Schachmeister Levy nicht. Denn, so der Schotte: „Autos sind schneller als Menschen, und trotzdem gibt es nicht weniger Hundert-Meter-Läufer als früher.“

Schach auf Mikrocomputer

```

16: D6E7      D8E7
17: F3G4      F7F5
18: G4C4      F8F7
19: B5D6      A8F8
20: D6F7      F8F7
21: F1G2      B7B6
22: G2D5      H7H5
23: D5F7      E7F7
24: D1D8      G8G7
25: C4C3      F7F6
26: D8D7      G7G8
27: C3F6      G6G5
28: F6G7      MATE

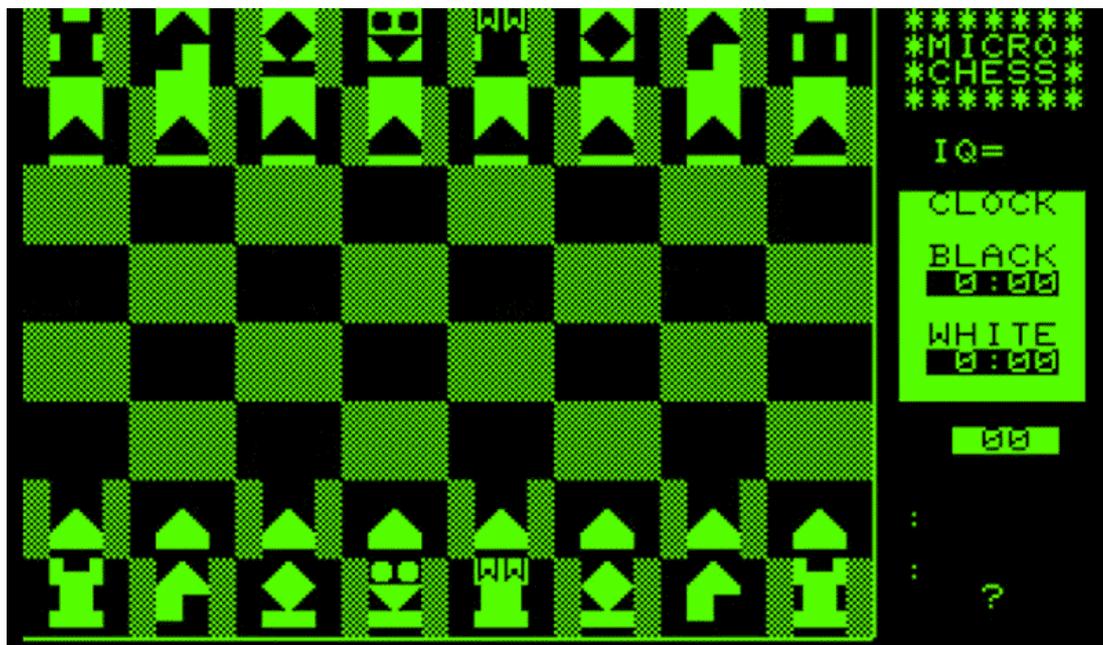
      =-- 8080 CHESS --=
      ProcessorTechnology
      -A-B-C-D-E-F-G-H-
      8:  %%  %%  %% K %% 18
      7:  %%  %% R %%  Q  17
      6:  P  %%  %%  %%  16
      5: P  P  %% P P P  15
      4:  %%  %%  %%  %%  14
      3:  %%  %%  B  %%  13
      2: P P  %% P P  P  12
      1:  %%  K  %%  R  11
      -A-B-C-D-E-F-G-H-

DO YOU WISH TO PLAY AGAIN ?
                                F6G7.
  
```



„8080 Chess“ von Robert Arnstein, 1977

MicroChess



Screenshot: MicroChess auf einem PET Commodore

Microchess (released in December 1976 by Peter Jennings after six months of development) was the first game program sold for home computers. It was originally programmed for the single-board computer KIM-1 which is a microcomputer system with a MOS 6502 processor (1 MHz; 0.1 MIPS), 1152 bytes RAM, and 2048 bytes ROM. The program and data required all of the Kim-1's memory. The Kim-1 was one of the smallest hobbyist computers. For \$245, you could buy a fully assembled microcomputer system with 1024 bytes of static RAM, a 23 key keyboard, 6 character hexadecimal LED display, an audio cassette interface, and 15 programmable I/O pins. Read more (by author P. Jennings) here: www.benlo.com/microchess/

The first time I demonstrated it to my brother-in-law, it insisted on marching all of its pawns down the board as quickly as possible. --PJ

MOS KIM-1 microcomputer system

- A COMPLETE MICROCOMPUTER
- ONLY \$245
- NOT A KIT!
 - FULLY ASSEMBLED
 - FULLY TESTED
 - FULLY WARRANTED
- OPERATES WITH
 - KEYBOARD & DISPLAY
 - AUDIO CASSETTE
 - TTY
- KIM-1 INCLUDES
 - HARDWARE
 - KIM-1 MODULE WITH
 - 6502 μ P ARRAY
 - 6530 ARRAY (2)
 - 1 K BYTE RAM
 - 15 I/O PINS
 - SOFTWARE
 - MONITOR PROGRAMS (STORED IN 2048 ROM BYTES)
 - FULL DOCUMENTATION
 - KIM-1 USER MANUAL
 - SYSTEM SCHEMATIC
 - 6500 HARDWARE MANUAL
 - 6500 PROGRAMMING MANUAL
 - 6500 PROGRAMMER'S REFERENCE CARD

USE THIS FORM TO ORDER YOUR KIM-1 TODAY!

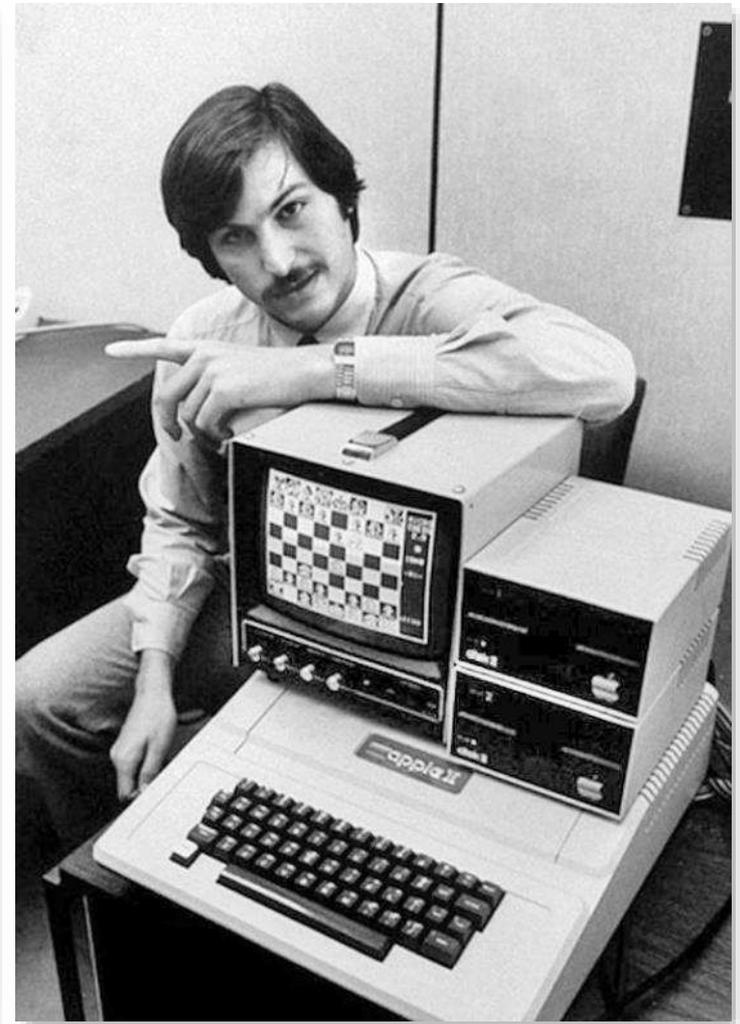
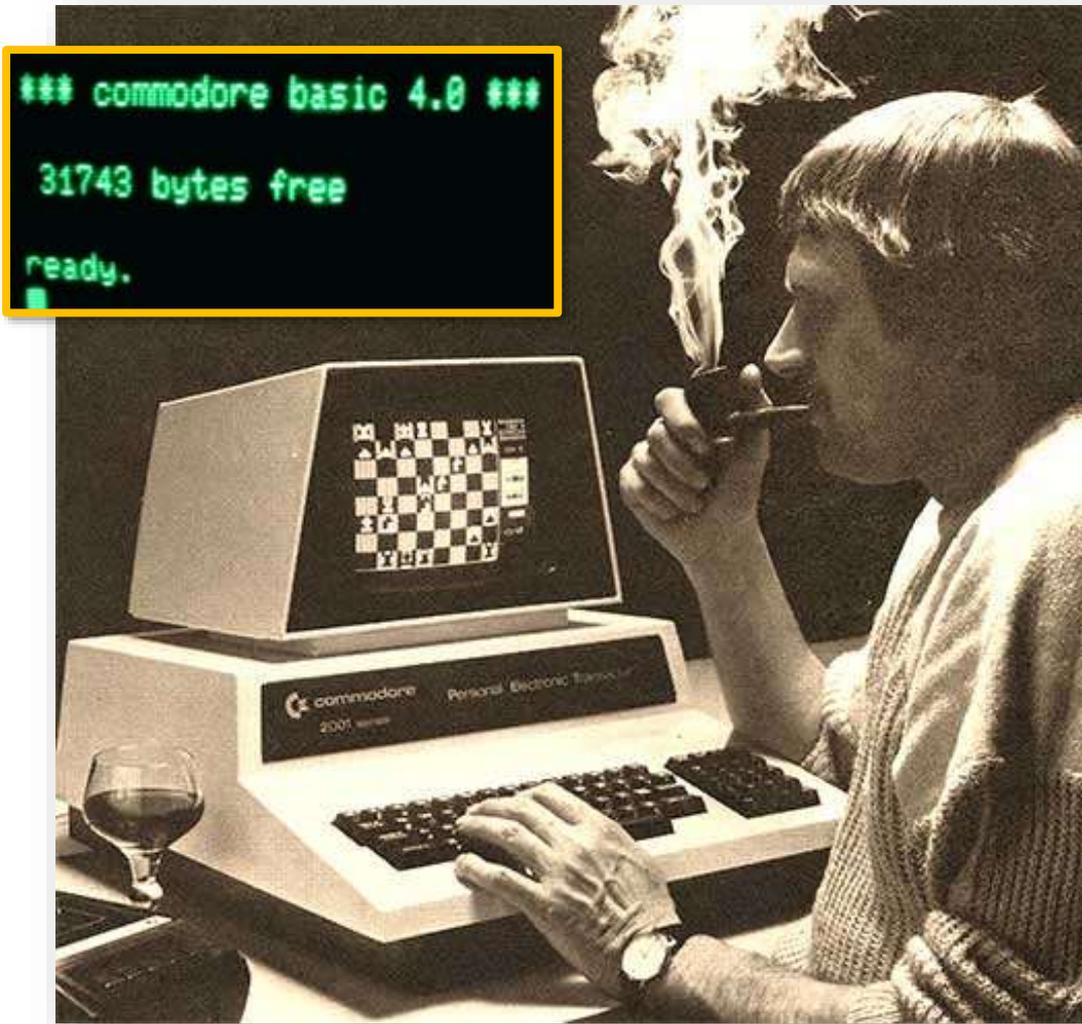
Send to: **MOS TECHNOLOGY, INC.**
KIM-1, 950 Rittenhouse Rd.
Norristown, PA 19401

Please allow me _____ KIM-1 Systems at a cost of \$245.00 per system plus \$4.00 for shipping, handling and insurance U.S. and Canada only! PA residents add 6% sales tax. (International sales subject to U.S. Commodity Control Regulations. Add \$25.00 per system for shipping and handling of international orders.)

We thank our money order is enclosed for \$ _____

Name: _____
Address: _____
City: _____ State: _____ Zip: _____

Schach auf Commodore- / Apple-Heimcomputern



Apple-Gründer Steve Jobs
(1955 – 2011) im Jahr 1979

Schach auf dem TRS 80-Heimcomputer



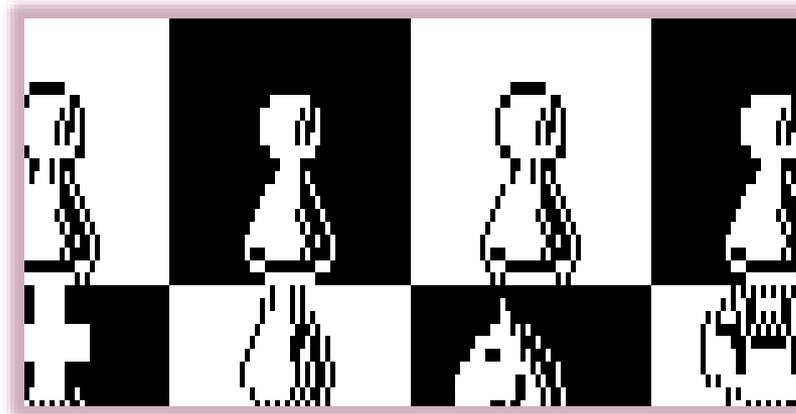
Schach auf dem VC 20-Heimcomputer



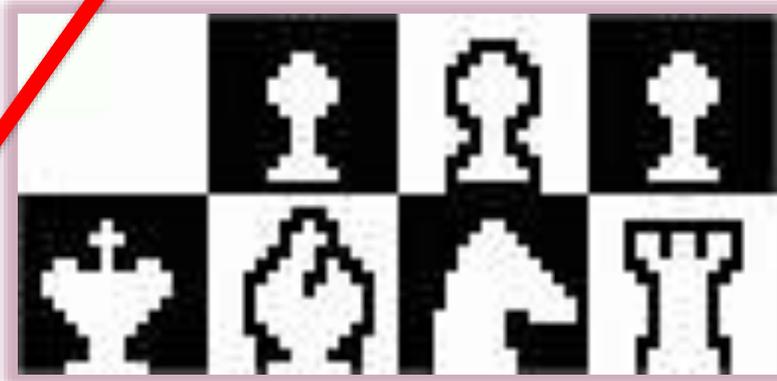
Im neunten Zug nahm mir das Programm den zweiten Bauern, im elften ein Pferd. Noch entmutigender war allerdings die Statuszeile, die anzeigt, womit sich der Rechner gerade beschäftigt. Während ich mich mit der Gegenwart abmühte, schaffte er es, sich zehn Züge in die Zukunft zu hangeln und sich bereits alle möglichen Varianten meiner Niederlage zurechtzulegen.

Reto Schneider in
NZZ Folio

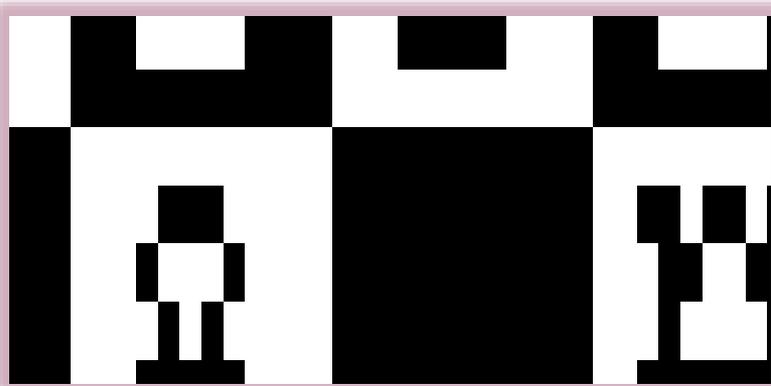
**Immer
mehr Pixel**



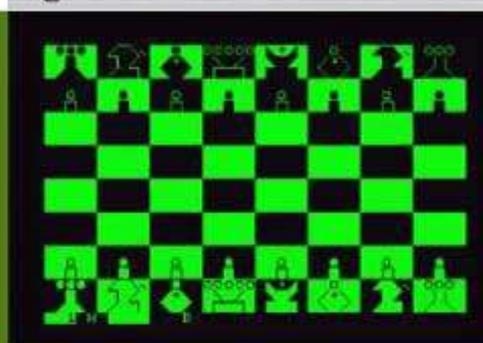
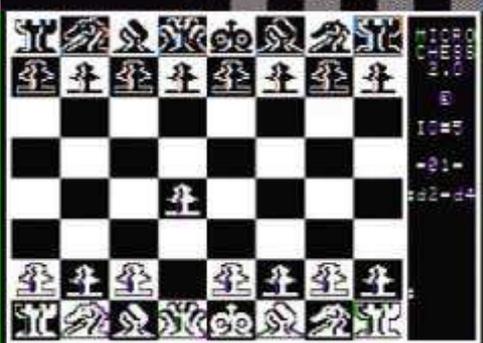
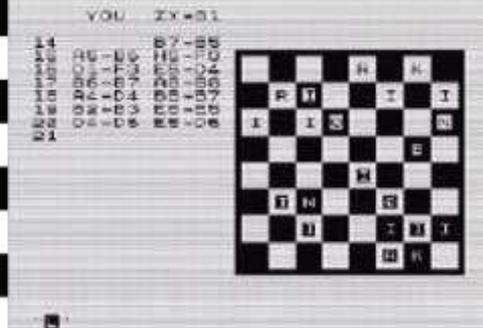
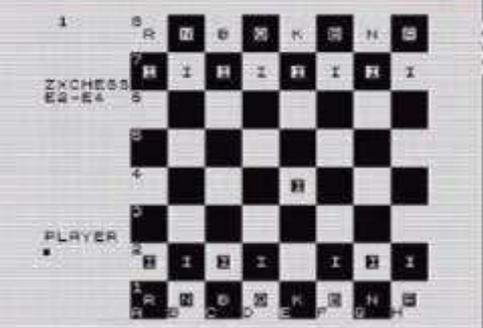
Der Springer sah nun nicht mehr wie ein Krokodil aus!



**Und dann sogar
Farbe und „3D“!**



Heimcomputer-Spieloberflächen um 1980



Hobby-Schachcomputer

Mikroprozessoren und andere Elektronik wurden immer kleiner, leistungsfähiger und preiswerter → ermöglichte **neue Gerätegeneration**

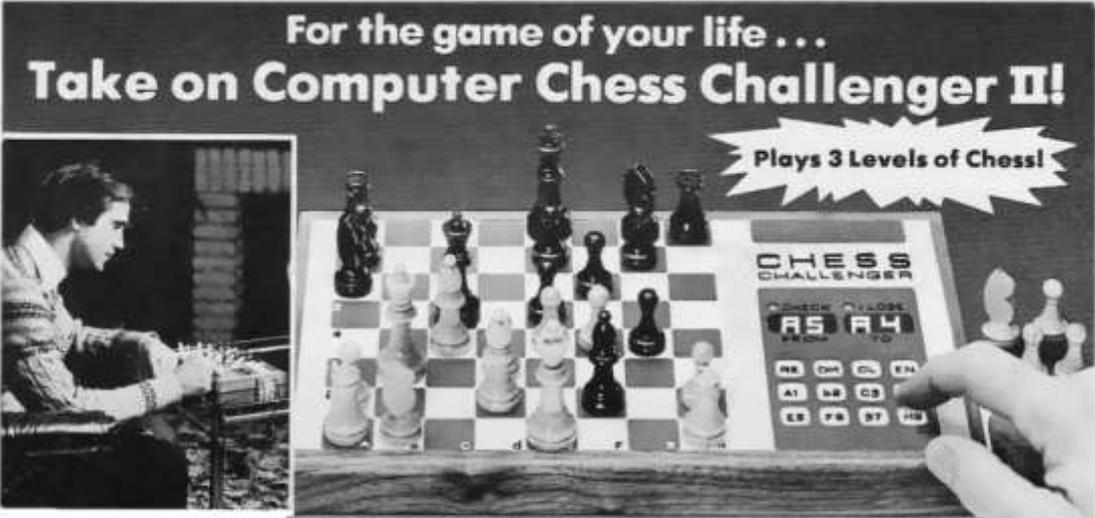


Ab 1977 (erstes Produkt: *Chess Challenger 1* mit einem 8-Bit-8080-Mikroprozessor, 2MHz Taktfrequenz, 2kB ROM, 256 Byte RAM; diverse verbesserte Nachfolgemodelle bald danach)

Hobby-Schachcomputer (2)

For the game of your life . . .
Take on Computer Chess Challenger II!

Plays 3 Levels of Chess!



Play chess when you're ready, day or night, without the bother of finding a chess partner! Sharpen your chess skills without embarrassment!

Whether you're a beginning, average, or advanced chess player, you'll have the game of your life taking on the computerized Chess Challenger from Chafitz!

The Chess Challenger is totally unlike any other electronic game. Its advanced micro-computer provides the Chess Challenger with a memory and high-level thinking ability. The Chess Challenger responds to your every move quickly and accurately like a real human chess player.

you, and you can make no guesswork when appropriate. Special lights on the Control Center tell you if you've managed to checkmate the Chess Challenger.

The control Chess Challenger's level of play. Turn on Chess Challenger and it plays Chess Level I, an average game. If Level I is too easy, press the CL (Clear) button and call up Level II, a tougher game. If you master Level II, you can play Level III, an extremely difficult chess game. These varying games make Chess Challenger a real opponent and a real challenge.

accomplishment as its brain. Microprocessors represent the highest state of the art in advanced computer technology. The Chess Challenger's microprocessor has been loaded with an enormous logic program that enables it to respond with its best possible counter move. Just like a skilled human opponent.

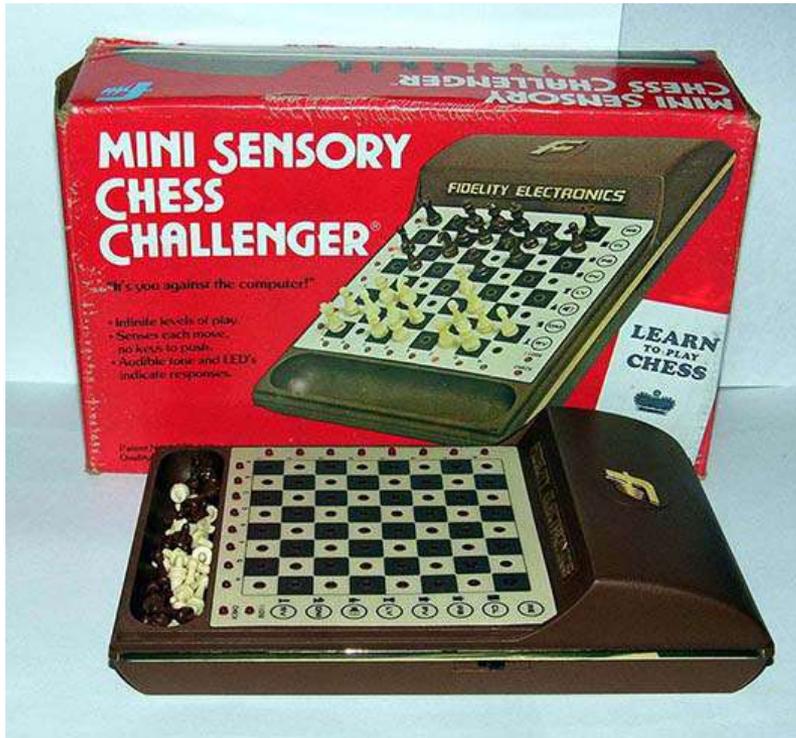
Chess Challenger is manufactured by Chafitz in the U.S., and comes with a 30-day limited warranty on parts and labor. Service is available if necessary after the warranty period.



Hobby-Schachcomputer (3)



Hobby-Schachcomputer (4)



„...Partiedrucker, der allerdings eher an die Additionsstreifen gängiger Tischrechner erinnerte.“ (Thomas Spiekermann)

Hobby-Schachcomputer (5)



In der DDR vom „VEB Funkwerk Erfurt“ ab 1981 hergestellter Schachcomputer SC2 mit einem Gehäuse aus Plaste (Polyurethan). Die Software war eine Raubkopie vom Klassenfeind (dem amerikanischen Fidelity Chess Challenger 10 C). Es wurden nur etwa 1000 Geräte gefertigt: Für die DDR war der SC2 mit einem Preis von über 2000 Mark zu teuer (das entsprach ca. einem dreimonatigen Arbeitslohn), und im westlichen Ausland war er hinsichtlich Design und Spielstärke nicht mehr konkurrenzfähig.

<http://schachklub-tempelhof-neu.de/wp-content/uploads/2018/08/Ausgabe-138.pdf>
www.robotrontechnik.de/bilder/Unterhaltung/SC2/SC2_5_k.jpg



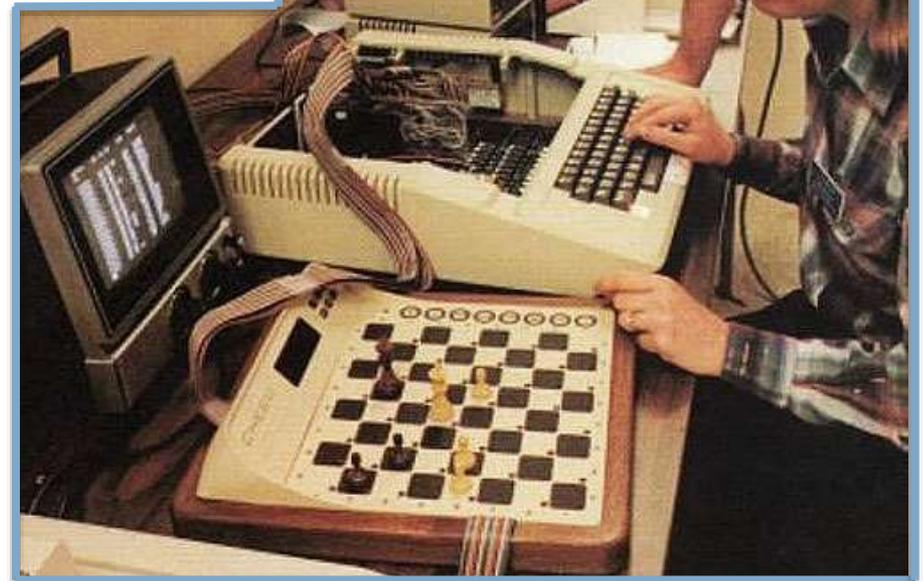
Schachcomputer-Entwicklung

Kathe und Dan Spracklen begannen mit der Schachprogrammierung 1977 – in Assembler auf einem Z-80-Mikrocomputer. Ihr erstes Schachprogramm war **Sargon**, das 1978 auf der West Coast Computer Faire vorgestellt wurde, wo es das erste Schachturnier für Mikrocomputer mit 5:0 gewann (*). Der Erfolg motivierte die Spracklens, ihr Programm selbst zu vermarkten. Da seinerzeit weder Internet noch Disketten gebräuchlich waren, fügten sie eine Notiz mit ihrer Bestelladresse zu ihren Artikeln im Byte Magazine hinzu und versandten für \$15 fotokopierte Programm listings für Z80-Mikrocomputer. Zusammen entwickelten sie später auch die Software für den bekannten **chess challenger**.

**) Our opponent had a pawn on the 7th rank, that it could queen at will. And, whereupon, we had a couple of pawns and a king, we'd have lost the game, no question. However he hadn't gotten the pawn promotion completed on his program. So his pawn just continued to sit on the 7th rank. And so our king just gradually walked across the board, ate his pawn, then walked over to our pawn and shepherded it down and we queened it. [KS]*

Mehr dazu im Transkript der „oral history“ von Kathleen und Dan Spracklen: http://archive.computerhistory.org/projects/chess/related_materials/oral-history/spacklen.oral_history.2005.102630821/spracklen.oral_history_transcript.2005.102630821.pdf

Kathe & Dan Spracklen debugging Challenger with an Apple II in-circuit emulator.



Computer für Schach und andere Spiele

Laut „SPIEGEL 50/1980“ wurden 1979 in Deutschland 90000 Schachcomputer verkauft. Sie machten in den Horten-Kaufhäusern 18 Prozent des Spielwarenumsatzes aus, mehr als Lego (5%) und elektrische Eisenbahnen (3%). In 30 von 57 Horten-Kaufhäusern wurden Schachstände eingerichtet, wo potentielle Kunden Partien gegen die Rechner spielen können.

Die Chess-Challenger-Serie war für die Firma Fidelity Electronics (die ursprünglich Hörgeräte vertrieb) in den Jahren 1977 – 1989 eine Erfolgsgeschichte. Darauf aufbauend brachte die Games Division der Firma in den 1980er-Jahren eine ganze Challenger-Produktlinie mit Checker-, Bridge-, Backgammon-, Skat- und Othello/Reversi-Challenger auf den Markt.

AUX ÉCHECS
AU BRIDGE
AUX DAMES
AU BACKGAMMON

DÉFIEZ LES ORDINATEURS

Série Challenger
LES ADVERSAIRES/LES PARTENAIRES
TOUJOURS DISPONIBLES

DEMANDE DE DOCUMENTATION : REXTON - B.P. 154 - 75755 PARIS Cedex 15

Portable Schachcomputer





1979: Schach als „Tele-Game“ aus der Cloud

vivre aujourd'hui

LA PRESSE, MONTRÉAL, MERCREDI 10 OCTOBRE 1979

Jouer aux échecs sur son écran de téléviseur

par Paul ROY

Depuis quelque temps, sur la Rive sud, la nuit (!), il se passe des phénomènes pour le moins bizarres dans des appartements, des split-levels et des bungalows autrement bien ordinaires.

Des gens se lèvent et se faufilent sur la pointe des pieds jusqu'à leur téléviseur qu'ils tirent discrètement du sommeil... A tâtons, ils cherchent leur câblo-sélecteur, le trouvent, commandent le canal 15 puis, jouant des touches sonores de leur téléphone, entrent en contact avec un petit ordinateur qui regarde voler les mouches dans un building endormi du boulevard Losch, à Saint-Hubert.

L'homme et la machine s'échangent quelques mots de passe avant que ne s'engage une partie d'échecs, de dames, de Black Jack, de Backgammon, de bonhomme pendu... Les ordinateurs de Télécâble Vidéotron connaissent 35 jeux différents, les abonnés n'ont que l'embarras du choix.



un nouveau compagnon de jeu pas mal exceptionnel: il ne boit pas votre Pepsi, ne mange pas vos graines de tournesol, ne triche pas, ne parle pas de politique

Rückschau: Schachcomputer, Schachprogramme

2011 veröffentlichte der Berliner Nachrichtentechniker und Schachcomputer-Experte Hans-Peter Ketterling in den „Tempelhofer Schachblättern“ eine Rückschau:

Das heute Erreichte [...] hat zu einer Spielstärke auf dem Niveau der Schachweltmeister geführt. Dabei hat sich gezeigt, dass menschliche Spitzenspieler strategisch noch immer überlegen sind, weil sie Spielpläne ersinnen können, die recht langzügig und nicht an konkret berechenbare Zugfolgen gebunden sind, während die Rechner sich anhand ihrer Material- und Stellungsbewertung blind durch den Suchbaum hangeln. Zwar können Rechner bisher keine strategischen Pläne fassen, aber innerhalb ihres Rechenhorizontes entgeht ihnen nichts, was sie für sich als vorteilhaft erachten. Bei den heute erreichten Rechentiefern sind sie bei Blitz-, Schnellschach- und normalen Turnierpartien den besten menschlichen Spitzenspielern mindestens gleichwertig, wenn nicht gar überlegen. Dabei hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass positionelles Spiel nicht unbedingt höher einzuschätzen ist als taktische Spielführung, wozu Spitzenspieler vielfach zu neigen schienen, denn die heutige Gleichwertigkeit der Spielführung von Mensch und Computer ist auf der einen Seite durch überlegene positionelle und strategische Behandlung einer Schachpartie gekennzeichnet, auf der anderen durch genauere und teilweise tiefere taktische Spielführung.

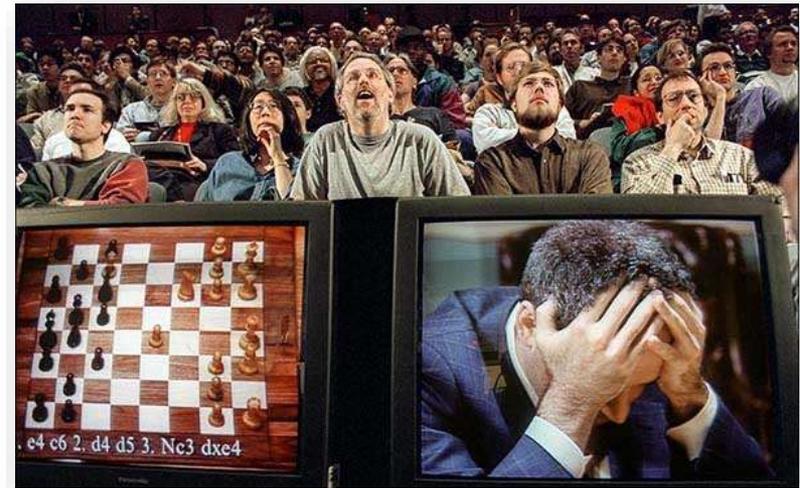
Die in den letzten drei Jahrzehnten mit mikroprozessorgesteuerten Schachcomputern und mit Schachprogrammen auf PCs erreichten Fortschritte umfassen den Bereich von etwa 800 bis 2800 Elo-Punkten, mithin also rund 2000 Punkte oder zehn Spielstärkeklassen. Die Rechnertaktfrequenzen sind während dieser Zeit von etwa 4 MHz auf rund 4 GHz gesteigert und damit etwa vertausendfacht worden, was nach den oben angestellten Überlegungen rund vier bis fünf Klassen ausmacht. [...] Folglich ist grob geschätzt nur die Hälfte des Spielstärkezuwachses durch Programmierfortschritte, also Verbesserung der Algorithmen, erreicht worden, der Rest wurde lediglich durch die immens gesteigerte Rechenleistung möglich gemacht.

Menschen benötigen offenbar einige Facetten ihrer Intelligenz und viel Erfahrung, wenn sie starkes Schach spielen wollen, schnelle Rechner können das nach dem Prinzip dumm aber fleißig erledigen und mit vergleichsweise simplen Algorithmen ebenbürtige Leistungen erbringen.

Geschichtliches zum Computerschach

Übersicht Teil 3 (von 4)

- **1990:** „Deep Blue“ (IBM) generiert ca. 500 Millionen Stellungen pro Sekunde und erreicht eine „Denktiefe“ von ca. 11 Zügen
- **1996:** Das Turnier „Kasparow – Deep Blue“ endet 4:2 für den Schachweltmeister Kasparow



www.chess-site.com/wp-content/uploads/2016/06/tonicChessMatches1.jpg

Ist ein Computer, der pro Sekunde 200 Millionen Schachpositionen berechnen kann, intelligent? Wie intelligent ist er? Könnte er auch, wie Kasparow es getan hat, ein Buch schreiben über Intelligenz? Deep Blue sei etwa so intelligent wie ein Digitalwecker, schrieb Kasparow 2017: „Nicht dass ich mich besser fühle, weil ich gegen einen zehn Millionen Dollar teuren Wecker verloren habe.“ (Stefan Betschon, NZZ vom 21.12.2018, S. 12)

I must comment on a statement I have seen that soon the chess champion will be a machine! This is fatuous. Bicycles are not used in the Olympic footraces; if they were, a cyclist would be world champion. -- Howard Campaigne (NSA), 1965

Geschichtliches zum Computerschach

Übersicht Teil 4 (von 4)

- **1997**: Das zweite Turnier „Kasparow - Deep Blue“ in 6 Spielen endet mit Sieg 3,5:2,5 für Deep Blue *“In a shocking finale that lasted barely more than an hour, World Champion Garry Kasparov resigned 19 moves into Game 6, handing a historic victory to Deep Blue.”*
- **2006**: Deep Fritz 10 (auf Intel Core 2 Duo-Prozessor) gewinnt 4:2 gegen Schach-Weltmeister **Wladimir Kramnik** (2 Siege, 2 Remis)
- **2014** und **2016** versuchte noch einmal der amerikanische Grossmeister **Hikaru Nakamura** (Elo-Zahl 2816) vergeblich, „die Ehre der Menschheit“ zu retten; er unterliegt „Stockfish“ mit 1:3 und „Komodo“ mit 1,5:2,5



Dass die Programme heute alle Menschen schlagen, erstaunt nicht mehr, als wenn vor siebzig Jahren die Weltmeisterschaft im Wurzelziehen an einen Rechner gegangen wäre. Die Expertise eines Schachprogramms hat wenig mit dem zu tun, was wir Intelligenz nennen. Selbst wenn das Gebäude in Flammen stünde, Fritz würde seelenruhig weiterrechnen, ob er den König besser nach e7 oder nach e8 ziehen sollte. (Reto Schneider)

Inzwischen habe ich mich von meiner einstigen Prophezeiung verabschiedet, der Rechner werde erst im Jahr 2010 (oder nie) den menschlichen Weltmeister besiegen. Ich denke, dass es schon 2005 soweit sein wird. -- Garri Kasparow, im April 1997



Ende April 1997 brachte „Der Spiegel“ eine Titelgeschichte zu den Chancen und Grenzen der künstlichen Intelligenz. Die Redaktion begründete dies so:

Anstoss, sich diesem aufregenden Zukunftsthema zu nähern, gab Kasparows neuer Kampf Anfang Mai gegen „Deep Blue“ – einen vorgeblich unbezwingbaren Schachcomputer des Herstellers IBM. [...] Sein erstes Match gegen den schweigsamen Gegner, letztes Jahr in Amerika, hat Kasparow nach einer anfänglichen Niederlage gewonnen. Diesmal kann der Kasten noch mehr, und der Meister ahnt: „Es wird eine mörderische Schlacht ...Ich muss die Ehre der Menschheit verteidigen“.

„Das Schachspiel ist sozusagen die Drosophila der Intelligenzforschung“, erklärt Franz Weinert vom Max-Planck-Institut für psychologische Forschung. Im Umherschauen der 32 Figuren auf 64 schwarzen und weißen Feldern sahen die Psychologen eine Art einfaches Abbild jener viel komplexeren Wirklichkeit, in der sich der menschliche Intellekt bewähren muss.

SENSATION: SCHACH-RECHNER SCHLÄGT GROSSMEISTER

Erstmals gewinnt ein Computer gegen einen Weltmeister

12. Mai 1997 (tk)

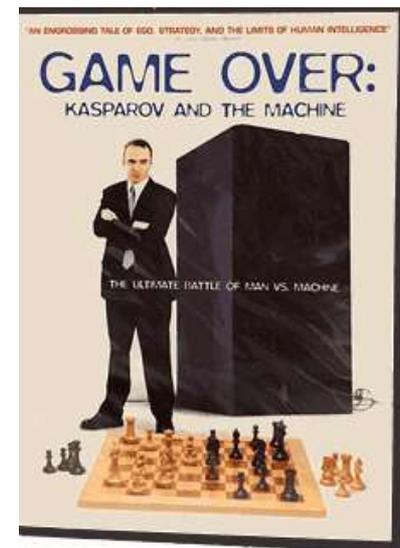
Der Supercomputer Deep Blue von IBM (Branchenspitzname: Big Blue) schlägt den Schach-Grossmeister Garri Kasparow. Damit gewinnt erstmals ein Computer nicht nur über einen amtierenden Weltmeister. Experten halten Kasparow für den derzeit besten lebenden Schachspieler überhaupt. Hatte die Schach-Ikone noch im letzten Jahr die Auseinandersetzung gegen die Maschine gewonnen, musste sich der Russe nun geschlagen geben.

Das über sechs Partien gehende Match (dauerte eine Woche; komplette Dokumentation unter www.chess.ibm.com/home/b.html) endete 3,5 zu 2,5 für Deep Blue. Zwei der Partien gewann der auf Schach getrimmte Super-Rechner, drei endeten Unentschieden und nur eine Partie verlor Deep Blue. Die letzte und entscheidende Partie eröffnete Kasparow mit einer Caro-Kann-Verteidigung. Zwar verlor Deep Blue dadurch einen Springer, trotzdem war der Schach-Grossmeister mit dieser Strategie chancenlos. Nach Verlust eines eigenen Springers, Läufers, Bauers und der Königin gab Kasparow auf. Die Spieldauer: Knapp eine Stunde oder 19 Züge.

„Ich muss mich für die heutige Leistung entschuldigen“, so der 34jährige Kasparow in der Pressekonferenz. „Ich hatte keine richtige Energie für die Auseinandersetzung.“ Laut Beobachtern hatte der IBM-Rechner mit den ersten fünf Partien (bis dahin eine Niederlage, ein Sieg, drei Unentschieden) Kasparow's unerschütterliches Selbstbewusstsein der beste Schachspieler aller Zeiten zu sein, erschüttert. So gab Kasparow nach der mit einem weiteren Unentschieden endenden fünften Partie auch zu: „Ich muss mich vorsehen, denn ich kann jeden Spieler der Welt ausrechnen, aber ich kann nicht diese Maschine ausrechnen.“

Deep Blue ist ein Computer der IBM-RS/6000-SP-Reihe. Seine Parallel-Prozessor-Architektur (Taktrate von 130 Megahertz) mit für Schach optimierten Mikrochips kann zwei Millionen Positionen pro Sekunde errechnen. Verlor Deep Blue noch im letzten Jahr die erste Auseinandersetzung mit Kasparow (damals gewann der Grossmeister drei Partien, verlor eine und zwei endeten unentschieden), verdoppelten IBM-Techniker in den letzten Monaten die Rechenleistung des Computers auf den heutigen Stand. © 1997 by Ziff-Davis-Verlag GmbH

My God, I used to think chess required thought. Now, I realize it doesn't. It doesn't mean Kasparov isn't a deep thinker, just that you can bypass deep thinking in playing chess, the way you can fly without flapping your wings. -- Douglas Hofstadter



Einige Jahre zuvor, 1989, war Kasparow noch sehr zuversichtlich: „NIEMALS!“

GARRI KASPAROV – UN CHAMPION DU MONDE D'ECHECS A PARIS

Jeux & Stratégie, No. 55, pp. 4-5, 1989 (Interview von Thierry Paunin; Auszüge)

Gari Kasparow war von 1985 bis 1993 offizieller Weltmeister des Weltschachbundes FIDE. Nachdem er sich 1993 mit FIDE zerstritten hatte, blieb er noch bis 2000 der vom Grossteil der Schachwelt anerkannte Träger dieses Titels.

Jeux & Stratégie: Si les Olympiades vous ont consacré roi, elles ont aussi découvert une petite reine de 12 ans, Judith Polgar.

Garri Kasparov: C'est incroyable! Je dois avouer que cette petite fille m'a vraiment impressionné. C'est la première fois que je vois quelqu'un de sexe féminin jouer à un tel niveau. C'est bien simple, elle a un jeu d'homme.

J&S: Participerez-vous au 2^e championnat du monde par équipes à Lucerne?

G.K.: Ce n'est pas parce que je suis champion du monde que je dois participer à n'importe quelle compétition un peu folle!

G.K.: Vous avez déclaré que vous seriez toujours champion du monde en l'an 2000...

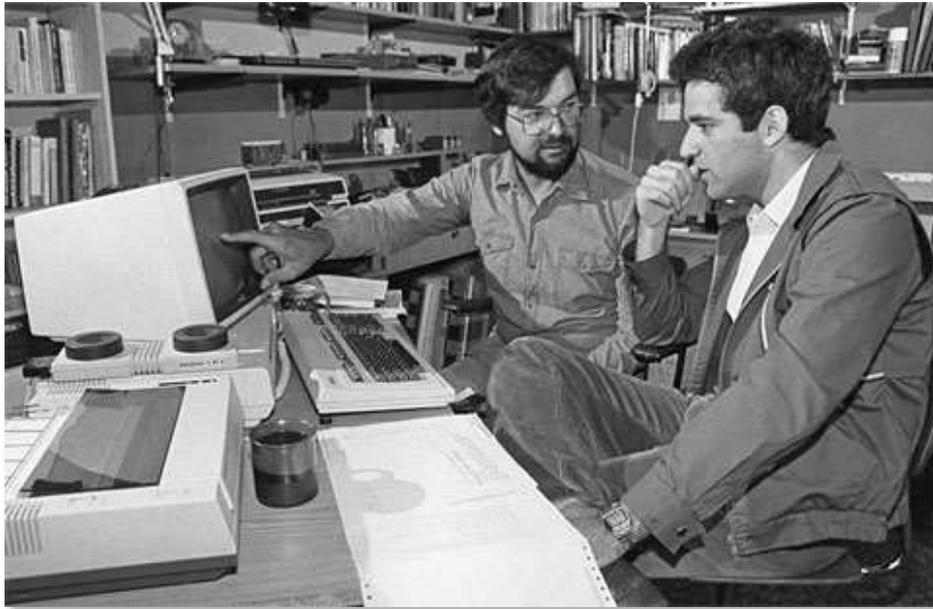
G.K.: Non, non, je n'ai jamais dit ça. (NdR: Si, si, vous l'avez dit!)

J&S: On a parlé des jeunes qui poussent, mais il y a aussi des machines qui poussent. Deux Grands Maîtres de premier plan ont été victimes des ordinateurs d'échecs: Portisch face à Leonardo et Larsen face à Deep Thought. On sait que vous avez une position très forte sur le sujet. Un ordinateur champion du monde un jour...

G.K.: Ridicule! Une machine restera toujours une machine, c'est à dire un outil de travail et de préparation pour le joueur! **Jamais je ne me ferai battre par une machine!** Jamais on ne pourra inventer un programme qui dépasse l'intelligence humaine. Et quand je parle d'intelligence, je veux dire aussi l'intuition et l'imagination. Vous voyez une machine écrire un roman ou de la poésie, vous? Mieux encore, vous voyez une machine faire cette interview à votre place? Et moi répondre à ses questions?



Deep Blue verliert allerdings das erste Spiel

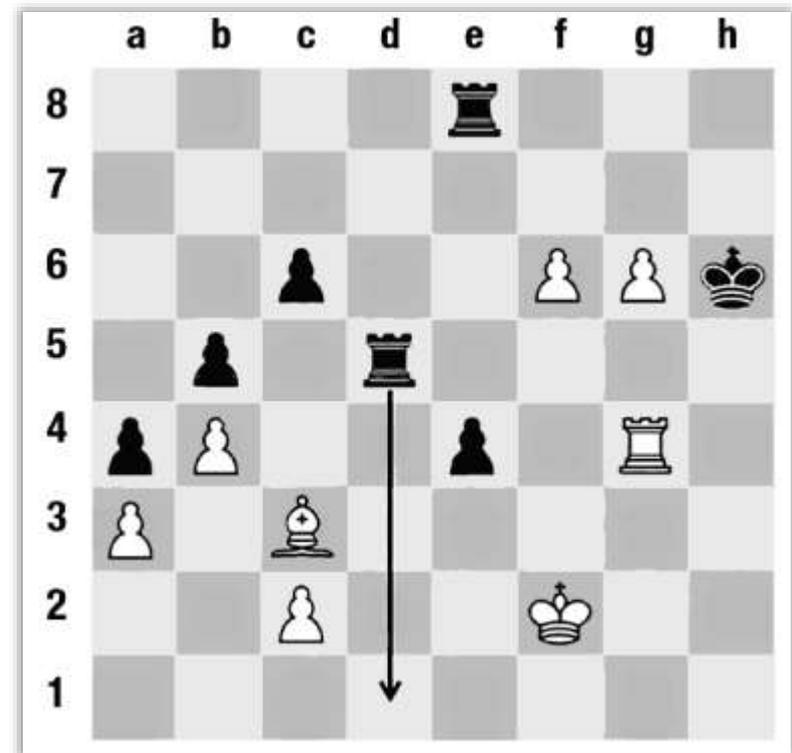


Frederic Friedel und Garri Kasparow um 1985 mit einem Epson Z80-PC, einem Modem im Hintergrund und einem Matrixdrucker im Vordergrund.

<https://en.chessbase.com>

“How could something play like God, and then play like an idiot in the same game?”

Nate Silver beschreibt in seinem Buch „The Signal and the Noise“ eine interessante Situation im ersten Spiel: [...] verhielt sich Deep Blue sehr seltsam. Sein 44. Zug bestand darin, dass er einen seiner Türme in die gegnerische Grundlinie bewegte, statt Kasparows König zu bedrohen. Der Zug des Computers wirkte vollkommen sinnlos. Während er selbst aus allen Richtungen bedroht wurde, vergab er sozusagen einen Zug, indem er Kasparows weißem Bauern gestattete, bis in seine Reihe vorzudringen, wo er sich beim nächsten Zug in eine Dame zu verwandeln drohte. Noch seltsamer war, dass Deep Blue beim nächsten Zug aufgab.



Deep Blue verliert allerdings das erste Spiel (2)

„Was geht in dem Computer vor?“, fragte sich Kasparow. Er hatte erlebt, dass Deep Blue beispielsweise beim Läufer-Turm-Tausch strategische Fehler beging – komplexe Situationen, deren Implikationen er einfach nicht begreifen konnte. Aber hier war es etwas anderes gewesen, ein taktischer Fehler. Vielleicht beging Deep Blue tatsächlich Selbstmord, weil er sich seiner Niederlage sicher war?

Seiner Veranlagung gemäß vertiefte sich Kasparow in das vorhandene Datenmaterial. Mit Hilfe Friedels und des Schachprogramms Fritz fand er heraus, dass der konventionelle Zug, Schwarz zieht seinen Turm in die f-Linie und bedroht den weißen König, doch kein so günstiger Zug für Deep Blue gewesen wäre: Letztendlich hätte ihn Kasparow matt gesetzt, obwohl dafür zwanzig Züge nötig gewesen wären.

Die Implikationen jagten ihm einen richtigen Schrecken ein. Der einzige Grund für den Computer, auf einen Zug zu verzichten, bestand darin, dass er sowieso schachmatt gewesen wäre. Nur hätte Kasparow noch weitere zwanzig Züge gebraucht. Friedel erinnert sich: „Deep Blue hatte wahrscheinlich alles bis zum bitteren Ende ausgerechnet und einfach das geringste Übel gewählt. ‚Vermutlich sah er ein Schachmatt in mehr als zwanzig Zügen erreicht‘, sagte Garri, dankbar darüber, sich auf der richtigen Seite dieser überwältigenden Berechnungen befunden zu haben.“

Früher hielt man es für ausgeschlossen, dass ein Mensch oder ein Computer fähig sein würde, in einem so komplexen Spiel wie Schach zwanzig Züge vorauszuberechnen. Kasparow hat einst behauptet, dass er seinen stolzesten Moment während eines Spiels in Holland erlebte, als er die siegreiche Schlussstellung fünfzehn Züge vorausgesehen hatte. Man ging davon aus, dass sich die Leistung Deep Blues in den meisten Fällen auf sechs bis acht Züge beschränkte. Kasparow und Friedel wussten nicht genau, was Sache war, aber was beiläufige Beobachter für einen zufälligen und unerklärlichen Fehler hielten, schien ihnen Ausdruck großer Weisheit zu sein.

Es gelang Kasparow nie wieder, Deep Blue zu schlagen.

Deep Blue's 44th move in this game puzzled Kasparov, and he attributed it to "superior intelligence". Allegedly, the move was a result of a bug in which Deep Blue, unable to determine a desirable move, resorted to a fail-safe. Nate Silver proposes that Kasparov "concluded that the counterintuitive play must be a sign of superior intelligence", leading him to lose the second game. [Wikipedia]

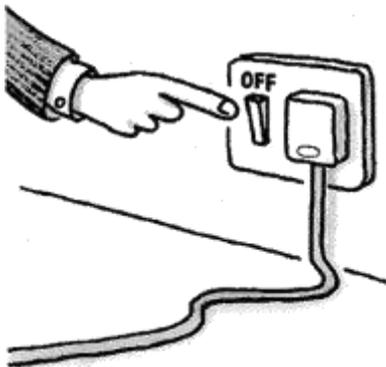
Did Deep Blue win because of a computer bug?

Kasparov and other chess masters blamed the defeat on a single move made by the IBM machine. “It was an incredibly refined move, of defending while ahead to cut out any hint of countermoves,” grandmaster Yasser Seirawan told Wired.com in 2001, “and it sent Garry into a tizzy.”

Fifteen years after the historical match, one of Big Blue’s designers says the move was the result of a bug in Deep Blue’s software.



KASPAROV BEATS
'DEEP BLUE' IN
ONE MOVE



Silver interviewed Murray Campbell, one of the three IBM computer scientists who designed Deep Blue, and Murray told him that the machine was unable to select a move and simply picked one at random. “Kasparov had concluded that the counter-intuitive play must be a sign of superior intelligence,” Campbell told Silver. “He had never considered that it was simply a bug.”

It’s sort of reassuring to think that a human flaw is actually what made Deep Blue successful. But it’s not clear that things would have turned out all that differently had that bug never surfaced.

www.wired.co.uk/news/archive/2012-10/01/deep-blue-bug

Defending humanity

«The popular media had portrayed the 1997 re-match as a battle between “man and machine.” Kasparov also played along, proclaiming “playing such a match is like defending humanity.” In fact, it was not a battle of man vs. machine at all. As philosopher John Searle suggests, the match was really about man vs. man, that is, Kasparov vs. Deep Blue’s programmers, a view shared by most of them as well. Much like The Turk before it, Deep Blue’s “magic” relied on human abilities hidden within a box, and on publicity and ballyhoo about the machine.



Today, computer chess programs that play as powerfully as Deep Blue run on personal computers as well as portable chess machines that fit in a pocket. This shrinking has interesting effects on observers: Deep Blue, made up of two imposing seven foot tall cabinets with blinking lights is much more impressive than its rough equivalent today, something the size of a cellular phone. While many might have thought Deep Blue was intelligent, it is much harder to consider something that fits in one's pocket as being so.»

Dag Spicer, Kirsten Tashev: The Quest to Build a Thinking Machine – A History of Computer Chess. In: Core 5.1, pp. 3-11, May 2006



<http://i57.fastpic.ru/big/2013/1211/a6/4a3ead9e8c05e8e6d1f30ffd3e5444a6.jpg>

Niemand hat Kasparow gebeten, die Ehre der Menschheit zu verteidigen, aber vor allem hat ihn niemand gebeten, diese dann auch noch zu verlieren -- Viktor Kortschnoi

Mensch vs. Maschine: Gewusst vs. gesucht

Kurz vor dem entscheidenden Match Kasparow gegen Deep Blue im Jahr 1997 äusserte sich ETH-Professor und Schachspieler [Jürg Nievergelt](#) (1938 – 2019) zu der ganz unterschiedlichen Art und Weise, wie Menschen und Computer Schach spielen^{*)}. Nievergelt ahnte damals, dass Schachcomputer den Menschen bald definitiv überlegen sein werden: „Vermutlich werden die meisten Leser dieses Ereignis noch erleben“, schreibt er, um sich dann kritisch mit einer naiven Auffassung von künstlicher Intelligenz auseinanderzusetzen:

„Computerschach dient der Informatik seit Jahrzehnten als Messlatte für die Wirksamkeit von heuristischen Suchverfahren und der Formalisierung von Wissen. [Schach diente als ‚Drosophila der Künstlichen Intelligenz‘](#) – keine andere Anwendung von heuristischen Methoden und Wissensformalisierung hat eine vergleichbare Vielfalt an empirischen Daten gesammelt, die Computerleistung mit der Leistung menschlicher Experten objektiv vergleichen.“ Dass mittlerweile Computer ähnlich gut Schach spielen wie Menschen, darf allerdings nicht zu voreiligen Schlüssen führen:

„Im Vergleich zwischen [Mensch und Computer](#) gilt wahrhaft ‚wenn zwei dasselbe tun, dann ist es nicht dasselbe‘. Wenn wir Mensch und Maschine als Informationsverarbeiter vergleichen, dann sind [fundamentale Unterschiede](#) augenfällig. [...] Wenn Menschen und Computer Schach spielen, dann setzen sie ihre ganz spezifischen Fähigkeiten ein und verwenden verschiedene ‚Denkvorgänge‘, die auf diese Fähigkeiten zugeschnitten sind. [...] Heutige Schachcomputer haben einen anderen Stil als Menschen.“

Nievergelt führt dann aus, dass sich menschliche Profispieler die über Jahrhunderte akkumulierte Schachtheorie aneignen, die in Form meist unscharfer heuristischer Regeln tradiert

Jürg Nievergelt: Gewusst oder gesucht: Spieltheorie für Menschen und für Maschinen.
In: Ingo Wegener (Hg.): Highlights aus der Informatik. Springer-Verlag, 1996.

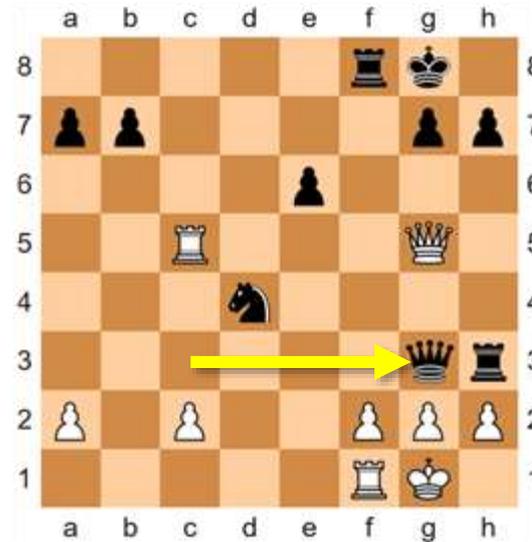
Mensch vs. Maschine: Gewusst vs. gesucht (2)

wird, welche oft nur in Form Beispiele dargelegt werden, wobei dann die „wunderbare menschliche Fähigkeit, aus wenigen Beispielen eine allgemeine Regel zu extrahieren (die man dann gar nicht scharf formulieren kann!)“ zum Einsatz komme.

Von diesem menschlichen Wissen sei „sehr wenig, fast nichts, als Knowhow für Computer programmierbar.“ Dieses menschliche Spezifikum habe dem Menschen bislang zu seiner Überlegenheit gegenüber der Maschine verholfen. Aber „nun taucht ein Konkurrent auf, der von der ganzen Schachtheorie keine Ahnung hat, aber Millionen von Stellungen pro Sekunde mit einem primitiven Schema ‚bewertet‘ – und auf völlig verschiedene Art vergleichbare Spielstärke erreicht. [...] Der Computer spielt einfach seinen spezifischen Trumpf aus, Geschwindigkeit.“

Man könne den Unterschied von Mensch und Maschine beim Schachspielen auch so ausdrücken: **Menschen wissen, Computer suchen** – und zwar rasend schnell. Das Elektronengehirn ist damit entmystifiziert. Eine Folge der hohen Suchleistung der Maschinen sei, „dass spektakuläre Züge, die in der Schachliteratur ein Jahrhundert lang aufbewahrt und gepriesen werden, für Computer oft trivial sind.“ Nievergelt führt als Beispiel die berühmte Partie **Stepan Lewizki gegen Frank Marshall** in Breslau an, die **1912** im Rahmen der Meisterschaften beim Kongress des Deutschen Schachbundes gespielt wurde. Lewizki, der russische Meister, spielte Weiss, der amerikanische Meister Marshall spielte Schwarz. Marshall hatte im 22. Zug Th6xh3 gespielt und eine Figur gewonnen (der Turm ist durch eine drohende Springergabel indirekt gedeckt). Der letzte Zug von Weiss war daraufhin 23. Te5–c5 mit Bedrohung der Dame und drohendem Angriff nach Abzug dieser auf c7. In dieser Situation (Bild links) spielt nun Schwarz überraschend Dc3–g3 – zwar mit drohendem Matt Dg3xh2, zieht aber in eine gleich dreifach angegriffene Position! Bei allen drei Angriffsvarianten verliert jedoch Weiss in

Mensch vs. Maschine: Gewusst vs. gesucht (3)



Marshall (links) gegen Lewizki, 1912

der Folge; Lewizki gab daher auf. Die Zuschauer, die mehrheitlich auf Lewizki gewettet hatten, waren so aufgeregt über diesen „Zug des Jahrhunderts“, dass sie Spielbrett und Spieler mit ihren verlorenen Goldmünzen bewarfen und so einen veritablen Goldregen verursachten.

Nievergelt kommentiert dies in Hinblick auf die unterschiedlichen Fähigkeiten von Menschen und Maschinen so: „Marshall's spektakulärer Zug ist für Menschen deshalb so schwer zu finden, weil er der **Intuition widerspricht**, die in der grossen Mehrzahl der Stellungen gilt: Die wertvolle Dame zieht man nicht freiwillig auf ein Feld, wo sie von 2 Bauern geschlagen werden kann. [...] Aber einfache Schachprogramme, die auf einem PC laufen, finden den Killer Dc3-g3!! in wenigen Sekunden. Sie erzeugen alle legalen Züge, wissen nichts davon, dass Dc3-g3 verrückt aussieht und berechnen mit Hilfe eines ganz schmalen Suchbaums der Tiefe 8, dass Schwarz eine Figur gewinnt in ruhiger Endspielstellung.“

Mensch vs. Maschine: Gewusst vs. gesucht (4)

Gegen Ende seines Beitrags kommt Nievergelt dann auf die „[Moral von der Geschichte](#)“ zu sprechen: „Damit sind wir beim kontroversen Stichwort ‚Intelligenz‘ gelandet. Computerschach wurde lange als ‚Drosophila der Künstlichen Intelligenz‘ betrachtet, weil Schachdenken als typisch für rationales Denken überhaupt und Schachstärke als Messlatte für Intelligenz betrachtet wurde. Als Maschinen noch Schachanfänger waren, wurde Computerschach-Forschung oft durch die Annahme motiviert, ein starker Schachcomputer liefere den Existenzbeweis für maschinelle Intelligenz. Heute haben wir sehr starke [Schachcomputer](#), aber (fast?) [niemand bezeichnet sie als intelligent](#).“

In fünfzig Jahren werden Partiensammlungen mit von Menschen verfassten Anmerkungen sehr wertvoll sein. Der Computer wird zwar viel besser Schach spielen, aber er wird es nicht erklären können. -- Viktor Kortschnoi, 2001



<http://ajedrez12.com/tag/frank-marshall/>

*Frank
Marshall*

Jürg Nievergelt

Als Student bestieg er eines Nachts heimlich die Kuppel der ETH und stellte auf deren Spitze eine Weinflasche.



Abschiedsvorlesung am 2. Juni 2003

„Ich bin überzeugt, dass wir bisher nur die Spitze des Eisbergs gesehen haben in Bezug auf den Einfluss der Informatik auf die menschliche Gesellschaft.“

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Zürich, 6. November 2019

Die ETH Zürich nimmt Abschied von

Prof. Dr. Jürg Nievergelt

Er verstarb am 25. Oktober 2019 in seinem 82. Lebensjahr.

Den Entschluss Informatiker zu werden, hatte Jürg Nievergelt schon als Teenager gefasst. Da es damals noch keine entsprechende Ausbildung gab, begann seine akademische Karriere in der Mathematik. Er diplomierte 1962 mit einer Arbeit über Spieltheorie an der ETH Zürich. Nach einem Doktorat in Mathematik an der University of Illinois folgte dort seine Berufung zum Informatikprofessor, zunächst als Assistenzprofessor später als ordentlicher Professor. Per 1975 wählte ihn der Bundesrat zum ordentlichen Professor für Informatik an die ETH Zürich, wo er massgeblich an der Etablierung des Gebiets und 1981 an der Gründung des Departements Informatik beteiligt war. Von 1985 bis 1989 leitete er, beurlaubt von der ETH Zürich, das Informatik Departement an der Universität North Carolina in Chapel Hill. Nach einer äusserst langen und erfolgreichen Karriere emeritierte er im Jahr 2003 an der ETH Zürich.

Jürg Nievergelts Interessen waren breit gefächert, von Algorithmen und Datenstrukturen, über Numerik, parallelem Rechnen, bis hin zu ersten Ansätzen im Interface Design - überall hat er seine Spuren hinterlassen. An der University of Illinois hat er mit «Plato» eines der ersten computerunterstützten Lehrsysteme für den Masseneinsatz entwickelt, an der ETH Zürich die erste Antrittsvorlesung mit Computerdemo gehalten. Viele von ihm vorgeschlagene Algorithmen und Datenstrukturen haben Eingang in die Lehrbücher gefunden und sind noch heute jedem Informatiker ein Begriff. Für seine Leistungen wurden ihm zahlreiche renommierte Preise und Auszeichnungen zuteil.

Trotz all dem wissenschaftlichen Erfolg hat sich Jürg Nievergelt vor allem den Menschen verpflichtet gefühlt: den Studierenden, den Kolleginnen und Kollegen, der Gesellschaft. Während fast dreissig Jahren hat er durch die Übernahme zahlreicher Funktionen entscheidend die Informatik an der ETH Zürich geprägt. Die Informatik-Didaktik hat er, quasi als Hobby und nebenbei, aus der Taufe gehoben. Unzähligen Studierenden und Doktorierenden hat er nicht nur Wissen der Informatik beigebracht, sondern auch was es bedeutet Mensch zu sein.

Die Angehörigen der ETH Zürich, seine ehemaligen Studierenden wie auch seine Kolleginnen und Kollegen werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

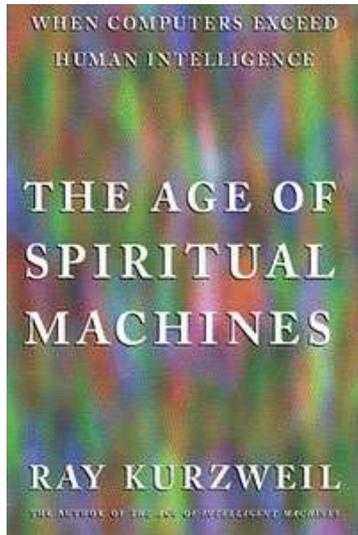
Im Namen der ETH Zürich

Joël Mesot, Präsident

Sarah Springman, Rektorin

Searle vs. Kurzweil

Other than making incremental improvements to the minimax algorithm, computer chess failed to deliver on its larger promise as a tool for exploring the underlying mechanisms of human intelligence. -- Nathan Ensmenger



Der bekannte, aber umstrittene Futurist Ray Kurzweil („the singularity is near“) führt in seinem 1999 erschienen Buch „The Age of Spiritual Machines“ (deutsch: „Homo S@piens“), das den Untertitel „When Computers Exceed Human Intelligence“ trägt, Deep Blue und dessen Sieg über Schachweltmeister Kasparow als Beweis für eine mündig werdende künstliche Intelligenz an. In einer Rezension („I Married a Computer“) im renommierten „New York Review of Books“ widerspricht der bekannte Philosoph John Searle aus Berkeley der These vehement: Kasparow würde tatsächlich Schach spielen; Deep Blue aber würde bestenfalls einen Schachspieler simulieren, ohne zu wissen und zu verstehen, was Schachspielen bedeutet. Er schreibt:

“Kasparov was consciously looking at a chessboard, studying the position and trying to figure out his next move. He was also planning his overall Strategy [...] Kasparov was, quite literally, playing chess. None of this whatever happened inside Deep Blue. Nothing remotely like it. Here is what happened inside Deep Blue. The computer has a bunch of meaningless symbols that the programmers use [...] The computer does not know that the symbols represent chess pieces and chess moves, because it does not know anything.”

Searle greift eines seiner bekannten Gedankenexperimente, das „Chinesische Zimmer“, wieder auf, das zeigen soll, dass Computer nicht alleine dadurch Bewusstsein erlangen können, dass sie ein Programm ausführen. Wir zitieren dazu Wikipedia: „...stellt man sich einen geschlossenen Raum vor, in dem ein Mensch, der keinerlei Chinesisch versteht, in chinesischer Schrift gestellte Fragen – anhand einer in seiner Muttersprache verfassten Anleitung – in

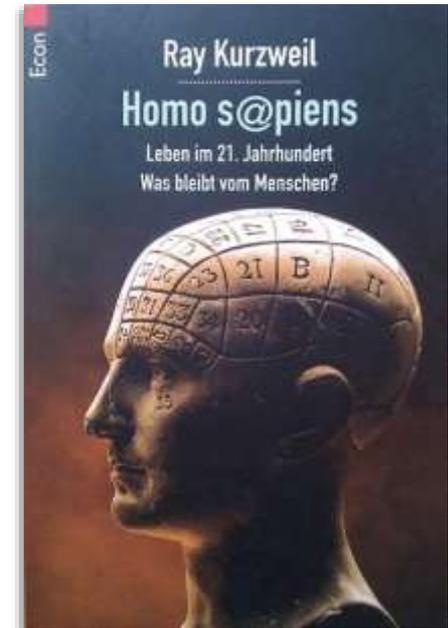
Searle vs. Kurzweil (2)

chinesischer Schrift sinnvoll beantwortet. Personen ausserhalb des Raums folgern aus den Ergebnissen, dass der Mensch in dem Raum Chinesisch beherrscht, obwohl das nicht der Fall ist. Das Experiment sollte zeigen, dass ein Computer ein Programm ausführen und regelbasiert Zeichenreihen verändern kann, ohne die Bedeutung der Zeichen zu verstehen. Die Fähigkeit, Syntax zu befolgen, soll nach Searle also nicht zu Semantik befähigen.“ Bezogen auf Ray Kurzweils Buch schreibt Searle:

„The computer, as we saw in our discussion of the chess-playing program, succeeds by manipulating formal symbols. The symbols themselves are quite meaningless; they have only the meaning we have attached to them. The computer knows nothing of this, it just shuffles the symbols.“

Konkret wirft er Kurzweil vor, dass dieser die Simulation von Denken mit wirklichem Denken verwechsle: „He confuses the computer simulation of a phenomenon with a duplication or recreation of that phenomenon. This comes out most obviously in the case of consciousness.“ Kurzweil war über diese Kritik seines Buches erbost; er schrieb an den Herausgeber der „New York Review of Books“ und beschwerte sich über die „distorted caricature“ seines Buches. Searle rekapituliert seine Argumente und schliesst seine Entgegnung mit „increased computational power by itself is no evidence whatever for consciousness in computers.“

Er misst im Übrigen dem Sieg von Deep Blue keine tiefere Bedeutung zu: „What psychological or philosophical significance should we attach to Deep Blue? It is, of course, a wonderful hardware and software achievement of the engineers and the programmers, but as far as its relevance to human psychology is concerned, it seems to me of no interest whatsoever.“



2006: Wladimir Kramnik gegen „Deep Fritz“



Ende 2006 nochmal ein Versuch, die Ehre der Menschheit beim Schachspiel zu retten: Weltmeister Wladimir Kramnik (Russland) tritt in Bonn gegen „Deep Fritz“ (Deutschland) an. Seine halbe Million US-Dollar Startgeld hätte er bei einem Sieg verdoppeln können.

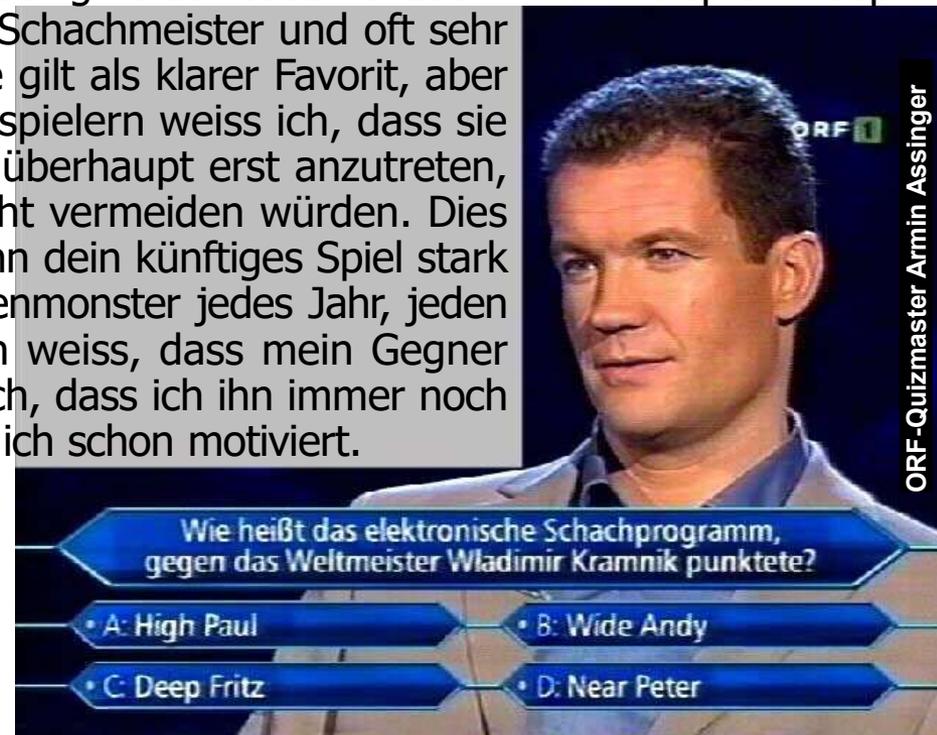


2006: Wladimir Kramnik gegen „Deep Fritz“ (2)

Der 31-jährige Russe hatte vor dem Turnier in Bonn mit seinem Team während eines zweiwöchigen intensiven Trainingslagers in der Nähe von Saarbrücken mit der Wettkampf-Version von Deep Fritz trainiert. Die beiden Kontrahenten sassen sich bereits einmal zum Zweikampf gegenüber: Damals, 2002 in Bahrain, erreichte der Weltmeister Kramnik gegen die Maschine ein 4:4-Unentschieden.

Tief beeindruckt zeigte sich das Kramnik-Team nun vom Gegner. Kramnik: „Das Schachverständnis von Deep Fritz ist grösser denn je. Die Entwickler haben das Programm gewaltig verbessert. Bei einigen meiner Trainingspartien war ich regelrecht begeistert. Das Programm eröffnete mir erstaunliche Visionen, die mir bislang verschlossen blieben. Oftmals spielt Deep Fritz viel extravaganter als selbst die grössten Schachmeister und oft sehr stark. Ich bin wirklich begeistert. Die Maschine gilt als klarer Favorit, aber ich habe meine Chancen. Von einigen Spitzenspielern weiss ich, dass sie sehr beunruhigt wären, gegen den Computer überhaupt erst anzutreten, und dass sie einen solchen Zweikampf vielleicht vermeiden würden. Dies ist verständlich, denn eine klare Niederlage kann dein künftiges Spiel stark beeinflussen. Es ist klar, dass sich dieses Rechenmonster jedes Jahr, jeden Monat, jeden Tag ständig verbessert, und ich weiss, dass mein Gegner unglaublich stark sein wird. Aber ich denke auch, dass ich ihn immer noch bekämpfen kann. Wenn ich kämpfen kann, bin ich schon motiviert.“

Vielleicht habe ich ja als letzter Mensch die Chance, die Maschine zu besiegen. Mein Team und ich werden alle Energie aufwenden, um die so genannte künstliche Intelligenz noch einmal in die Schranken zu weisen.“



ORF-Quizmaster Armin Assinger

http://gameshows.ru/w/images/4/4f/Armin_Assinger.jpg

2006: Wladimir Kramnik gegen „Deep Fritz“ (3)

Der Deutschlandfunk berichtete von der entscheidenden Turnierpartie: „Seit drei Stunden spielt Wladimir Kramnik gegen das Schachprogramm Deep Fritz. Begeistert beobachten Kommentatoren und Kiebitze einige geniale Züge und wundern sich über die schwache Gegenwehr von Fritz. Nach dem Remise im ersten Match sieht alles nach einem Sieg aus. Bis zum 34. Zug – da geschieht etwas Unfassbares: Der Weltmeister übersieht ein einzügiges Matt, Millisekunden später kegelt Deep Fritz Wladimir Kramnik vom Brett. ‚Ich konnte es nicht glauben, ich war entsetzt, ich war wirklich entsetzt, das war ein so unglaubliches Versehen, das war ein so unglaublicher Bock, das war einmalig, so etwas ist noch nie auf so hohem Niveau gewesen und bei Kramnik eben auch nicht, man kann so etwas gar nicht erklären,...‘ ...staunt Helmut Pfleger, Internationaler Schachgrossmeister und Kommentator des Turniers.“ Die Süddeutsche Zeitung titelte daraufhin: „**Einem Computer von Aldi würde ein solcher Fehler nicht unterlaufen!**“

Etwas nüchterner fiel das Resümee in der Wochenzeitung „Die Zeit“ aus: „Durch den Sieg von Deep Fritz scheint der Wettstreit Mensch gegen Maschine im Schach endgültig entschieden. Denn wer soll noch gegen den Computer bestehen, wenn es der Weltmeister nicht schafft? Aber noch ist es zu früh, den Untergang der Menschheit zu verkünden. Schliesslich war es ein faszinierender Wettstreit mit sechs hochklassigen Schachpartien, deren Reiz in dem Kampf zwischen Intuition und Rechenkraft lag. Nach den Partien stellte sich heraus, dass Kramnik sehr oft so gespielt hatte, wie es der Computer erwartet hatte – und umgekehrt.“

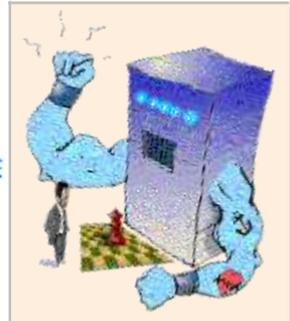
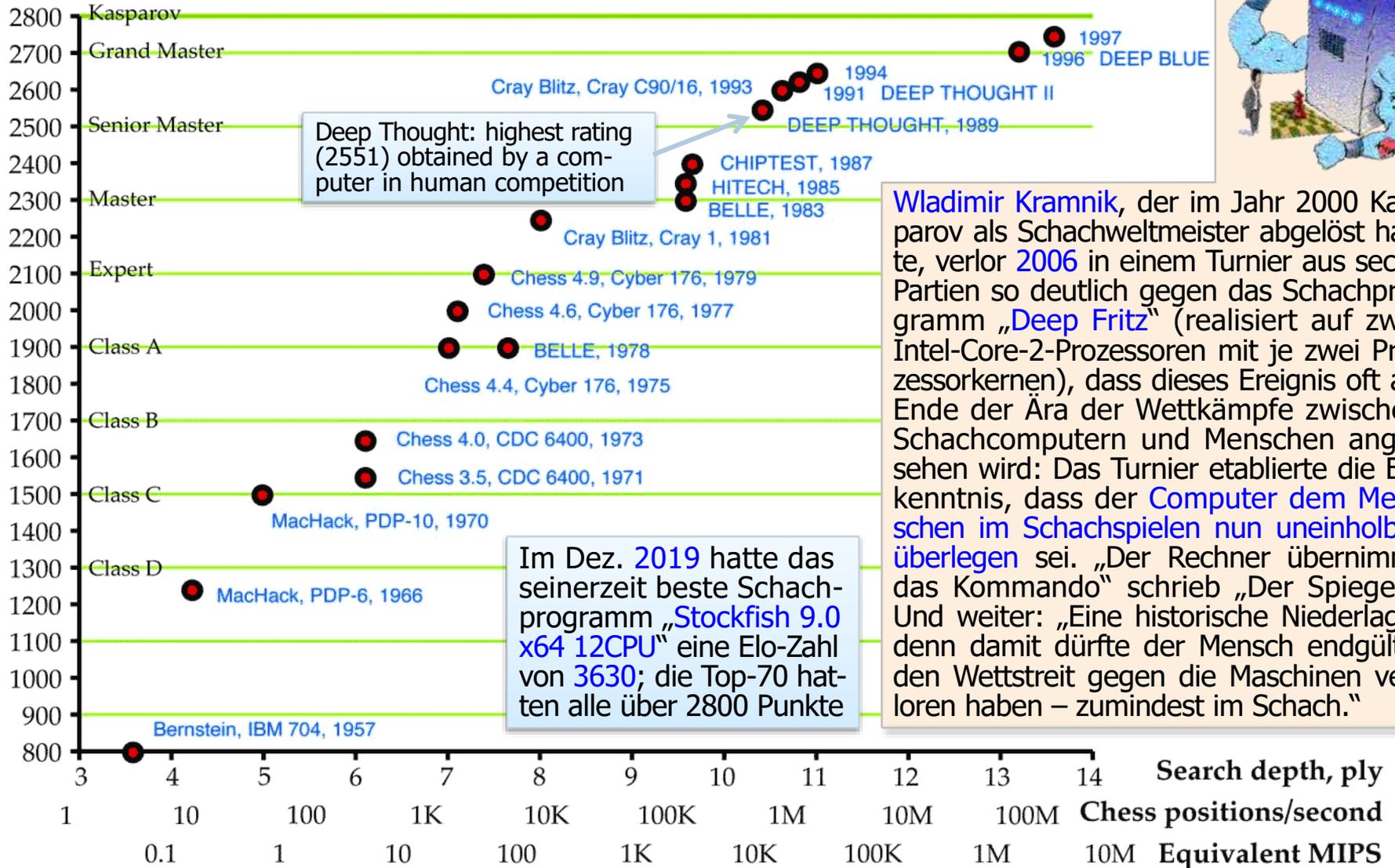


http://kolizej.at.ua_fr/3/1925839.jpg

www.segodnya.ua/img/article/15149_main.jpg

Entwicklung der Spielstärke (Elo) 1957 – 1997

ELO 3630:
Stockfish, 2019



Wladimir Kramnik, der im Jahr 2000 Kasparov als Schachweltmeister abgelöst hatte, verlor 2006 in einem Turnier aus sechs Partien so deutlich gegen das Schachprogramm „Deep Fritz“ (realisiert auf zwei Intel-Core-2-Prozessoren mit je zwei Prozessorkernen), dass dieses Ereignis oft als Ende der Ära der Wettkämpfe zwischen Schachcomputern und Menschen angesehen wird: Das Turnier etablierte die Erkenntnis, dass der Computer dem Menschen im Schachspielen nun uneinholbar überlegen sei. „Der Rechner übernimmt das Kommando“ schrieb „Der Spiegel“. Und weiter: „Eine historische Niederlage, denn damit dürfte der Mensch endgültig den Wettstreit gegen die Maschinen verloren haben – zumindest im Schach.“

Im Dez. 2019 hatte das seinerzeit beste Schachprogramm „Stockfish 9.0 x64 12CPU“ eine Elo-Zahl von 3630; die Top-70 hatten alle über 2800 Punkte

Quelle: www.frc.ri.cmu.edu/users/hpm/book97/ch3/chess.plot.150.jpg

Superhuman? Intelligence explosion? Singularity? Ed Felten merkt zum Elo-Graphen an:

The result is **remarkably linear over more than 30 years**, despite exponential growth in underlying computing capacity and similar exponential growth in algorithm performance. Apparently, rapid exponential improvements in the *inputs* to AI chess-playing lead to merely linear improvement in the natural measure of *output*.

Exponential growth doesn't imply that any "explosion" will occur. For example, my notional savings account paying 1% interest will grow exponentially but I will not experience a "wealth explosion" that suddenly makes me unimaginably rich.

But what if the growth rate of the exponential is much higher? Will that lead to an explosion? The best historical analogy we have is **Moore's Law**. Over the past several decades computing power has grown exponentially at a 60% annual rate—or a doubling time of 18 months—leading to a roughly ten-billion-fold improvement. That has been a big deal, but it has not fundamentally changed the nature of human existence. The effect of that growth on society and the economy has been more gradual.

The reason that a ten-billion-fold improvement in computing has not made us ten billion times happier is obvious: computing power is not something we value deeply for its own sake. For computing power to make us happier, we have to find ways to use computing to improve the things we do care mostly deeply about—and that isn't easy.

More to the point, efforts to **turn computing power into happiness** all seem to have sharply diminishing returns. For example, each new doubling in computing power can be used to improve human health, by finding new drugs, better evaluating medical treatments, or applying health interventions more efficiently. The net result is that health improvement is more like my savings account than like Moore's Law.

What does this imply for the **Singularity theory**? What if "designing even better machines" is like chess, in that exponential improvements in the input (intelligence of a machine) lead to merely linear improvements in the output (that machine's performance at designing other machines)? If that were the case, there would be no **intelligence explosion**. Indeed, the growth of machine intelligence would be barely more than linear. Having studied complexity theory more deeply than most humans, I find it very plausible that machine design will exhibit the kind of **diminishing returns** we see in chess. Regardless, this possibility does cast real doubt on Good's claim^{*)} that self-improvement leads "unquestionably" to explosion.

*) I.J. Good (1916 – 2009) was a British mathematician who worked as a cryptologist at Bletchley Park with Alan Turing. An originator of the concept now known as "intelligence explosion" ("the first ultraintelligent machine is the last invention that man need ever make") Good served as consultant to Stanley Kubrick, director of the 1968 film "2001: A Space Odyssey." [Wikipedia]

Der Mensch muss nicht mehr Schach spielen!

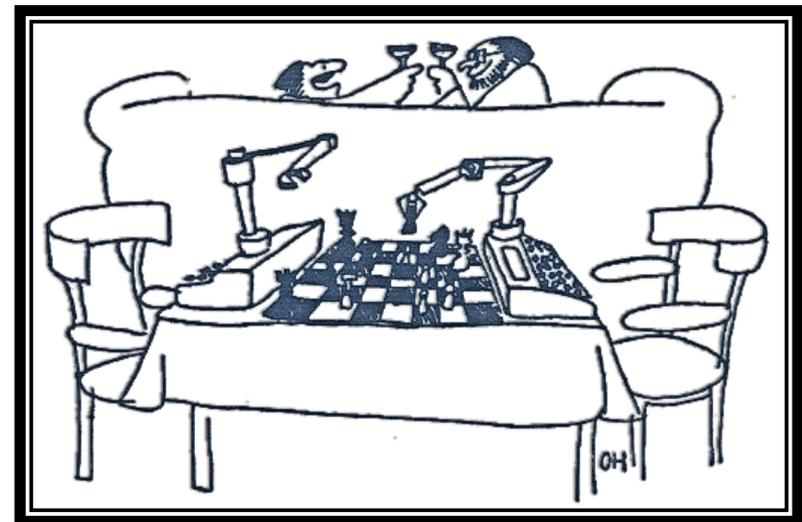
In 15 Jahren kann man in jedem Warenhaus für 10, 20 Dollar den Schachweltmeister kaufen und dann zu Hause auf der richtigen Stufe in Ruhe eine gemütliche Partie spielen. – V. Kortschnoi, 2001

Wir sind umgeben von Maschinen. Hilfreichen, wunderbaren Maschinen. Wünschen wir einen Kaffee, treten wir vor, schalten eine Kaffeemaschine ein und entnehmen ihr einen Kaffee. Geleitet es uns nach einer Fahrt von A Richtung B, setzen wir uns in ein Auto und fahren B-wärts, ja sogar nach C oder D. [...]

Also ist es schön, dass es Maschinen gibt, nicht wahr? Es erleichtert unser Leben. Es ermöglicht uns Konzentration auf das Wichtige. Umso seltsamer mutet an, was nun in Bonn geschah, wo der Schachweltmeister Kramnik gegen den Schachcomputer Deep Fritz spielte. Und verlor – was von Kommentatoren mit melancholischen Anmerkungen versehen wurde. Endgültig sei nun der Mensch (jedenfalls im Schach) der Maschine unterlegen.

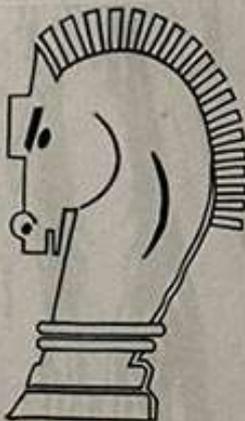
Ich verstehe das nicht. Hier steht offensichtlich eine Maschine zur Verfügung, die uns **von der Last des Schachspiels befreien** könnte, jenem langwierigen, zeitraubenden, auch ungesunden Herumsitzen vor Schachbrettern, jenem Gegrübel in schlechter Luft, jenem Hirn und Gefühl quälenden Spiel, das Menschen wie Bobby Fischer in den Wahnsinn getrieben hat. Endlich! Wie viele Generationen haben sich geplagt! Nun könnte Schluss damit sein, **man könnte Computer gegeneinander spielen lassen**, auf höchstem Niveau. [...] Und was geschieht? Es wird geklagt. Dass der Mensch der Maschine unterlegen sei. Ja, Himmel, das ist doch das Gute! Das haben wir erstrebt! Dass endlich **das Schachjoch von uns genommen** wird. Wir haben Grosses erreicht: Der Mensch muss nicht mehr Schach spielen!

-- Axel Hacke [Tempelhofer Schachblätter, Nr. 138, S. 87]



Seit 1970 finden grosse Computerschachmeisterschaften statt, bei der sich die Schachprogramme untereinander messen.

International Computer Chess Championship



Man könnte erwarten, dass menschliche Schachspieler bei solchen Maschinenturnier völlig überflüssig sind. Oh nein! An jedem Brett sind zwei Spieler in Aktion, genau wie bei einem traditionellen Turnier. Diese Spieler werden "Operatoren" genannt. Man hätte vielleicht vermutet, dass die Computer die Steine des Bretts selber bewegen. Aber das tun sie nicht. Sie haben hoch entwickelte Gehirne – aber keine Arme.

-- Harry Schüssler, schwedischer Grossmeister



1977 World Computer Chess Championship in Toronto:
"Chess 4.6" von David Slate und Larry Atkin siegte



Video: www.computerhistory.org/chess/mov-433190c268f04/

Szene aus dem Film „Computer Chess“ von 2013, der im Jahr 1980 spielt:



```
HI. THIS IS CHESS .5
ENTER MOVE OR TYPE GO.
le fnode1 1000
LE FNODEL 1000
go
GO
MY MOVE - P-Q4.
1.1147 NODES,39
n-qb3
N-QB3
YOUR MOVE - N-QB3.
MY MOVE - P-QB4.
2.1097 NODES,114
p-kb4
P-KB4
YOUR MOVE - P-B4.
MY MOVE - P-B3.
3.1238 NODES,128
pr
PR

8 r-bqkbnr
7 ppppp-pp
6 --n-----
5 -----p--
4 --PP-----
3 -----P--
2 PP--P-PP
1 RNBQKBNR
p-k4
P-K4
YOUR MOVE - P-K4.
MY MOVE - P-QN4.
4.1217 NODES,29
pr
PR
```

In 1980, an annual gathering of teams of idiosyncratic nerds compete in a California hotel to see which of their computer programs can best the others at computer chess. Bad haircuts, dorky shirts, “birth control glasses”, and other social impedimenta are ubiquitous. Bull sessions on the dystopian possibilities of artificial intelligence are pursued. ... The only female geek in attendance ... In a startling final scene ... reveals herself to be infinitely more than expected.



Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search

Jan. 2016

David Silver^{1*}, Aja Huang^{1*}, Chris J. Maddison¹, Arthur Guez¹, Laurent Sifre¹, George van den Driessche¹, Julian Schrittwieser¹, Ioannis Antonoglou¹, Veda Panneershelvam¹, Marc Lanctot¹, Sander Dieleman¹, Dominik Grewe¹, John Nham², Nal Kalchbrenner¹, Ilya Sutskever², Timothy Lillicrap¹, Madeleine Leach¹, Koray Kavukcuoglu¹, Thore Graepel¹ & Demis Hassabis¹

The game of Go has long been viewed as the most challenging of classic games for artificial intelligence owing to its enormous search space and the difficulty of evaluating board positions and moves. Here we introduce a new approach to computer Go that uses ‘value networks’ to evaluate board positions and ‘policy networks’ to select moves. These deep neural networks are trained by a novel combination of supervised learning from human expert games, and reinforcement learning from games of self-play. Without any lookahead search, the neural networks play Go at the level of state-of-the-art Monte Carlo tree search programs that simulate thousands of random games of self-play. We also introduce a new search algorithm that combines Monte Carlo simulation with value and policy networks. Using this search algorithm, our program AlphaGo achieved a 99.8% winning rate against other Go programs, and defeated the human European Go champion by 5 games to 0. This is the first time that a computer program has defeated a human professional player in the full-sized game of Go, a feat previously thought to be at least a decade away.

¹Google DeepMind, 5 New Street Square, London EC4A 3TW, UK. ²Google, 1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, California 94043, USA.

*These authors contributed equally to this work.

484 | NATURE | VOL 529 | 28 JANUARY 2016

The research of Go programs is still in its infancy, but we shall see that to bring Go programs to a level comparable with current Chess programs, investigations of a totally different kind than used in computer chess are needed. -- John McCarthy, 1990

AlphaGo

"Ich kann nicht mehr erkennen, wer Mensch und wer Maschine ist"

AlphaGo spielt wie ein Mensch, sagt der mehrfache Deutsche Go-Meister. Nämlich kämpferisch und intuitiv. Der Sieg gegen Lee Sedol sei ein Triumph künstlicher Intelligenz.

Interview: **Oliver Fritsch**

9. März 2016, 14:16 Uhr / 34 Kommentare



Lee Sedol und sein Gegner © Jung Yeon Je/AFP/Getty Images

ZEIT ONLINE: Herr Gerlach, zum ersten Mal besiegte ein Computer, AlphaGo von Google, einen Spieler der Go-Elite, den Südkoreaner Lee Sedol, der zehn Jahre die Nummer eins der Welt war. Ist das eine Sensation?

Christoph Gerlach: Ja. Das war bis vor einem Jahr undenkbar. Damals dachte man, es dauert noch zehn Jahre, bis das möglich ist. Es ist ein Triumph der künstlichen Intelligenz.

Mensch gegen Maschine: Computer gewinnt erstes Go-Duell



Koreanischer Go-Spieler Lee Sedol (rechts) beim DeepMind-Match

Im Go-Brettspiellduell des Computers AlphaGo gegen Weltmeister Lee Sedol hat die Maschine die Auftakt-Partie gewonnen: Nach dreieinhalb Stunden erklärte sich Lee für geschlagen, da er keine Siegeschancen mehr sah. Damit hat er relativ schnell aufgegeben, Titelmatches können sich auch über fünf oder sechs Stunden ziehen.

Lee Sedol hat sich nach seiner Niederlage überrascht gezeigt. "Ich habe nicht erwartet, zu verlieren, selbst als ich zu Beginn Mühe hatte", sagte Lee am Mittwoch. Es habe ihn erstaunt, wie perfekt AlphaGo spiele. Andrew Jackson vom amerikanischen Go-Verband hatte ebenfalls nicht mit einer Niederlage Lees gerechnet. "Wir haben gesagt, der Tag wird kommen", zitiert ihn die Nachrichtenagentur dpa. Doch habe man nicht geglaubt, dass dieser Moment schon so schnell eintreffen werde. "Wir sind vollkommen im Schockzustand."

Go-Weltmeister gegen Computer

Niederlage eingestanden

Computer 3 – Mensch 0: Der Tag, an dem ein Computer einen Weltklassespieler im Brettspiel Go schlagen kann, kommt früher als erwartet. Der dritte Sieg der Google-Software AlphaGo gegen den Profi Lee Sedol fällt deutlich aus.

12.03.2016



AP

„War machtlos“: Go-Weltmeister Lee Sedol nach dem dritten Spiel.

Den spektakulären Kräftevergleich zwischen Mensch und Computer im verzwickten Brettspiel Go hat die Google-Software AlphaGo vorzeitig für sich entschieden. Das Programm besiegte am Samstag in Seoul auch im dritten der fünf angesetzten Duelle den Südkoreaner Lee Sedol, der das Strategiespiel jahrelang dominiert hatte. Lee geriet am Ende in Zeitnot und gab nach mehr als vier Stunden auf. Er entschuldigte sich hinterher bei seinen Fans, er habe die Erwartungen nicht erfüllt: „Ich war machtlos.“ Schon der erste Sieg des Programms am vergangenen Mittwoch wurde als ein Meilenstein bei der Entwicklung selbstlernender Maschinen und künstlicher Intelligenz gewertet.



AlphaGo gegen Fan Hui, französischer Go-Spieler chinesischer Abstammung

Anger: 4.8297894E-05,
 Contempt: 0.0001161086,
 Disgust: 5.03464471E-05,
 Fear: 1.8695051E-05,
 Happiness: 0.0001668179,
 Neutral: 0.697892249,
 Sadness: 0.3015599,
 Surprise: 0.000147583793



Büt I lose all my games.

Myungwan Kim, der selbst schon gegen Lee gespielt hat, kommentierte die ersten drei Niederlagen Lees gegen AlphaGo so: „Nach dem ersten Spiel war er überrascht. Nach dem zweiten Spiel war er enttäuscht. Nach dem dritten Spiel sah er aus, als hätte ihn ein Pferd getreten.“
www.golem.de/news/alpha-go-die-naechste-revolution-im-go-und-anderswo-1603-119777.html

13. März 2016



Anger: 6.221606E-07,
Contempt: 2.82735E-08,
Disgust: 9.929514E-07,
Fear: 2.40476039E-09,
Happiness: 0.999998152,
Neutral: 2.1027898E-08,
Sadness: 5.548912E-08,
Surprise: 1.1935815E-07

Das Emotion-API von Microsoft Azure ist sich hier zu 99.999% sicher: Lee Sedol ist rundum glücklich, während sein Gesichtsausdruck am Tag zuvor noch zutiefst traurig war.

Lee Sedol trouve enfin la parade face à la machine de Google

AlphaGo

ZEIT ONLINE
Go-Meister gegen Computer 1:3

Humanity strikes back: Lee Se-dol wins game against Google's AlphaGo AI

Alpha Go ist nicht unbesiegbar

Im vierten Spiel vom Match zwischen Lee Sedol und Alpha Go ist das Computerprogramm zum ersten Mal unterlegen. Nach einem überlegenen Eröffnungsspiel machte Alpha Go einen schweren Fehler beim 79. Zug, von dem sich das Programm nicht mehr erholte.

Go champion Lee Se-dol strikes back to beat Google's DeepMind AI for first time
Intuition beats ingenuity at last

Mensch gegen Maschine: AlphaGo verliert eine Partie

Die Go-Welt atmet auf: In dem auf fünf Partien angesetzten Turnier von Googles künstlicher Intelligenz AlphaGo gegen den Spitzenspieler Lee Sedol hat Lee Sedol heute gewonnen. Damit steht es 3:1 für den Computer.

... Nach dem 89. Zug hatte Lee Sedol seine Kernbedenkzeit verbraucht. Ab jetzt durfte er nur noch eine Minute pro Zug nachdenken. Der Profispieler Michael Redmond kommentierte, dass es allmählich gut für Lee Sedol (Weiß) aussehe. ... Es ist kurz vor 9 Uhr, vier Stunden sind gespielt. Redmond gibt zum ersten Mal offen die Prognose ab, dass Lee Sedol gewinnen wird – mindestens wird es ein knappes Spiel. Als das Endspiel voranschreitet, gibt es hier und da einen Zug von AlphaGo (z.B. 163), den Redmond als sinnlos kommentiert – eine Antwort erzwingend zwar, aber nicht nützlich. Von wesentlich schwächeren Go-Programmen kennt man diesen Spielstil: Wenn sie verlieren, fangen sie an, Quatsch zu machen. Nach 184 Zügen gibt AlphaGo auf. Die Go-Welt kann aufatmen – und vor allem Lee Sedol. Wie beschämend wäre es gewesen, hätte der Mensch der künstlichen Intelligenz so gar nichts mehr entgegenzusetzen gehabt.

Auf der Pressekonferenz im Anschluss an die heutige Partie ist der Applaus groß, Lee Sedol sichtlich erleichtert und froh. "Es ist nur ein Sieg, und man hat mir noch nie so begeistert gratuliert, nur weil ich eine einzelne Partie gewonnen habe." Ein Mitglied des AlphaGo-Teams erklärt: "AlphaGo verdankt seine Spielstärke in hohem Maße dem Selbstlernen in Spielen gegen sich selbst. Es braucht aber einen genialen Spieler wie Lee Sedol, um Lücken in diesem selbstgelernten Wissen aufzudecken und auszunutzen – wie die, die wir heute im Mittelspiel gesehen haben."

www.heise.de/newsticker/meldung/Mensch-gegen-Maschine-AlphaGo-verliert-eine-Partie-3133526.html?wt_mc=rss.ho.beitrag.rdf

17. März 2016

AlphaGo ha vinto: la macchina ha battuto l'uomo 4-1

Mensch gegen Maschine

Künstliche Intuition

Frankfurter Allgemeine
Wissen

Donnerstag, 17. März 2016

Ein Computer schlägt einen der besten menschlichen „Go“-Spieler. Das ist eine bedeutende Leistung der Informatik, aber kein Grund zu philosophischer Panik.

Sieg der künstlichen Intelligenz

Neue Zürcher Zeitung

Google-Software triumphiert

Ein Computerprogramm weist den Champion des Brettspiels Go in die Schranken.

Le triomphe d'AlphaGo, jour J pour le duel homme-machine ?

Im viel beachteten Duell im Brettspiel Go zwischen einer Google-Software und dem südkoreanischen Spitzenspieler Lee Sedol hat der Computer auch die fünfte und letzte Runde gewonnen. Der 33 Jahre alte Lee gab sich am Dienstag nach 280 Zügen geschlagen. Damit musste der Go-Meisterspieler vier Niederlagen hinnehmen.
www.faz.net

Lee Sedol zeigte sich frustriert nach der Niederlage. «Ich denke nicht, dass Alphago mir überlegen ist», sagte er auf der Pressekonferenz nach dem Ende des Turniers in der südkoreanischen Hauptstadt Seoul. Der Vorteil der Deepmind-Software liege vielmehr darin, dass sie nicht mit den psychologischen Faktoren eines Go-Spiels zu kämpfen habe. So verspüre die Maschine weder Anspannung noch Müdigkeit im Laufe einer stundenlangen Partie.
www.nzz.ch/wissenschaft/technik/alphago-triumphiert-1.18712864

nano-spezial: Robo sapiens - die künstliche Intelligenz übernimmt

Info / Dok - DE/AT/CH 2016

„Silvester 2016 spielte AlphaGo auf zwei Internet-Servern anonym und besiegte Topspieler insgesamt mit 60-0, darunter auch den **ungekrönten Weltmeister Ke Jie** aus China mit 3-0. Jie erlitt einen Nervenzusammenbruch und musste kurzzeitig ins Krankenhaus.

[...] gibt es seit 2018 das Open-Source-Programm **LeelaZero**. Mit Leela hat jeder, der einen PC mit guter Grafikkarte hat, Go-Spielstärke im Haus, die klar über der der besten Menschen ist. Man beachte: Vom März 2016 dauerte es nur zwei Jahre, bis ein frei verfügbares Go-Programme allen Menschen über war.“

Ingo Althöfer, de.chessbase.com

Spätestens seit dem Computerprogramm AlphaGo den Weltmeister im Brettspiel Go Ende 2015 besiegte, ist klar, dass es nicht mehr lange dauert, bis Maschinen schlauer sind als Menschen. Denn AlphaGo hat nicht mit schierem Rechenpower gesiegt: AlphaGo hat stattdessen Erfahrungen gesammelt. Selbst die Entwickler können nicht mehr im Detail sagen, was die Software da tut. AlphaGo hat seine eigene kognitive Biographie erworben und damit so etwas wie eine Persönlichkeit. Was bedeutet das? Werden wir bald von der künstlichen Intelligenz ausgebootet? Noch nicht ganz. Schliesslich kann AlphaGo weder eine Strasse überqueren, noch ein Gesicht erkennen. Doch mit der Fähigkeit, selbstständig aus Daten Schlüsse zu ziehen - dem Maschinenlernen - wird die KI erwachsen. Die Internetgiganten Google und Facebook haben bereits hunderte Millionen in KI-Startups investiert und füttern mit unseren Daten ihre selbstlernenden Maschinen. Die Gefahr, manipuliert zu werden, steigt. Doch gleichzeitig wachsen auch die Chancen, aus den Daten Erkenntnisse und Ideen zu generieren, auf die Menschen bisher nicht gekommen sind. Manche Ökonomen warnen, dass die klugen Maschinen bis zur Hälfte aller Jobs übernehmen könnten. Andererseits muss man es nicht schlecht finden, weniger arbeiten zu müssen.

AlphaGo – eine „Mondlandung“?

Auszüge aus: „Versteckspiel im Suchbaum“ von Stefan Betschon (NZZ 24.3.2016):

„Wir sind auf dem Mond gelandet“, twitterte am 9. März 2016 ein junger Computerwissenschaftler namens Demis Hassabis. An diesem Tag hatte in Seoul eine AlphaGo genannte Software im Brettspiel Go erstmals einen menschlichen Spitzenspieler besiegt. Der 9. März, so behauptete Hassabis mit seinem Tweet, verweise wie der 21. Juli 1969 auf einen Meilenstein in der Geschichte der Technik. Hassabis ist Mitbegründer und Chef der Jungfirma Deepmind, einer Tochterfirma von Google, die das Computerprogramm AlphaGo entwickelt hat.

Der Kampf zwischen AlphaGo und dem koreanischen Profispieler Lee Sedol erinnert an die Auseinandersetzung zwischen dem Schachweltmeister Garri Kasparow und dem von IBM geschaffenen Computersystem Deep Blue. Im Jahr 1997 gewann der Computer gegen den Menschen einen Wettkampf mit sechs Partien. Doch es widerstrebt einem, hier von einem technischen Durchbruch zu sprechen, denn IBM hat alles unternommen, um die Funktionsweise der Technik zu verheimlichen. Diese Geheimhaltung entspricht nicht den Gepflogenheiten der modernen Wissenschaft, das ist Alchemie.

Einst hiess es, das Schachspiel biete dem Computerwissenschaftler – wie die Fruchtfliege dem Biologen – eine Möglichkeit, rasch Erkenntnisse zu gewinnen, die sich verallgemeinern lassen und über den ursprünglichen Anwendungsfall hinaus Bedeutung besitzen. Doch die bei Deep Blue eingesetzte Technik – die Power-Risc-Prozessoren,

das AIX-Betriebssystem, die massiv-parallele Architektur – veraltete rasch. IBM hat die Aufwendungen für Deep Blue wohl als PR-Ausgabe verbucht. Computerschach hat IBM kommerziell nichts eingebracht, und es ist zu bezweifeln, dass es die computerwissenschaftliche Forschung befruchtet hat.

Mit seinem Befehl, einen Menschen zum Mond zu bringen, startete John F. Kennedy im Frühling 1961 ein Wissenschaftsprojekt, das nicht nur die Erforschung des Weltalls förderte, sondern darüber hinaus auch in vielen anderen Bereichen Innovationen ermöglichte. So brachte das Projekt etwa die Halbleitertechnik voran: Ohne die Aufträge der NASA wäre die Massenfertigung von integrierten Schaltkreisen – eine Voraussetzung für den Bau von Mini- und Mikro-Computern – in den 1960er-Jahren nicht in Gang gekommen. Wenn die Mondlandung am 21. Juli 1969 in der Geschichte der Technik so wichtig ist, dann nicht nur, weil es schwierig ist, einen Menschen auf den Mond zu bringen, sondern auch weil dieses Vorhaben eine ganze Serie von weiteren technischen Durchbrüchen ermöglichte.

Die von Deepmind entwickelte Alphago-Software stellt keinen Technologiesprung dar. Das Brettspiel Go ist in der Computerwissenschaft ein altes Forschungsthema, Go-Software gibt es seit den 1970er-Jahren. Einer der bei der Entwicklung von Alphago massgebenden Deepmind-Mitarbeiter, David Silver, schrieb an der University of Alberta seine Doktorarbeit über Go-Software bei einem Professor, der seinerseits schon – an der ETH Zürich – mit einer Arbeit über Go promovierte^(*). Das Thema verbindet Generationen von Computerwissenschaftlern, wichtige Durchbrüche liegen Jahre zurück.

^{*)} Martin Müller promovierte 1995 an der ETH Zürich bei Prof. Jürg Nievergelt mit dem Thema „Computer Go as a Sum of Local Games: An Application of Combinatorial Game Theory“.

Einen wichtigen Fortschritt brachte die sogenannte Monte-Carlo-Revolution. Bei der Monte Carlo Tree Search wird das Herumklettern im Suchbaum durch den Zufall geleitet. Aufgrund einer sehr grossen Zahl von zufällig durchgespielten Partien lässt sich für einen bestimmten Zug in einer bestimmten Situation eine Erfolgswahrscheinlichkeit ermitteln.

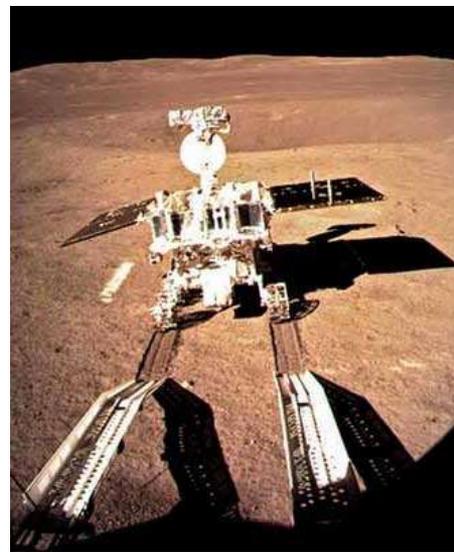
Die Entwickler von Alphago kombinierten die Monte-Carlo-Methode mit neuronalen Netzen jenes Typs, der sich jüngst etwa bei der Bilderkennung bewährte. Diese sogenannten Convolutional Neural Networks helfen, die Breite und Tiefe des Suchbaums weiter zu reduzieren. Sie übernehmen die Auswahl von Spielzügen und die Bewertung von Spielverläufen. Diese Software-Komponenten können sich verändern, sie sind „lernfähig“, indem sie entweder die Spiele von menschlichen Go-Spielern analysieren oder selber Partien generieren. Aufgrund eines mehrwöchigen Lernvorgangs mit mehreren Hundert Millionen Lernschritten konnte Alphago umfassendes statistisches Material über Go-Spielsituationen anlegen und so – nicht dank Intuition und Kreativität, sondern durch kühles Kalkül – menschliche Spieler besiegen.

Der 9. März 2016, der Tag, an dem ein Computer erstmals einen Spitzenspieler am Go-Brett besiegte, ist kein Datum, das Technikinteressierte sich merken müssten. Es gab an diesem Tag keinen Durchbruch zu feiern, der mit der Mondlandung vergleichbar wäre. Der medienwirksam inszenierte Match zwischen Mensch und Maschine ist aber dennoch bedeutsam, denn er hat dazu beigetragen, die öffentliche Debatte über Chancen und Risiken der KI zu beleben. □

Mondlandung und Alphago-Sputnik-Schock

Die Süddeutsche Zeitung berichtet über die Landung der chinesischen Raumsonde auf der Monde-Rückseite Anfang 2019, kommt dann aber bald auf die KI zu sprechen. Der Sieg von Alphago über einen Menschen könnte in China ein technologisches „Erweckungserlebnis“ darstellen, ähnlich wie seinerzeit der Sputnik-Schock in den USA:

„Mit härteren Bandagen wird indes in der künstlichen Intelligenz gekämpft. 2016 kam es zu einem Wettstreit: Mensch gegen Maschine, Großmeister gegen Computer, ausgetragen im Brettspiel Go, das überall in Ostasien populär ist. Schach ist ein Witz dagegen. Lee Sedol aus Südkorea trat an gegen einen Rechner von Google – und verlor sang- und klanglos. Für viele Kader in China war das ein Erweckungserlebnis, ein Sputnik-Moment, wie er damals, 1957, die USA traf, als die Sowjetunion den ersten Satelliten in die Umlaufbahn schoss. Mit viel Geld holten die USA den sowjetischen Vorsprung auf. Genau das ist nun in China geschehen: Wer Go meistert, hat nicht nur einen simplen Schachcomputer programmiert, sondern ist eine ernsthafte Gefahr. Wer die intelligentesten Maschinen baut, kann künftig in vielen Branchen dominieren. Es geht um Gesichtserkennung, Videoanalysen, aber auch ums autonome Fahren. Der Staat stellt in China deshalb inzwischen Milliarden für die Forschung bereit, Unterstützung kommt von ganz oben. Als der mächtige Staats- und Parteichef Xi Jinping im vergangenen Jahr seine Neujahrsansprache hielt, saß er wie immer vor einem Bücherregal. Karl Marx war zu sehen, auch Ernest Hemingways ‚Der alte Mann und das Meer‘. Diesmal allerdings waren in Xis Rücken auch zwei Standardwerke zur künstlichen Intelligenz drapiert worden. Die Sache ist ernst.“ Christoph Giesen: Wo Armstrong nie war. www.sueddeutsche.de/politik/china-wo-armstrong-nie-war-1.4273485



Ende der historischen Notiz zu Go

Poker: “If chance be, you will win”

Bombay High Court Declares Poker a Game of Pure Chance – April 4, 2018

www.vegasslotsonline.com/news/2018/04/04/bombay-high-court-declares-poker-game-pure-chance/

An appellate decision from Maharashtra’s Bombay High Court has ruled that poker is a game of pure chance. [...]

Patel and his advocate argued that not only was poker a game of skill – an argument that has been brought up in legal cases around the country – but courts in other Indian states had already agreed with that assessment, allowing poker to become a legal “gambling” activity.

The ruling by justices Sawant and Kotwal ignored those non-binding precedents from other Indian states and instead decided that the game was pure chance, based on their reading of some basic poker rules. The two justices wrote: “How can poker be a game of skill? You simply get the cards and open them, and if chance be, you will win.” The bench ruling went further, offering this: “We have perused the description of the game; we find that **it is not a game of skill but of pure chance.**”

Ist Poker also ein reines Glücksspiel? Oder doch nicht?

Jetzt auch noch Poker!

Die Süddeutsche Zeitung berichtete im Juli 2019 vom [Poker-Spielprogramm „Pluribus“](#):

Ein klassischer Pokerspruch lautet: Wenn du nach 20 Minuten nicht weißt, wer der Depp am Tisch ist, dann bist du es selbst. Der Satz soll Anfängern klarmachen: Poker ist kein reines Glücksspiel. Man kann es mehr oder weniger gut beherrschen. [...] Doch von nun an muss der Satz mit dem Deppen erweitert werden: Sobald Pluribus mitspielt, ist jeder andere ein Depp. Pluribus ist eine Software. Sie wurde von Forschern der amerikanischen Carnegie Mellon University in Pittsburgh sowie dem KI-Labor von Facebook in New York erschaffen. In einem 10 000 Runden dauernden Pokermarathon besiegte der Algorithmus mehr als ein Dutzend internationale Pokerprofis, von denen jeweils fünf gleichzeitig gegen die Maschine antraten. [...]

Ein wesentlicher Unterschied zu Schach, Dame oder Go besteht in der Unvollständigkeit der Information. Die Brettspiele, bei denen die gesamte Stellung für alle sichtbar ist, lassen sich – zumindest theoretisch – mit genügend Rechenkraft vollständig durchkalkulieren. Im Poker gibt es unbekannte Information, allem voran die Karten der Gegner. [...] Die möglichen Zugvarianten im Poker erscheinen zwar auf den ersten Blick einfacher als beim Schach. Man kann nur passen, gleichziehen oder den Einsatz erhöhen. Tatsächlich ist beim Erhöhen auch der Wetteneinsatz wichtig. Und in No-Limit-Spielen darf jeder beliebige Geldbetrag (Chips) gesetzt werden, was die Zahl möglicher Spielzüge explodieren lässt. Angesichts dieser Komplexität versuchten die Forscher erst gar nicht, das sogenannte Nash-Equilibrium zu finden. [...]

Um eine Strategie zu lernen, die dem mathematischen Optimum möglichst nahe kommt, haben die Pluribus-Entwickler ihre Software zunächst eine intensive Phase von Versuch und Irrtum durchlaufen lassen. Am Anfang spielte Pluribus gegen sich selbst – und zwar wie ein Volltrottel, der mit Augenbinde durchs Haus rennt, über jeden Stuhl fällt und gegen alle Wände knallt. Doch aus jeder Schramme lernte die KI und formte in Milliarden Testspielen das, was die Forscher eine „Blaupause“ nennen. Es war die Grundversion ihrer Poker-KI, die dann im Spiel gegen reale Gegner ihre eigene Strategie verfeinerte. [...] Nach zwölf Tagen und 10 000 gespielten Händen war Pluribus mit dem 480-fachen des Grundeinsatzes im Plus.

Computerschach – Reprise 2017 mit AlphaZero

Heute hat sich Schach für immer verändert. Und vielleicht sogar die ganze Welt.

Vor etwas mehr als einem Jahr konnte AlphaGo sensationell gegen den besten Go-Spieler gewinnen. Heute gewann das künstliche Intelligenzprogramm **AlphaZero** gegen das beste Schachprogramm der Welt. Stockfish, das für die meisten Top-Spieler unabdingbar geworden ist, 2016 die TCEC-Championship und vor wenigen Wochen die Computerschach-Meisterschaft 2017 gewinnen konnte, hatte keine Chance. AlphaZero gewann das 100-Partien-Duell mit 28 Siegen, 72 Remis und 0 Niederlagen. Oh, und AlphaZero benötigte nur 4 Stunden um Schach zu „erlernen“. [...]

Die Programmierer von AlphaZero aus der DeepMind-Abteilung von Google haben das „maschinelle Lernen“ angewandt. Vereinfacht gesagt, wurde AlphaZero das Spiel nicht im traditionellen Stil beigebracht. [...] Das wäre vergleichbar mit einem Roboter, der Zugang zu Tausenden von Metallteilen und -teilchen erhält, aber keine Kenntnis von einem Verbrennungsmotor hat und dann so lange mit jeder möglichen Kombination experimentiert, bis er einen **Ferrari** gebaut hat. [...]

Genau wie Menschen betrachtet AlphaZero weniger Stellungen als seine Vorgänger. Die Publikation behauptet, dass es „nur“ 80000 Stellungen pro Sekunde betrachtet, verglichen mit Stockfishs 70 Millionen Stellungen pro Sekunde. GM Peter Heine Nielsen sagte zu Chess.com: „Nachdem ich die Publikation gelesen und besonders nachdem ich die Partien angesehen hatte, dachte ich mir: Tja, ich habe mich immer gefragt, wie es wohl wäre, wenn **Ausserirdische** auf der Erde landen und uns zeigen würden, wie man richtig Schach spielt. Jetzt fühle ich mich, als wäre es passiert.“

Mike Klein, 6.12.2017, www.chess.com/de/news/

Superhuman Performance

We generalise this approach into a single Alpha-Zero algorithm that can achieve, *tabula rasa*, **superhuman performance** in many challenging domains. Starting from random play, and given **no domain knowledge** except the game rules, AlphaZero achieved within 24 hours a superhuman level of play in the games of **chess** and shogi (Japanese chess) as well as Go, and convincingly **defeated a world-champion program** in each case.

5 Dec 2017

Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm

David Silver,^{1*} Thomas Hubert,^{1*} Julian Schrittwieser,^{1*}
Ioannis Antonoglou,¹ Matthew Lai,¹ Arthur Guez,¹ Marc Lanctot,¹
Laurent Sifre,¹ Dharshan Kumaran,¹ Thore Graepel,¹
Timothy Lillicrap,¹ Karen Simonyan,¹ Demis Hassabis¹

¹DeepMind, 6 Pancras Square, London N1C 4AG.

*These authors contributed equally to this work.

Abstract

The game of chess is the most widely-studied domain in the history of artificial intelligence. The strongest programs are based on a combination of sophisticated search techniques, domain-specific adaptations, and handcrafted evaluation functions that have been refined by human experts over several decades. In contrast, the *AlphaGo Zero* program recently achieved superhuman performance in the game of Go, by *tabula rasa* reinforcement learning from games of self-play. In this paper, we generalise this approach into a single *AlphaZero* algorithm that can achieve, *tabula rasa*, superhuman performance in many challenging domains. Starting from random play, and given no domain knowledge except the game rules, *AlphaZero* achieved within 24 hours a superhuman level of play in the games of chess and shogi (Japanese chess) as well as Go, and convincingly defeated a world-champion program in each case.

The study of computer chess is as old as computer science itself. Babbage, Turing, Shannon, and von Neumann devised hardware, algorithms and theory to analyse and play the game of chess. Chess subsequently became the grand challenge task for a generation of artificial intelligence researchers, culminating in high-performance computer chess programs that perform at superhuman level (9, 13). However, these systems are highly tuned to their domain, and cannot be generalised to other problems without significant human effort.

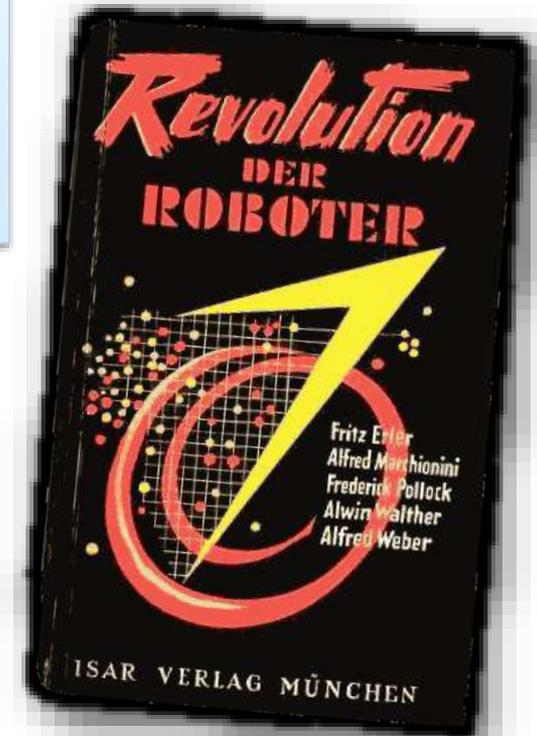
A long-standing ambition of artificial intelligence has been to create programs that can instead learn for themselves from first principles (26). Recently, the *AlphaGo Zero* algorithm achieved superhuman performance in the game of Go, by representing Go knowledge using deep convolutional neural networks (22, 28), trained solely by reinforcement learning from games of self-play (29). In this paper, we apply a similar but fully generic algorithm, which we

Spielereien mit Rechenautomaten

„Solche Spiele mit Rechenautomaten sind nicht etwa nur müßiger Zeitvertreib der Mathematiker, sondern höchst wertvoll als Muster von Entscheidungsproblemen, beispielsweise im Wirtschaftsleben. Denken Sie einmal, was es bedeutet, wenn [...] gerechnet werden kann, was irgendeine Umstellung einer Fabrik in Bezug auf verwendete Rohstoffe und Maschinen, Produktionsanordnung, Größe und Form der Erzeugnisse unter Berücksichtigung der Reaktionen der Umwelt bedeutet! [...] So liegt ein tiefer Sinn in den „Spielereien“ mit Rechenautomaten.“

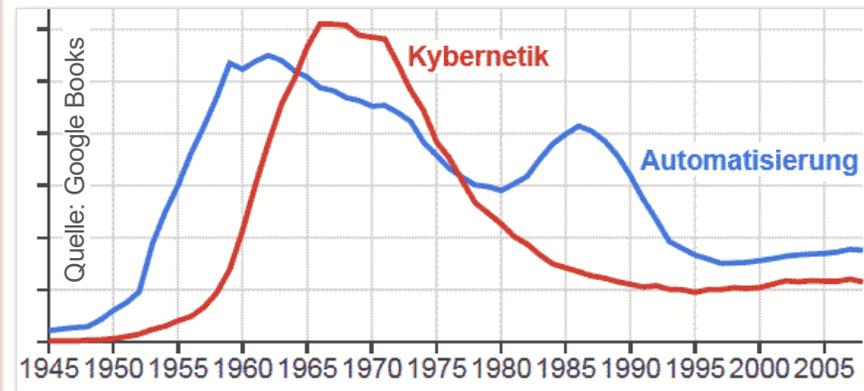
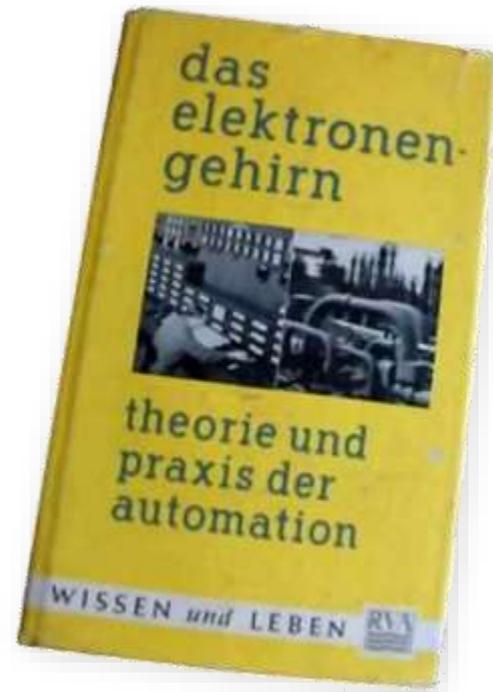


Alwin Walther (1898 – 1967), Professor für Mathematik an der Technischen Hochschule Darmstadt, 1956 in einem Beitrag „Moderne Rechanlagen als Muster und als Kernstück einer vollautomatisierten Fabrik“ des Buches „Revolution der Roboter“.



Automatisierung, Roboter, Revolution (1)

Heute sprechen wir von „Industrie 4.0“, der vor-
geblich **vierten industriellen Revolution**, bei der
grosse Teile der Industrie digitalisiert werden sol-
len. Mitte der 1950er-Jahre stand erst die **zweite
industriellen Revolution** bevor. **Elektronengehirne**
und **Roboter** sollten diese bewirken. Manches an
der damaligen Debatte, insbesondere zu den Aus-
wirkungen auf die Wirtschaft und den sozialen
Folgen, erinnert an die jetzige Diskussionen der
„digitalen Revolution“. Das zuvor genannte Buch
ist ein Zeugnis der seinerzeitigen intensiven Be-
schäftigung mit dem Thema, aber auch eine län-
gere Titelgeschichte der Zeitschrift „Der Spiegel“
und ein Artikel in der NZZ, woraus nachfolgend
einige kurze Auszüge wiedergegeben werden.
Neben Roboter und Elektronengehirn mussten
sich die Zeitgenossen an zwei neue Begriffe ge-
wöhnen: **Automatisierung** und **Kybernetik**. Aus
Letzterem gingen (später!) die vielen neuere
Wortschöpfungen des Cyber-Zeitalters wie *cyber-
security*, *cyberspace* oder auch *cyborg* hervor.



Automatisierung, Roboter, Revolution (2)

DER SPIEGEL 31/1955 (27.07.1955), S. 20 - 30 (gekürzt)

Wir stehen heute vor einer Situation, die so **dramatische Veränderungen** hervorrufen wird wie einst die Erfindung des Rades. Bald wird es überall automatische Fabriken – menschenleere Betriebe – geben. In Amerika wurde bereits vor Jahren das **Codewort „Automation“** für diese modernste Form der Betriebswirtschaft geprägt. Es erregt seitdem Industrielle, Soziologen und Gewerkschaftsführer in allen Kulturländern. Das „Watson Computing Laboratory“ der IBM in der Madison Avenue ist das Geheimkabinett der **„zweiten industriellen Revolution“**, die von den Elektronengehirnen ausgelöst wurde.

Es war eine makabre Stunde, als die Idee, ein elektrisches Roboterhirn zu bauen, zum erstenmal einem menschlichen Gehirn entsprang. Damals war blutiger Krieg. Bevor sich die Amerikaner zur Invasion Westeuropas rüsteten, benötigte die artilleristische Versuchsanstalt der amerikanischen Armee genaue Flugbahnberechnungen für neuartige Geschosse. Da wandten sich die Waffenspezialisten im Pentagon an den Leiter des Rechenlaboratoriums der Harvard-Universität, Professor Howard Aiken. Nach seinen Ideen entwickelten dann zwei junge Forscher gemeinsam mit zahlreichen Hochfrequenztechnikern der IBM die erste ausschließlich elektronische Rechenmaschine der Welt, die unter dem Namen **Eniac** (Electronic Numeral Integrator and Computer) berühmt geworden ist. Arithmetische Probleme, mit denen ein Mathematikprofessor sein ganzes Leben lang zubringen würde, löst die dreißig Tonnen schwere, mit **18 000 Elektronen-Röhren** ausgerüstete Rechenmaschine in zwei Minuten.

Automatisierung, Roboter, Revolution (3)

DER SPIEGEL 31/1955 (27.07.1955), S. 20 - 30 (gekürzt)

Bald wurde auch die Eignung des Elektronengehirns als Steuerungsmechanismus und Befehlsorgan für Büros, Laboratorien und Fabriken entdeckt. Als Gehirnprothesen dienen Lochkarten oder vorgestanzte Papierstreifen, die von feinen Kontakt-Bürsten abgetastet werden. Manche neueren Elektronengehirne werden auch mit magnetischen Tonbändern gefüttert, die mit winzigen magnetischen Punkten versehen sind. Jeder Punkt vermittelt den künstlichen Gehirnzellen einen bestimmten Auftrag.

Die Technokraten im IBM-Palast jubelten über diese Konstruktion, als ob sie das Perpetuum mobile erfunden hätten. Sie berauschten sich an der Morgenröte einer neuen Epoche, deren letztes **Ziel die Automatisierung der gesamten Industrie** ist.

Die „Menschenmaschine“ mit ihrem komplizierten Kontrollmechanismus wird auf die Herstellung eines uniformen Standardartikels eingefahren, für den mindestens ein Jahr lang in dieser Standardform Nachfrage besteht, denn jede Umstellung des „Gehirns“ und der angeschlossenen Maschinenglieder kostet viel Geld. Allerdings ist man auf dem besten Wege, auch Mehrzweckautomaten zu entwickeln, die heute etwa Schaumgummi-Matratzen, morgen Staubsauger und übermorgen Krawatten herstellen können. **Sofort automationsreif** sind dagegen nach einer Untersuchung der Universität Chicago Bäckereien, Brauereien, Süßwarenfabriken, Wollwarenfabriken, Druckereien, Petroleumraffinerien, Zementwerke, Glas-, Kartonagen- und Maschinenfabriken, die chemische Industrie, der Nachrichtenapparatebau, sämtliche Einheitspreisgeschäfte und ein großer Teil des Bürobetriebes.

Automatisierung, Roboter, Revolution (4)

DER SPIEGEL 31/1955 (27.07.1955), S. 20 - 30 (gekürzt)

Es wird dahin kommen, kalkulieren die Automation-Propheten, daß ein Auto nur noch halb so teuer sein wird wie heute, daß man aber fürs Haarschneiden oder fürs Zahnziehen den doppelten Preis bezahlen muß.

Eher noch als die Maschinenarbeiter werden die Büroangestellten zum großen Teil überflüssig werden. Sekretärinnen, die ihren Beruf nur als Nebenbeschäftigung bis zur Heirat ausüben, werden künftig keine Chancen mehr haben. Auch die kleinste wirtschaftliche Existenz wird bald nicht mehr vor der Konkurrenz der Roboter sicher sein – nicht einmal die Toilettenfrau, die sich ebenso ersetzen läßt wie der Portier oder der Werkpolizist.

Die Manager der großen Industriekonzerne wollen so schnell wie möglich eine geschulte Armee technischer Hilfskräfte für die moderne „Druckknopf-Industrie“ – also für Betriebe, die auf einen Knopfdruck hin anlaufen – ausbilden. Für das Offizierskorps dieser Armee werden Hunderttausende von qualifizierten Ingenieuren, Konstrukteuren und Experten der höheren Mathematik benötigt. Dringend benötigt werden in Amerika sogenannte Programmierer, die das jeweilige Fertigungsprogramm in die Sprache der Elektrobots auf Lochkarten oder Magnetbänder übersetzen können. Die Harvard-Universität richtete bereits eine eigene Fakultät für Kybernetik ein und schuf den neuen akademischen Titel „Doktor der Wissenschaft in Data-Berechnung“. Gründer dieser Fakultät ist der spitzbärtige Mathematikprofessor Wiener.

Automatisierung, Roboter, Revolution (5)

Neue Zürcher Zeitung, 5. Dezember 1955 (gekürzt)

Die NZZ verwendete seinerzeit noch den Buchstaben 'ß'

Die «Automation» und ihre Probleme – Tour d'horizon über die Diskussion in den Vereinigten Staaten

Stehen die Vereinigten Staaten und andere hochindustrialisierte Länder vor einer neuen «industriellen Revolution», welche in den angelsächsischen Ländern auf das Stichwort «Automation» getauft worden ist? Was bedeutet dieser neuerfundene Terminus technicus, und welchen Platz nimmt die «Automation» in dem fast zwei Jahrhunderte andauernden Mechanisierungsprozeß der industriellen Produktion ein?

Es ist mit Recht darauf hingewiesen worden, daß das Wort «Automation» in seiner gegenwärtigen Deutung neueren Ursprungs ist als die Erscheinung selbst. Die Urheberschaft des Wortes selbst ist strittig – man ist sich nicht ganz darüber einig, ob es zum erstenmal von Delmar Harder, einem Vizepräsidenten der Ford Motor Co., oder von John Diebold, dem führenden amerikanischen Theoretiker der «Automation» und Herausgeber der Zeitschrift «Automatic Control» benutzt wurde.

Die «Automation» hat auch zu der Entwicklung einer neuen «Wissenschaft» geführt, die von ihrem Begründer, dem bekannten Mathematiker des Massachusetts Institute of Technology, Dr. **Norbert Wiener**, auf das Wort «Cybernetics» (abgeleitet vom griechischen «Steuermann») getauft wurde und sich hauptsächlich mit dem Problem der Fernmeldung und -lenkung («Communications») befaßt.

[...] die «Automation» vor allem eine «Lenkung und Kontrolle der Maschinen durch Maschinen» zum Ziel setzt. Während es sich bei der ersten industriellen Revolution vornehmlich um den Ersatz der menschlichen Muskelkraft durch Maschinen handelte, erstrebt die «Automation» wenigstens teilweise das **Menschengehirn durch komplizierte Apparate zu ersetzen**, welche wichtige Lenkungs-

Automatisierung, Roboter, Revolution (6)

Neue Zürcher Zeitung, 5. Dezember 1955 (gekürzt)

und Kontrollfunktionen übernehmen. Eine wichtige Rolle spielt dabei ein Prinzip, welches die Amerikaner «**Feed-back**» nennen und welches in diesem Zusammenhang wohl am besten mit dem Wort «Selbstregulierung» übersetzt werden kann.

Beachtung verdient in diesem Zusammenhang die Ansicht vieler amerikanischer «Automation»-Experten, wonach diese die größten arbeitssparenden Effekte in der nächsten Zukunft nicht so sehr im Fabrikationsbetrieb als im Bureau zeitigen wird, wo die «Eniacs», «Univacs» und andere elektronische Riesenrechenmaschinen ihren Einzug halten. Als Beispiel wird auf die Verwendung dieser «elektronischen Gehirne» durch die Versicherungsgesellschaften hingewiesen, wo diese die Versicherungsprämien berechnen und die Prämienrechnungen ausstellen und hierdurch die Arbeit von **Tausenden von Bureauangestellten ersetzen**.

In einer von der NAM [National Association of Manufacturers] Anfang des Jahres herausgegebenen Flugschrift über die Bedeutung und die Auswirkungen der «Automation» wird das von den Gegnern derselben oft an die Wand gemalte Schreckengespenst einer «**Fabrik ohne Arbeiter**» als ein «Mythos» gebrandmarkt, wobei auf die Tatsache verwiesen wird, daß trotz einer rapid fortschreitenden Automatisierung bei General Motors und Ford in den letzten zehn Jahren sich deren Belegschaften sehr stark erhöht haben.

Die letzte Jahrestagung des CIO [Congress of Industrial Organizations, amerik. Gewerkschaftsbund] nahm zur Frage der «Automation» eine Entschliebung an, derzufolge diese «gewaltige Möglichkeiten sowohl zum Guten als auch zum Bösen in sich birgt. Bei richtiger Anwendung vermag sie in Amerika den uralten Traum einer **Wirtschaft des Ueberflusses** zu verwirklichen.»

Automatisierung, Roboter, Revolution (7)

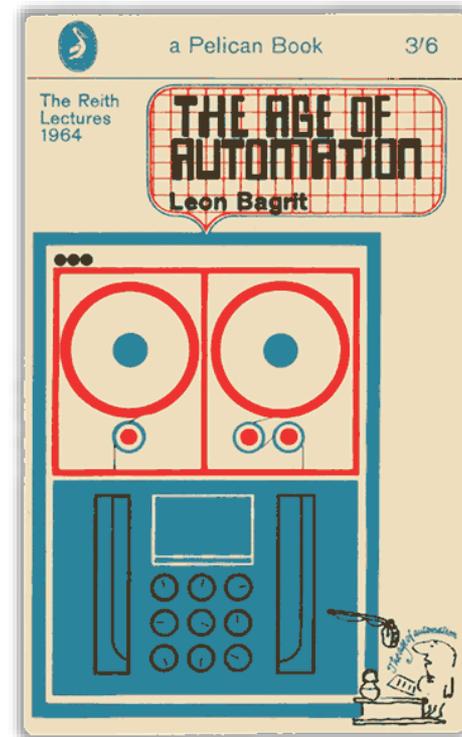
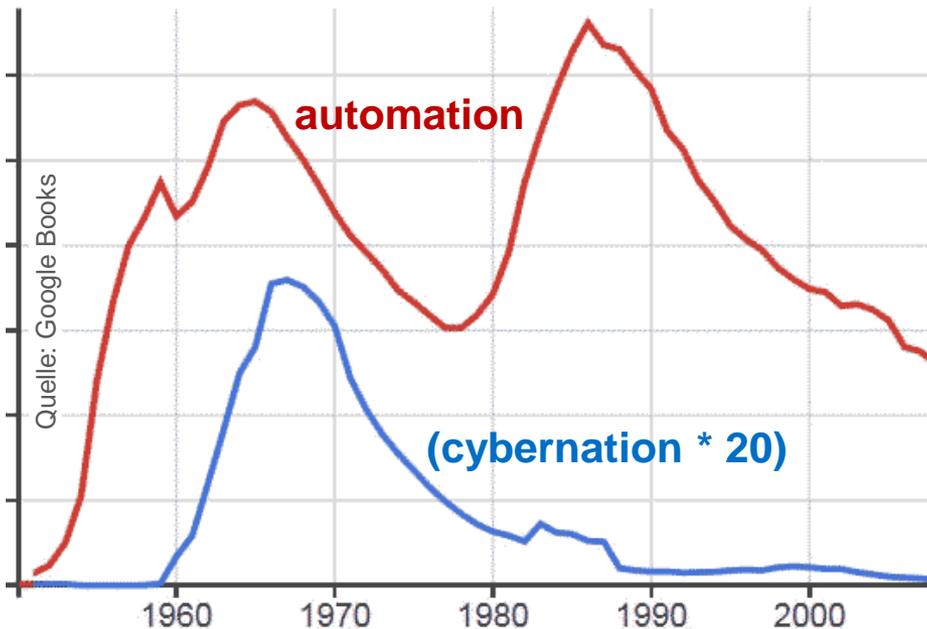
Das Wort „**automation**“ (gebildet entsprechend den bekannten Wörtern „automatic“ bzw. „automaton“) ist (zusammen mit dem Verb „to automate“) im **Englischen erst 1946** entstanden – und zwar offenbar bei Ford^{*)} in Detroit, wo die Produktionsstrassen im Automobilbau weiter dadurch automatisiert wurde, dass die Werkstücke nun nicht mehr manuell in die verschiedenen Bearbeitungsstationen (wie bspw. Blechpressen) eingeführt und entnommen wurden, sondern dies „selbsttätig“ durch mechanische Vorrichtungen geschah. **Im Deutschen** ist „Automatisierung“ bzw. „automatisieren“ schon früher verbreitet; in den **1930er-Jahren** erschienen vermehrt deutschsprachige Publikationen zu Automatisierungen in Metallverarbeitungsbetrieben wie Stanzereien oder Giessereien. Im Sinne der fachsprachlichen Präzisierung auf die Automatisierung von Produktionsprozessen wurde ab den 1950er-Jahren „Automation“ auch im Deutschen als Begriff verwendet. Im Duden wird Automation nun knapp definiert als „**vollautomatische Fabrikation**“ und im zugehörigen Universalwörterbuch als „durch Automatisierung erreichter Zustand der modernen technischen Entwicklung, der durch den Einsatz weitgehend bedienungsfreier Arbeitssysteme gekennzeichnet ist“.

1952 veröffentlicht der 26-jährige **John Diebold**, strategischer Vordenker der aufkeimenden IT-Service- und Beratungsindustrie, sein erfolgreiches Buch „Automation“. Darin apostrophiert er die Automation als Charakteristikum der neuen **zweiten industriellen Revolution**, durch welche diese sich von der ersten abgrenzt: „Wenn Maschinen Arbeit von Menschen leisten, so ist das Mechanisierung, wenn sie aber diese Arbeit tun und gleichzeitig ihre eigene Arbeit regeln bzw. kontrollieren, so ist das Automation“. Mit Regeln, Kontrollieren und „Rückmeldung“ kommt die damals ebenfalls populäre **Kybernetik** ins Spiel.

*) Del S. Harder, then Vice-President of Manufacturing, was reviewing plans for a new plant and said words to this effect: "Let's see some more mechanical handling between these transfer machines. Give us some more of that automatic business. ... Some more of that – that 'automation.'" [James R. Bright, 1958]

Automatisierung, Roboter, Revolution (8)

Sir [Leon Bagrit](#), Vorsitzender der britischen Elliott-Automation (die später in GEC und dann in ICL, der International Computers Ltd, aufging) und oft als „Mr Automation“ bezeichnet, hielt 1964 unter dem Titel „[The age of automation](#)“ eine vielbeachtete Serie von Vorträgen im Radio. Darin äussert er u.a.: “Automation in this true sense is brought to full fruition only through a thorough exploitation of its three major elements, communication, computation and control – the three ‘C’s’. [...] I myself prefer the word [cybernation](#), because it deals with the theory of communications and control, which is what genuine automation really is. [...] I have always thought it was most unfortunate that the word ‘automation’ was invented in the motor car industry.”

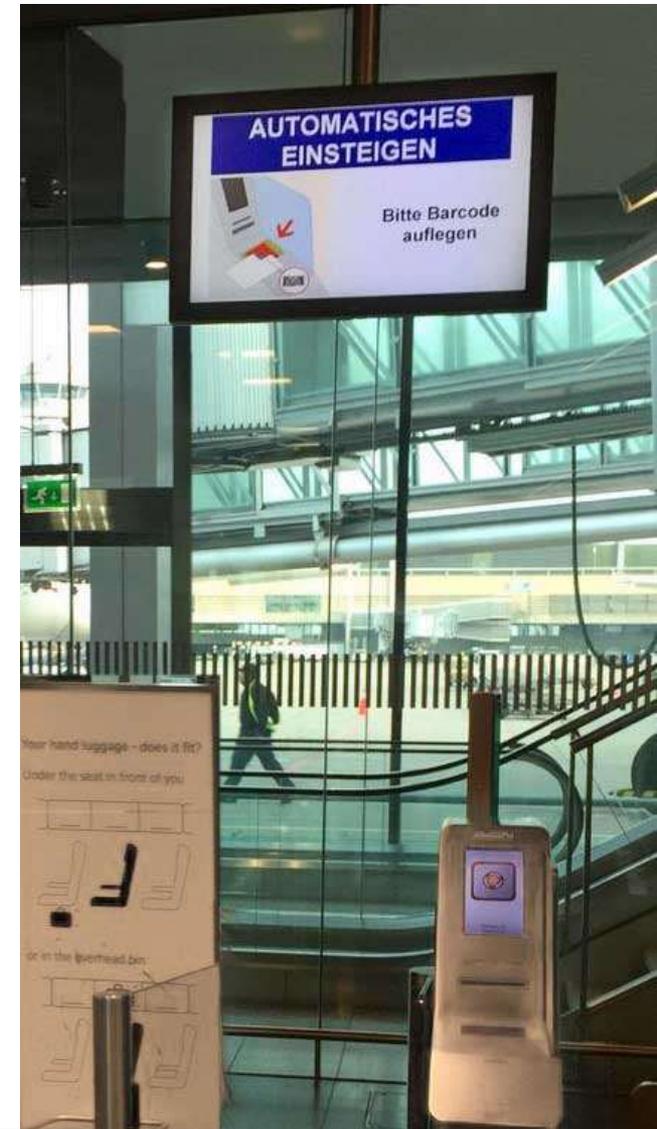


Automatisierung, Roboter, Revolution (9)

Bagrit war überzeugt, dass die Automatisierung zur Befreiung des Menschen beiträgt^{*)}, im Unterschied zu **Mechanisierung** der ersten industriellen Revolution, die (wie in „Modern Times“ durch Charlie Chaplin in Szene gesetzt) den Menschen eher versklavt. Er machte seinerzeit märchenhaft klingende **Vorausagen**: Man müsse sich für die Zukunft persönliche Computer vorstellen, die so klein seien, dass man sie im Auto mitnehmen, ja sogar in die Tasche stecken könne. Ein solcher Computer könne ähnlich wie ein Radiogerät an ein landesweites Netz angeschlossen werden und „normalen Menschen“ auf Abfrage beinahe beliebige Informationen liefern, die für sie nützlich wären. Ferienreisende könnten sich so beispielsweise über das Wetter informieren; Autofahrer würden bei Verkehrsstau alternative Fahrrouten erhalten.



^{*)} "We have now reached a point where we could be moving into a golden age for the mass of human beings, with adequate food, shelter, clothing and amenities..."

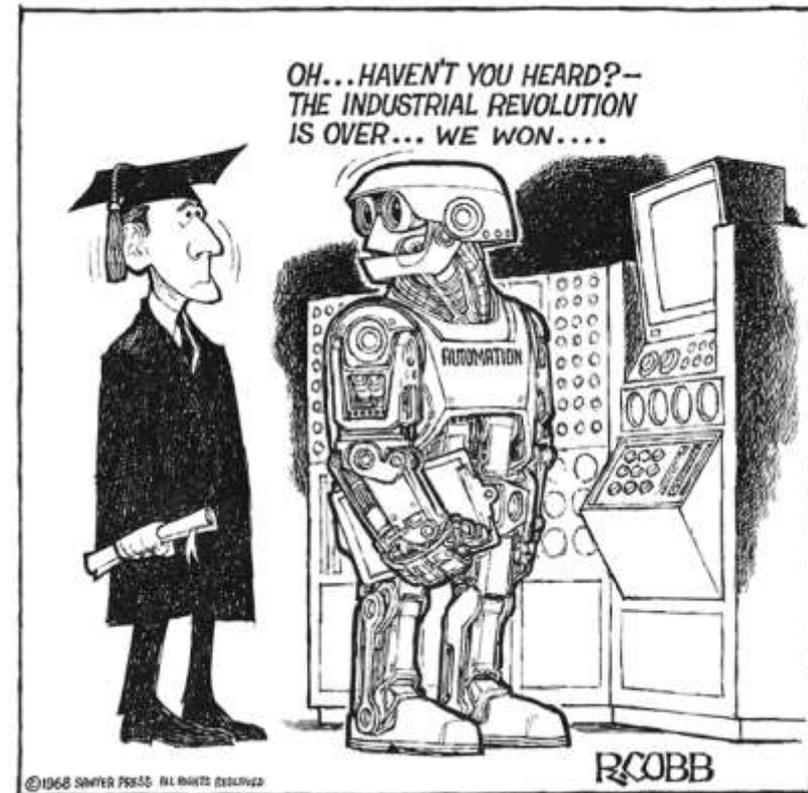


Automatisierung, Roboter, Revolution (10)

Im **April 1979** erschien im „Spiegel“ (Ausgabe 17/1979, S. 176-194) ein längeres Gespräch der Redaktion mit dem seinerzeit bekannten populärwissenschaftlichen Fernsehmoderator und Schriftsteller Hoimar von Ditfurth (1921 – 1981), einer Reihe von Fachleuten aus der Informatik („Elektronik-Experten“) sowie zwei Schachmeistern zum Thema „künstliche Intelligenz“. Daraus die Schlussfrage an **Klaus Brunnstein** (1937 – 2015), ab 1973 Professor für „Anwendungen der Informatik“ an der Universität Hamburg (in den 1980er-Jahren dann Vorkämpfer für den Datenschutz und Mitglied des Bundesvorstands der deutschen FDP):

SPIEGEL: Wird der Computer, je besser er sich nutzen lässt, um so stärker zum Schrecken werden für viele, die fürchten müssen, durch ihn von ihren Arbeitsplätzen vertrieben zu werden?

BRUNNSTEIN: Zweifellos. In den nächsten 30 Jahren wird es zu einer drastischen Reduktion des Anteils menschlicher Arbeit zugunsten der maschinellen Arbeit kommen. Das hat die Schattenseite, dass viele Arbeitsplätze vernichtet werden, ohne dass in annähernd gleicher Zahl ähnliche Arbeitsplätze geschaffen werden. Es hat die positive Seite, dass frustrierende Arbeit von Maschinen erledigt wird. Und spätestens um die Jahrtausendwende wird das Hauptproblem der Gesellschaft die Bewältigung der Freizeit sein. Dann wird der kleine Computer in der Wohnung so selbstverständlich sein wie heute das Fernsehgerät.

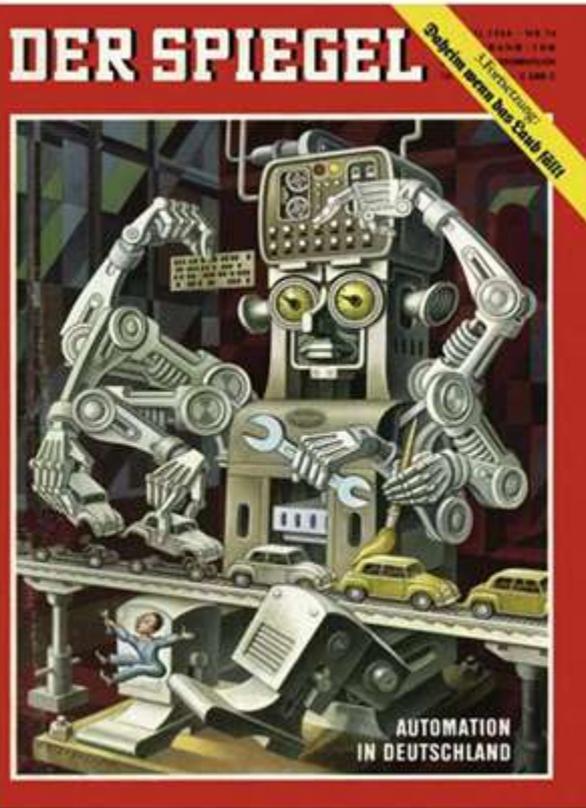


Automatisierung, Roboter, Revolution (11)

1964

1978

2016



Ein alles könnender, vielarmiger, mit Augen, Ohren und Elektronikgehirn ausgestatteten Roboter, der den kleinen und hilflosen Menschen mit seinen Füßen wegkickt. [Martina Heßler]

Roboter bzw. Computer, Automation bzw. Digitalisierung – die Sorge vor der (ersatzlosen?) Vernichtung von Arbeitsplätzen scheint eine zeitliche Invariante zu sein.

Ende der längeren historischen Notiz

Spieltheorie

...et généralement je souhaiterais qu'un habile mathématicien voulût faire un ample ouvrage bien circonstancié et bien raisonné sur toute sorte de jeux... --- Leibniz, 1704

Im Spiel versucht jeder, schlauer zu sein als die anderen. Die Spieltheorie untersucht, was herauskommt, wenn das alle versuchen. Und sie behandelt die ganze Welt so, als wäre sie ein grosses Spiel. -- Christian Rieck



Spieltheorie (2)

- = Mathematische Modellierung von Entscheidungssituationen
- Mehrere Akteure (Spieler, Menschen, Parteien,...)
 - Diese treffen Entscheidungen („agieren“)
 - „Interaktion“: Eigene Entscheidung als Reaktion auf Entscheidung Anderer; diese beeinflusst ihrerseits wieder andere Entscheidungen...
 - Konflikt- und Konkurrenzsituationen (→ soziale / ökonomische Aspekte)
 - Eigenes Interesse und Verhalten als Strategie verfolgen
 - Ergebnis des Spiels hängt von der Kombination aller Strategien ab; der Erfolg des Einzelnen also von den Aktionen Anderer
-
- Fragestellung: Wie agiert man dabei optimal?
 - Grundannahme: Alle „Spieler“ verhalten sich rational
 - Handeln zielorientiert und sind bestrebt, ihren Gewinn zu maximieren

Spieltheorie (3)

Wirtschaftsnobelpreise in Zusammenhang mit spieltheoretischen Fragestellungen: 1978, 1994, 1996, 2002, 2005, 2007, 2012

■ Anwendungsbereiche

- Wirtschaftswissenschaften (Wettbewerb um Marktanteile)
- Optimierungstheorie (Gewinnmaximierung)
- Konflikttheorie (Politik, Militär)
- Operations Research (Entscheidungsfindung)
- Gesellschaftsspiele (Schach, Reversi etc.)

Die einfachste (aber historisch ursprüngliche) Anwendungsdomäne

■ 1928 Meilenstein mit John von Neumanns Artikel „Zur Theorie der Gesellschaftsspiele“

- 1944 Buch zusammen mit Oskar Morgenstern „Theory of Games and Economic Behavior“
→ Wesentliche Erweiterung der Theorie



John von Neumann mit 25 (1928)

„Er sprach etwa doppelt so schnell wie ein gewöhnlicher Sterblicher. Aber da seine Ausführungen sehr klar waren, konnten wir ihm in seinem Kolleg über Mengenlehre im Semester 1929/30 gut folgen.“ (Herbert Meschkowski, dt. Mathematiker, 1909 – 1990)

Zur Theorie der Gesellschaftsspiele¹⁾.

Von

J. v. Neumann in Berlin.

In: Mathematische Annalen
100, S. 295 – 320, 1928

Einleitung.

1. Die Frage, deren Beantwortung die vorliegende Arbeit anstrebt, ist die folgende:

d.h.: entscheiden

n Spieler, S_1, S_2, \dots, S_n , spielen ein gegebenes Gesellschaftsspiel \mathcal{G} . Wie muß einer dieser Spieler, S_m , spielen, um dabei ein möglichst günstiges Resultat zu erzielen?

Die Fragestellung ist allgemein bekannt, und es gibt wohl kaum eine Frage des täglichen Lebens, in die dieses Problem nicht hineinspielt; trotzdem ist der Sinn dieser Frage kein eindeutig klarer. Denn sobald $n > 1$ ist (d. h. ein eigentliches Spiel vorliegt), hängt das Schicksal eines jeden Spielers außer von seinen eigenen Handlungen auch noch von denen seiner Mitspieler ab; und deren Benehmen ist von genau denselben egoistischen Motiven beherrscht, die wir beim ersten Spieler bestimmen möchten. Man fühlt, daß ein gewisser Zirkel im Wesen der Sache liegt.

Und letzten Endes kann auch irgendein Ereignis, mit gegebenen äußeren Bedingungen und gegebenen Handelnden (den absolut freien Willen der letzteren vorausgesetzt), als Gesellschaftsspiel angesehen werden, wenn man seine Rückwirkungen auf die in ihm handelnden Personen betrachtet²⁾.

²⁾ Es ist das Hauptproblem der klassischen Nationalökonomie: was wird, unter gegebenen äußeren Umständen, der absolut egoistische „homo oeconomicus“ tun?

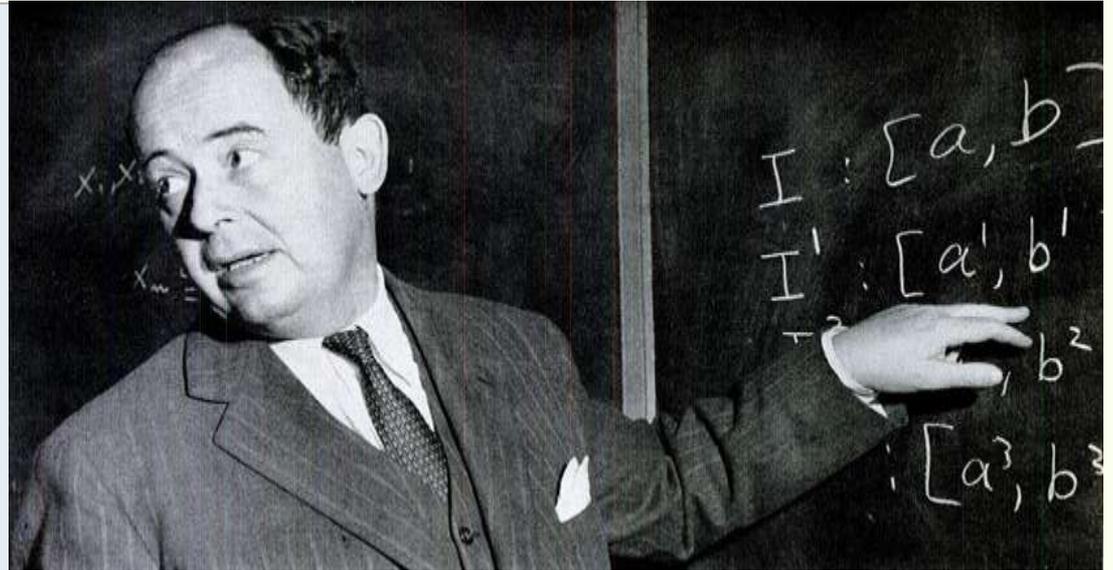
als dieses. In der Tat werden wir im Abschnitt 3 beweisen, daß die Relation

$$\text{Max}_{\xi} \text{Min}_{\eta} h(\xi, \eta) \equiv \text{Min}_{\eta} \text{Max}_{\xi} h(\xi, \eta)$$

(Max_{ξ} erstreckt über alle ξ mit $\xi_1 \geq 0, \dots, \xi_{\Sigma_1} \geq 0, \xi_1 + \dots + \xi_{\Sigma_2} = 1,$

John von Neumann (1903–1957)

Er war ein Wunderkind und ein genialer Student, und im Laufe seines kurzen, 53 Jahre währenden Lebens verbesserte er sich ständig weiter. Er war einer der wichtigsten Erneuerer unter den reinen Mathematikern der zwanziger Jahre, er hinterliess seinen Stempel in der theoretischen



Physik und prägte später auch in dramatischer Weise angewandte Physik, Spieltheorie, Meteorologie, Biologie, Ökonomie und die atomare Abschreckung der USA. Und er wurde schliesslich mehr als jede andere Einzelperson zum Schöpfer des modernen digitalen Computers und war der Weitsichtigste unter all denen, die ihn bereits früh einsetzten. Fast alles das erreichte er, während er hauptsächlich mit etwas anderem beschäftigt war. -- Norman Macrae

John von Neumann (1903 – 1957), Mathematiker österreichisch-ungarischer Herkunft, gilt als einer der Väter der Informatik. Geboren in Budapest, besuchte er dort ein humanistisches deutschsprachiges Gymnasium.

Studium des Chemieingenieurwesen in Berlin und ab 1923 an der **ETH Zürich** (dort 1925 Diplom als Diplomingenieur für Chemie), zugleich war er Doktorand für Mathematik in **Budapest**. Hörte an der ETH Mathematikvorlesungen bei Hermann Weyl und George Pólya. Dissertation 1926 in Budapest; bereits ab Dezember 1926 Vorträge zur **Spieltheorie**.

Anschliessend als Privatdozent tätig an den Universitäten von **Berlin**, **Hamburg** und **Göttingen** (dort bei David Hilbert). Von 1930 bis 1933 halbjährliche Wechsel zwischen der **Princeton** University und Deutschland, ab 1933 Professor für Mathematik am Institute for Advanced Study in Princeton (wo auch Albert Einstein und Hermann Weyl tätig waren); anschliessend dauerhafte Emigration in die USA. Ab 1943 Mitarbeit am Atombombenprojekt („**Manhattan-Projekt**“) in Los Alamos unter der Leitung von Robert Oppenheimer.

Das nach ihm benannte „**Von-Neumann-Prinzip**“ der Rechnerarchitektur (bestehend aus Steuerung, Rechenwerk, Speicher sowie Ein- und Ausgabegeräten), nach der praktisch alle modernen Computer aufgebaut sind, beschrieb er 1945 im „First Draft



of a Report on the EDVAC“. Nach dem Krieg kehrte er an das Institute for Advanced Study zurück und setzte sich engagierter für die weitere Entwicklung der Computer ein. Daneben wurde er zu einem wichtigen **Militärberater**, dessen Einfluss bis in die höchsten Kreise der US-Regierung und des Militärs reichte. Er starb 1957 an Knochenkrebs, den er sich vermutlich durch eine Verstrahlung bei den Atombombenversuchen zugezogen hatte.



Herman Goldstine schrieb: “One of von Neumann’s most remarkable capabilities was his power of instant recall. As far as I could tell, he was able on once reading a book or article to quote it back verbatim; moreover, he could do it years later without hesitation.... On one occasion, I tested his ability by asking him to tell me how Tales of Two Cities started, whereupon, without any pause, he immediately began to recite the first chapter. We asked him to stop after ten to fifteen minutes.”

ETH-Professor **George Pólya** (1887 – 1985) erinnert sich: “There was a seminar for advanced students in Zürich that I was teaching and von Neumann was in the class. I came to a certain theorem, and I said it is not proved and it may be difficult. Von Neumann didn’t say anything but after five minutes he raised his hand. When I called on him he went to the blackboard and proceeded to write down the proof. After that I was afraid of von Neumann.”

Der Mathematiker [Abraham Fraenkel](#) erinnert sich in seiner Autobiographie „Lebenskreise. Aus den Erinnerungen eines jüdischen Mathematikers“ an seine erste Begegnung mit von Neumann:

„Im Jahr 1923 erhielt ich ein umfangreiches Manuskript, betitelt „Die Axiomatisierung der Mengenlehre“, von einem mir unbekanntem Verfasser namens [Johann von Neumann](#). Mit grosser Anstrengung gelang es mir, die Abhandlung durchzuarbeiten, die nicht nur von allem abwich, was bis dahin über die Axiomatisierung der Mengenlehre erschienen war, sondern auch den bisherigen Auffassungen insofern gewissermassen widersprach, als sie nicht von Mengen, sondern von Funktionen handelte und die von allen Vorgängern streng verpönten „übergrossen“ Bereiche ausdrücklich zuliess. [Weit davon entfernt, alles zu verstehen](#), erkannte ich doch *ex ungue leonem*, dass der Verfasser eine ganz aussergewöhnliche Begabung haben müsse. Zur Ergänzung unserer Korrespondenz lud ich ihn daher ein, mich in Marburg zu besuchen. Seine Erscheinung machte einen gewaltigen Eindruck nicht nur auf mich, sondern auch auf meine Frau; der schlanke, noch nicht zwanzigjährige Jüngling sah genauso aus, wie man sich ein junges Genie vorstellt. Während der kurzen Zeit, da er bei uns wohnte, machte ich ihm klar, dass man es den Mathematikern überall auf der Welt schwer zumuten könne, [mit einem Schlag so umstürzende Ideen zu verdauen](#).“



A. Fraenkel (1891 – 1965) [Wikipedia]

Einige Auszüge aus „Proof by Erasure – Das Leben von John von Neumann“ von Constanze Kurz und Jochen Koubek, die Fakten aus der Vita von Neumanns zusammengetragen und nett arrangiert haben [http://46halbe.org/proof.html]:

Schon sehr früh interessierte John sich für Mathematik, die Natur der Zahlen und die Logik der Welt um ihn herum. Er tauschte Witze mit seinem Vater in klassischem Griechisch aus. Auch konnte er sechsstellige Zahlen im Kopf dividieren. Die Familie Neumann unterhielt Gäste bisweilen mit Johns Fähigkeit, Telefonbücher auswendig zu lernen. Ein Gast wählte zufällig eine Seite und Spalte aus dem Telefonbuch. Der junge Johnny las die Spalte mehrere Male, dann gab er das Buch dem Gast zurück. Er konnte jede Frage beantworten, die ihm gestellt wurde oder Namen, Adressen und Nummern in der richtigen Reihenfolge vortragen. Sein ganzes Leben lang besass er das vollkommene Gedächtnis, die Fähigkeit, ganze Seiten eines Textes nach einmaligem Lesen auswendig zu zitieren.

Er las unglaublich viel: Sein Vater kaufte eine komplette Bücherei aus einem Räumungsverkauf und John las sie von einem Ende bis zum anderen durch. Besondere Freude hatte er an der 44-bändigen Ausgabe der „Allgemeinen Geschichte“ des Deutschen Wilhelm Oncken. Für den Rest seines Lebens war von Neumann in der Lage, sich im Gespräch mit Historikern über so unterschiedliche Themen wie das Byzantinische Reich oder die frühe Geschichte Lateinamerikas zu behaupten.

Wie seine Brüder erhielt er noch vor seinem sechsten Lebensjahr Französisch- und Deutschunterricht. Mit Italienisch fing er wenig später an, ebenso mit Englisch. Dennoch behielt er sein Leben lang einen starken ungarischen Akzent.

Noch vor seinem Abitur wurde er von einem Mathematiker der Budapester Universität unterrichtet. Seine erste Veröffentlichung hatte er [zusammen mit Michael Fekete] im Alter von 17 in der *Zeitschrift der Deutschen Mathematischen Gesellschaft* über „die Lage der Nullstellen gewisser Minimalpolynome und das Problem des transfiniten Durchmessers“.

Während er gleichzeitig Chemieingenieur in Zürich studierte, promovierte er in Mathematik an der Universität von Budapest. Er bekam hervorragende Noten in den mathematischen Prüfungen, obwohl er an keinem einzigen Kurs teilgenommen hatte. 1926 erhielt von Neumann sein Diplom als Chemieingenieur der ETH Zürich. Seinem Interesse für Mathematik folgend, hielt er Kontakt mit den Mathematikprofessoren Hermann Weyl und George Polya, die beide in Zürich waren. Er übernahm noch als Student sogar einen von Weyls Kursen, als dieser für eine Zeit von Zürich fort musste. 1926 erhielt von Neumann auch seinen Dokortitel in Mathematik mit einer Dissertation über Mengentheorie. Bereits 1922, mit 17 Jahren, hatte er eine erste Fassung dieser Arbeit fertiggestellt.

Nach 1926 begann er an der Mathematisierung der Quantenmechanik zu arbeiten, die ihren Namen erst im Jahr davor erhalten hatte. Nach seiner Arbeit an der Formalisierung der Quantenmechanik arbeitete er intensiv für verschiedene akademische Konferenzen und Kolloquien. Er veröffentlichte in dieser Zeit ungefähr einen mathematischen Aufsatz pro Monat. Ende 1929, mit knapp 26 Jahren, stand sein Name unter 32 Veröffentlichungen, alle in deutscher Sprache. Im Herbst 1927 entschloss er sich, eine Stelle als Privatdozent an der Berliner Universität anzunehmen. Er war der jüngste Privatdozent, der dort jemals berufen wurde.

Im Herbst 1929 wurde von Neumann eingeladen, nach Princeton zu kommen und Vorträge zur Quantentheorie zu halten. Er akzeptierte und stellte schon nach kurzem Aufenthalt fest, dass dieses Land und dieses Institut wie massgeschneidert zu ihm passten. Von Neumann lehrte zwischen 1930 und 1933 mehrmals in Princeton. Obwohl das Lehren nicht seine Stärke war, tat er es gern. Es inspirierte ihn und er sprach gewöhnlich ohne Notizen. Weniger talentierte Studenten konnten seinen beweglichen Gedankengängen nur schwer folgen. Er war berüchtigt dafür, Gleichungen in einem atemberaubenden Tempo an die Tafel zu schreiben und dann auszuwischen, bevor die Studenten sie abschreiben konnten.

Er wurde 1933, im Alter von 29 Jahren, zum Professor auf Lebenszeit in Princeton berufen. Er erhielt das für damalige Zeiten astronomische Jahresgehalt von 10.000 Dollar. Er arbeitete mit dem damals bereits weltweit berühmten Professor Albert Einstein im gleichen Gebäude. Sie waren Kollegen, jedoch nicht befreundet. Ein Mitglied des Instituts sagte:

Einstein's mind was slow and contemplative. He would think about something for years. Johnny's mind was just the opposite. It was lightning quick – stunningly fast. If you gave him a problem he either solved it right away or not at all. If he had to think about it a long time and it bored him, his interest would begin to wander.

Seinen amerikanischen Freunden bekannt als *Johnny*, war er gesellig und trank gerne und viel. Im Auto war er ein aggressiver und rücksichtsloser Fahrer, was ihn ungefähr einen Wagen pro Jahr kostete. Eine besonders betroffene Kreuzung in Princeton wurde daraufhin *Von Neumann Corner* genannt. Er wurde regelmässig wegen zu schnellen Fahrens festgenommen. Nach einem seiner Unfälle hatte er folgende Erklärung parat:

I was proceeding down the road. The trees on the right were passing me in an orderly fashion at 60 miles an hour. Suddenly one of them stepped out into my path. Boom!

John hatte Spass an anstössigen Witzen und den Ruf, die Beine hübscher Frauen anzustarren. Dagegen wehrten sich die Damen, indem sie ihre Schreibtische mit Sichtschutzpappen verbarrikadierten. Sein gemütliches Heim in Princeton war Mittelpunkt der trinkfesten akademischen Kreise auf den legendären *Princeton-Partys*. Ein Teilnehmer erinnert sich daran:

They were unbelievable. The stories you read about those parties, they're not exaggerations. Von Neumann was a fantastically witty person, a lusty person. He knew how to have a good time.

Bei einer dieser Gelegenheiten stellte ihm jemand das „Fliegenrätsel“:

Zwei Radfahrer sind 20 Meilen voneinander entfernt und fahren beide mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen pro Stunde aufeinander zu. Gleichzeitig startet eine Fliege mit 15 Meilen pro Stunde vom Vorderrad des ersten Fahrrades. Landet sie auf dem Vorderrad des zweiten Fahrrades, dreht sie sich sofort herum und fliegt wieder zurück usw. Die Frage ist: Wie gross ist die Gesamtstrecke, die die Fliege zurücklegt, bevor sie zwischen den Vorderrädern zerquetscht wird?

Als man Johnny die Frage stellte, begann er wie üblich zu tänzeln und antwortete sofort: „15 Miles“. Der Fragesteller war enttäuscht: „Oh, Sie kennen den Trick bereits?“ Johnny blickte ihn erstaunt an: „What do you mean, trick? I just added up the infinite series“.

Seine Aufmerksamkeit für Ergebnisse anderer Mathematiker war erstaunlich. Schon um 1928 hatte ihn ein Aufsatz des Mathematikers Armand Borel über Minimax-Eigenschaften zu Ideen geführt, die später auf einen seiner originellsten Entwürfe hinausliefen, die Spieltheorie. Von Neumann bewies das Minimax-Theorem. Schrittweise erweiterte er seine Arbeit, und mit Co-Autor Oskar Morgenstern veröffentlichte er 1944 das zum Klassiker gewordene Buch *Theory of Games and Economic Behavior*.

Trotz seiner drei bestehenden Full-Time-Jobs trat von Neumann im September 1943 eine Beraterstellung beim Manhattan-Projekt in Los Alamos an, als dessen Direktor später Robert Oppenheimer berufen wurde. Es gab zwei miteinander konkurrierende Möglichkeiten für die geplante Atombombe, eine mit Uran als Spaltmaterial, die andere mit Plutonium. Obwohl von Neumann zunächst nicht an der Implosionstechnik der Plutonium-Bombe arbeitete, war er es, der dafür sorgte, dass sie funktionierte. Er entwickelte die Implosionslinse der Nagasaki-Bombe. Neben seinen Berechnungen für die Implosionsbombe und ihre geeignete Abwurfhöhe, war sein Hauptbeitrag die Mathematisierung der gesamten Entwicklung.

Seine Erfahrungen mit mathematischen Modellen und Rechenwerkzeugen, die er in Los Alamos erworben hatte, gaben ihm die benötigten Grundlagen, um die Entwicklung des Computers voranzubringen. Seine einflussreichen politischen Verbindungen und sein Ruf als mathematisches Genie halfen ihm, Geldmittel und Ressourcen einzuwerben, um einen modernen Computer zu entwickeln.

Im Juni 1952 wurde von Neumanns Computer am Institut in Princeton offiziell eingeweiht. Die Architektur dieser Maschine sollte der Standard für alle folgenden kommerziellen Rechner werden. Als Demonstration seines Potentials wurde als mathematisches Problem Kummers Vermutung aus dem Bereich der Primzahltheorie gewählt. Aus diesem Anlass gab John eine seiner immer gut besuchten Partys. Er überraschte seine Gäste mit einem massstäblichen Modell des Computers – als Eisskulptur.

In den 1950ern wurde von Neumann unter anderem als Berater von IBM angestellt. Einmal die Woche hielt von Neumann Hof in der Madison Avenue in New York. Bei einer dieser Gelegenheiten wurde er 1954 mit dem FORTRAN-Konzept konfrontiert. John Backus erinnert sich, dass von Neumann unbeeindruckt war und dass er gefragt habe: *Why would you want more than machine language?*

Donald Gilles, einer seiner Studenten in Princeton, erinnert sich, dass Graduierte daran gewöhnt waren, in frühe Maschinen Programme im Binärformat einzugeben. Er nahm sich die Zeit, einen Assembler zu programmieren, aber als von Neumann das herausfand, wurde er sehr wütend und sagte: *It is a waste of a valuable scientific computing instrument to use it to do clerical work.*

Wegen seiner wissenschaftlichen Fähigkeiten und seiner Vergangenheit im Atomwaffenentwurf ist es nicht überraschend, dass er 1952 zum Mitglied des General Advisor Committee der Atomic Energy Commission berufen wurde. Während der 1950er-Jahre

war von Neumann besorgt über den Aufbau eines nuklearen Waffenarsenals in der Sowjetunion und lenkte als einer der Ersten seine Aufmerksamkeit auf die Produktion von Raketen. Er wurde daraufhin zum Vorsitzenden des sogenannten *von-Neumann-Komitees* für nukleare Raketenprogramme und Interkontinentalraketen berufen.

Von Neumann war wissenschaftlicher Berater auf vielen Gebieten. 1954, auf dem Höhepunkt seiner Beratungstätigkeiten, war er bei über zwanzig Regierungseinrichtungen und Privatfirmen unter Vertrag. Aus diesem Grunde zog er mit seiner Frau Klari nach Georgetown in Washington, D.C. Sie berichtet 1955 von ihrem Leben dort:

Tagsüber arbeitet Johnny in seinem Büro bei der Atomenergiekommission. Abends kommen Wissenschaftler aus den vielen Gebieten, die ihn interessieren, zu Besuch. Ich bin seine Nachtsekretärin. Ich unterhalte seine Besucher und lasse sie dann zu ihm durch, einen nach dem anderen. Dann kommt die Stunde, in der man normalerweise schlafen geht. Auch Johnny geht schlafen. Doch für ihn ist Schlaf Teil seiner Arbeit. Er glaubt, dass eine Menge Mathematik unterbewusst getan wird. Er geht heiter mit einem ungelösten Problem ins Bett und wacht um drei Uhr morgens mit der Antwort auf. Sein Verstand hat weitergearbeitet, während er schlief. Dann geht er an seinen Schreibtisch und ruft seine Mitarbeiter an. Eine Anforderung, die er an einen Mitarbeiter stellt, ist, dass er es nicht übel nimmt, mitten in der Nacht geweckt zu werden. Johnny arbeitet dann bis zum Morgen... und geht dann munter wie eine Lerche in sein Büro.



John von Neumann und Oskar Morgenstern

Um 1940 baute John von Neumann zusammen mit dem österreichisch-amerikanischen Wirtschaftswissenschaftler **Oskar Morgenstern** (1902 – 1977) die Spieltheorie wesentlich aus; ihr gemeinsames Buch „**Theory of Games and Economic Behavior**“ mit fast 700 Seiten wurde ein Standardwerk und Klassiker des Gebiets. Morgenstern war Ökonom, nahm vor dem zweiten Weltkrieg aber am „Wiener Kreises“ teil und verkehrte dort mit Logikern, Mathematikern und Philosophen wie Gödel, Carnap, Menger und Popper; ferner studierte er die Arbeiten von Hermann Weyl, Bertrand Russell und Ludwig Wittgenstein. Von Neumann allerdings lernte er persönlich erst nach seiner eigenen Emigration (1938) von Wien nach Princeton Anfang 1939 dort kennen. Sie fanden in der Anwendung der Spieltheorie auf die Wirtschaftswissenschaft ein starkes gemeinsames Interesse und freundeten sich an; im Herbst 1940 entstand die Idee einer gemeinsamen Publikation.



Oskar Morgenstern

Oskar Morgenstern erinnert sich: „We always spoke German even while writing in English, which later caused a knowledgeable reader ironically to remark that the whole book is written ...'in such nice professorial German'. [...] Often we went on long walks during which we talked over various games and the whole developing theory. We drove

occasionally to the seashore and walked up and down the boardwalk at Sea Girt, in particular, discussing matters. [...] We worked intensively through 1941 - 42. [...] There were endless meetings either at my apartment over the bank or at 26 Westcott Road, where Johnny lived with his wife Klari and his daughter Marina (now Mrs. Marina von Neumann Whitman). We wrote virtually everything together and in the manuscript there are sometimes long passages written by one or the other and also passages in which the handwriting changes two or three times on the same page. We spent most afternoons together, consuming quantities of coffee, and Klari was often rather distressed by our perpetual collaboration and incessant conversations. She was at that time collecting elephants made of ivory, glass, and all sorts of other material. At one point she teased us by saying that she would have nothing more to do with the ominous book, which grew larger and larger and consumed more and more of our time if it didn't also [have an elephant in it.](#)"



Oskar Morgenstern und John von Neumann auf dem Boardwalk in Sea Girt, New Jersey, ca. 1946

Daraufhin versprochen die beiden Autoren Klara von Neumann einen Elefanten im Buch; diesen kann man tatsächlich auf Seite 64 in Form eines Mengendiagramms finden – wenn man weiss, nach was man Ausschau halten muss!

Im Dezember 1941 erfolgte der Eintritt der USA in den Zweiten Weltkrieg; John von Neumann ging daraufhin als Regierungsberater (u.a. als Experte für Ballistik und Stosswellen) nach Washington. Morgenstern erinnert sich an die Jahreswende 1942/43:

„While Johnny was in Washington, I frequently went there, sometimes staying at his house, and on weekends we worked furiously. [...] At Christmas, we put the last touches to the manuscript and also wrote the preface, and it was in the very first days of January that we made the work final. During the whole period of our collaboration, each day after we met – and we wrote by longhand, of course – I would type two copies of what we had written, put in the formulas, and the next day, or whenever the next occasion arose, I would give one set to Johnny and keep the other; on that basis, we always had a somewhat orderly typed manuscript in front of us. [...]

Clearly footnote 3 on p. 63 applies again, *mutatis mutandis*. Also, the above concepts within Ω are the same as the original unqualified ones.

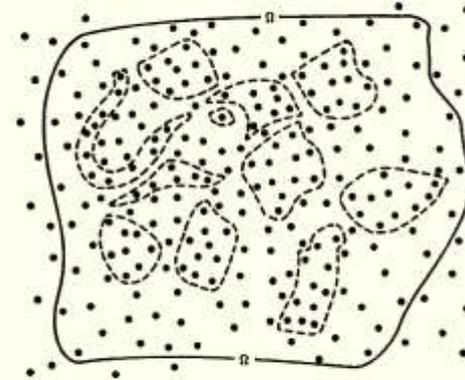
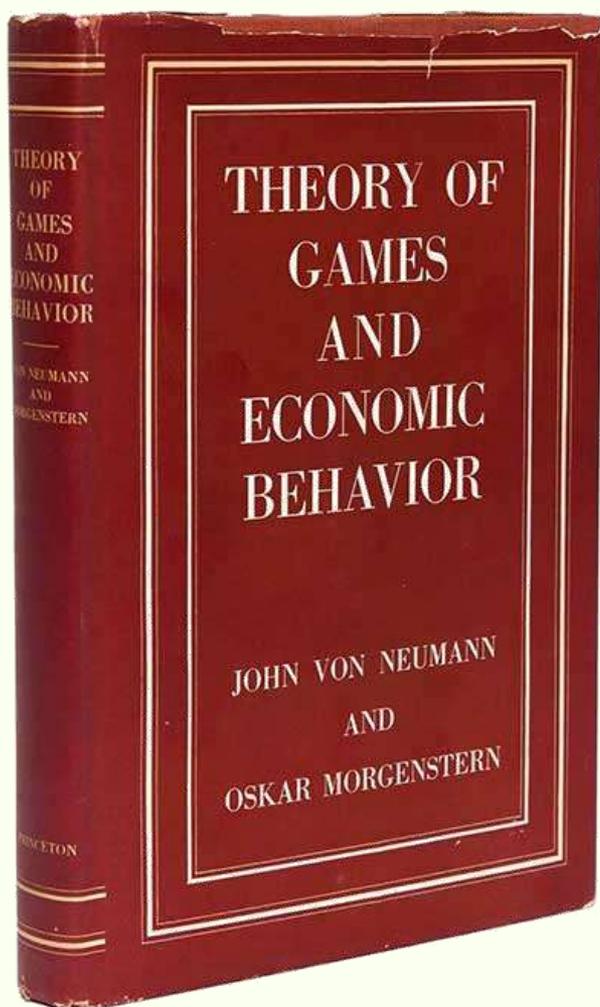


Figure 4.

8.3.2. We give again some graphical illustrations, in the sense of 8.2.3. We begin by picturing a partition. We shall not give the elements of the partition—which are sets—names, but denote each one by an encircling line — — — (Figure 4).

Der Elefant als „easter egg“ im Buch



Since I was a bachelor at that time, I had breakfast across the street at the Nassau Club, and Johnny, who usually got up early while his wife liked to sleep longer, came almost every day to join me at the Club. He was always wide awake in the morning. [...] The people at The Press were quite overwhelmed seeing a manuscript of about 1200 typed pages full of graphs and uninhibited mathematical notations. [...] First there was the need to produce a clean manuscript; everything had to be re-typed and all formulas had to be put into the new copy. [...] The manuscript went to the printer in 1943. Then came the year-long process of typesetting, proof-reading, etc. We had to settle on a title for our book. For a while we were thinking of calling it *General Theory of Rational Behavior*, [...]. The scope of the book extends far beyond economics, reaching into political science and sociology. It came out on the 18th of September 1944. [...]

In 1955 Johnny was stricken by cancer. During the last years, Johnny worked not only on the computer design but was deeply concerned with a theory of automata. On

many walks through the streets of Princeton, often late at night, he would discuss in great detail especially the possibility of designing a self-reproducing automaton.”

Quelle der Zitate: Oskar Morgenstern (1976): *The Collaboration Between Oskar Morgenstern and John von Neumann on the Theory of Games*. *Journal of Economic Literature*. 14 (3): 805–816.

Am Beispiel einer von John von Neumanns Manuskriptseiten erkennt man, welche manuelle Mühsal seinerzeit „...to produce a clean manuscript; everything had to be retyped and all formulas had to be put into the new copy“ bedeutete:

We choose Ω_1 as the set of all $x = (x_{ij})$ with

$$(III) \begin{cases} \text{Max} \left(\sum_j x_{ij} \text{ for all } i, \sum_i x_{ij} \text{ for all } j \right) = 1, \\ x_{ij} \geq 0 \text{ for all } i, j. \end{cases}$$

It is immediately seen, that this, too, introduces no (additional) relative maxima.

Now assume only

$$(IV) \begin{cases} x_{ij} \geq 0 \text{ for all } i, j, \\ \text{but not} \\ x_{ij} = 0 \text{ for all } i, j. \end{cases}$$

Put -

$$|x| = \text{Max} \left(\sum_j x_{ij} \text{ for all } i, \sum_i x_{ij} \text{ for all } j \right).$$

Then Ω_1 is defined by $|x| = 1$.

Hence restricting x to Ω_1 may be replaced by leaving x free in

Oskar Morgenstern erzählte 1971, welche Rolle er und Albert Einstein bei der Einbürgerung ihres berühmten, aber psychisch labilen und unter Paranoia leidenden Kollegen **Kurt Gödel** gespielt hatten. Gödel war Logiker; er hatte gezeigt, dass typische Teilsysteme der Mathematik ihre eigene Widerspruchsfreiheit nicht beweisen können und dass insbesondere Arithmetik, Algebra und ähnliche Teilsysteme unvollständig sind – sie enthalten Aussagen, die sich weder formal beweisen noch widerlegen lassen.

It was in 1946 that Gödel was to become an American citizen. He asked me to be his witness and as the other witness, he proposed Albert Einstein who also gladly consented. Gödel [...] began to go in a thorough manner to prepare himself properly. Since he is a very thorough man, he started informing himself about the history of the settlement of North America by human beings. That led gradually to the study of the History of American Indians, their various tribes, etc. He called me many times on the phone to get literature which he diligently perused. There were many questions raised gradually and of course many doubts brought forth as to whether these histories really were correct and what peculiar circumstances were revealed in them.

From that, Gödel gradually over the next weeks proceeded to study American history, concentrating in particular on matters of constitutional law. [...] Now came an interesting development. He rather excitedly told me that in looking at the Constitution, to his distress, he had found some inner contradictions and that he could show how in a perfectly legal manner it would be possible for somebody to become a dictator and set up a Fascist regime never intended by those who drew up the Constitution. I told him that it was most unlikely that such events would ever occur, even assuming that he was right, which of course I doubted.

But he was persistent and so we had many talks about this particular point. I tried to persuade him that he should avoid bringing up such matters at the examination before the court in Trenton, and I also told Einstein about it: he was horrified that such an idea had occurred to Gödel, and he also told him he should not worry about these things nor discuss that matter.

Many months went by and finally the date for the examination in Trenton came. On that particular day, I picked up Gödel in my car. He sat in the back and then we went to pick up Einstein at his house on Mercer Street. [...] When we came to Trenton, we were ushered into a big room. [...] The examiner first asked Einstein and then me whether we thought Gödel would make a good citizen. We assured him that this would certainly be the case, that he was a distinguished man, etc. And then he turned to Gödel and said, “Now, Mr. Gödel, where do you come from?” Gödel: “Where I come from? Austria.” The examiner: “What kind of government did you have in Austria?” Gödel: “It was a republic, but the constitution was such that it finally was changed into a dictatorship.” The examiner: “Oh! This is very bad. This could not happen in this country.” Gödel: “*Oh, yes, I can prove it.*”

So of all the possible questions, just that critical one was asked by the examiner. Einstein and I were horrified during this exchange; the examiner was intelligent enough to quickly quieten Gödel [...] and broke off the examination at this point, greatly to our relief. [...] I drove Gödel home. Everybody was relieved that this formidable affair was over; Gödel had his head free again to go about problems of philosophy and logic.



Kurt Gödel (1906 – 1978)

[<http://cdm.itg.ias.edu/utis/getdownloaditem/collection/coll12/id/2985/filename/3126.pdfpage/mapsto/pdf>]

Die [Universität Wien](#) ist mit Oskar Morgenstern in mehrfacher Hinsicht verbunden: Morgenstern war Student der Sozialwissenschaften, promovierte dort 1923 und wurde 1929 Privatdozent für politische Ökonomie. Zwei Jahre später übernahm er als Nachfolger von Friedrich August Hayek die Leitung des "Österreichischen Instituts für Konjunkturforschung". Nach dem Anschluss Österreichs 1938 an das Dritte Reich wurde Morgenstern als politisch unerwünscht er-

klärt und verlor seine Lehrbefugnis; er beschloss daraufhin, in die USA zu emigrieren. 1965 wurde Morgenstern Ehrendoktor der Universität Wien, und heute ist der Platz vor dem Gebäude der Fakultäten für Wirtschaftswissenschaften sowie Mathematik und Statistik in Wien nach ihm benannt. Die Universität schreibt zu Morgensterns Vita u.a. noch:

„Seine Verdienste um die Spieltheorie brachten Morgenstern auch einige [Beratertätigkeiten](#) ein: So beriet er [...] von 1955 bis 1957 die Atomenergiekommission der USA und von 1959 bis 1960 das Weiße Haus. Maßgeblichen Einfluss hatte er etwa im Rahmen der Beendigung des Korea-Konflikts, als sich eine Regierung erstmals in der Geschichte Rat bei Spieltheoretikern einholte. Die Wissenschaftler um Morgenstern erstellten eine 3000-mal-3000-Strategienmatrix, welche die spieltheoretische Lösung des Konflikts erfasste und berechneten auf dem ENIAC-Computer die ideale Lösung. Truman entschloss sich in der Folge dafür, den Yalu-Fluss nicht zu überschreiten und feuerte den damaligen Oberbefehlshaber MacArthur. Kennedy ernannte später Morgenstern zum Berater für strategisch-militärische Entscheidungen (Polaris-Atomstrategie der Abschreckung).“



Spieltheorie – Der Satz von Zermelo

Noch vor von Neumann und Morgenstern leistete ein anderer bedeutender Mathematiker Pionierarbeit bei der Entwicklung der Spieltheorie – [Ernst Zermelo](#), ein begeisterter Schachspieler, publizierte [1912](#) beim internat. Mathematikerkongress in Cambridge seine Arbeit *Über eine Anwendung der Mengenlehre auf die Theorie des Schachspiels*.

ÜBER EINE ANWENDUNG DER MENGENLEHRE AUF DIE THEORIE DES SCHACHSPIELS

VON E. ZERMELO.

Die folgenden Betrachtungen sind unabhängig von den besonderen Regeln des Schachspiels und gelten prinzipiell ebensogut für alle ähnlichen Verstandesspiele, in denen zwei Gegner unter Ausschluss des Zufalls gegeneinander spielen; es soll aber der Bestimmtheit wegen hier jeweilig auf das Schach als das bekannteste aller derartigen Spiele exemplifiziert werden. Auch handelt es sich nicht um irgend eine Methode des praktischen Spiels, sondern lediglich um die Beantwortung der Frage: kann der Wert einer beliebigen während des Spiels möglichen Position für eine der spielenden Parteien sowie der bestmögliche Zug mathematisch-objektiv bestimmt oder wenigstens definiert werden, ohne dass auf solche mehr subjektiv-psychologischen wie die des "vollkommenen Spielers" und dergleichen Bezug genommen zu werden brauchte? Dass dies wenigstens in einzelnen besonderen Fällen möglich ist,

Der Satz von Zermelo (2)

Der einleitende Absatz

« ÜBER EINE ANWENDUNG DER MENGENLEHRE AUF DIE THEORIE DES SCHACHSPIELS

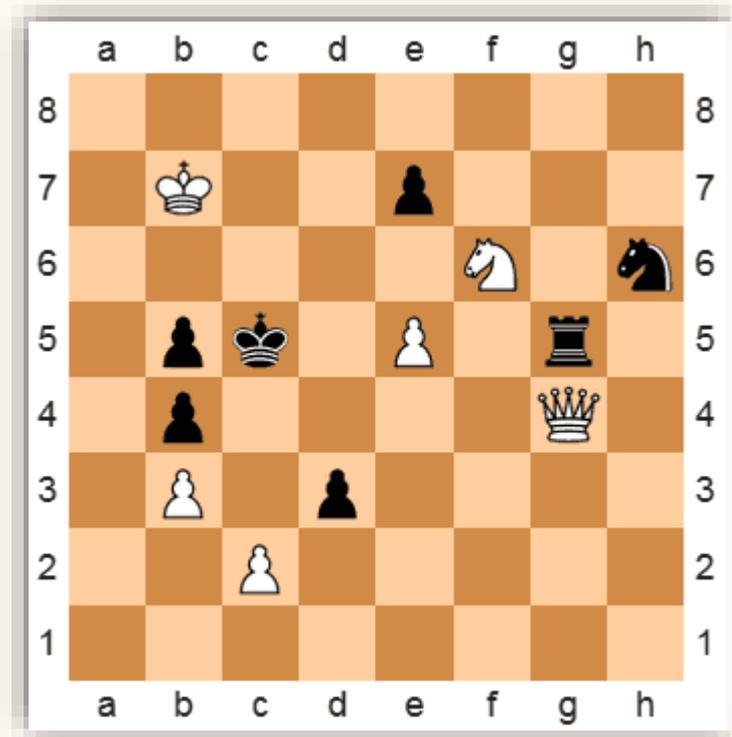
Die folgenden Betrachtungen sind unabhängig von den besonderen Regeln des Schachspiels und gelten prinzipiell ebensogut für alle ähnlichen Verstandesspiele, in denen zwei Gegner unter Ausschluss des Zufalls gegeneinander spielen; es soll aber der Bestimmtheit wegen hier jeweilig auf das Schach als das bekannteste aller derartigen Spiele exemplifiziert werden. Auch handelt es sich nicht um irgend eine Methode des praktischen Spiels, sondern lediglich um die Beantwortung der Frage: kann der Wert einer beliebigen während des Spiels möglichen Position für eine der spielenden Parteien sowie der bestmögliche Zug mathematisch-objektiv bestimmt oder wenigstens definiert werden, ohne dass auf solche mehr subjektiv-psychologischen wie die des „vollkommenen Spielers“ und dergleichen Bezug genommen zu werden brauchte? Dass dies wenigstens in einzelnen besonderen Fällen möglich ist, beweisen die sogenannten „Schachprobleme“, d.h. Beispiele von Positionen, in denen der Anziehende nachweislich in einer vorgeschriebenen Anzahl von Zügen das Matt erzwingen kann. Ob aber eine solche Beurteilung der Position auch in anderen Fällen, wo die genaue Durchführung der Analyse in der unübersehbaren Komplikation der möglichen Fortsetzungen ein praktisch unüberwindliches Hindernis findet, wenigstens theoretisch denkbar ist und überhaupt einen Sinn hat, scheint mir doch der Untersuchung wert zu sein, und erst diese Feststellung dürfte für die praktische Theorie der „Endspiele“ und der „Eröffnungen“, wie wir sie in den Lehrbüchern des Schachspiels finden, die sichere Grundlage bilden. Die im folgenden zur Lösung des Problems verwendeten Methoden ist der „Mengenlehre“ und dem „logischen Kalkül“ entnommen und erweist die Fruchtbarkeit dieser mathematischen Disziplin in einem Falle, wo es sich fast ausschliesslich um *endliche* Gesamtheiten handelt. »

Der Satz von Zermelo (3)

Matt in n Zügen

Beim Schach ist bekannt (sog. Schachprobleme bzw. Schachaufgaben oder Schachkompositionen): In **besonderen Positionen** kann ein Spieler den **Sieg erzwingen** („Matt in n Zügen“; „Weiss zieht und gewinnt“), siehe zum Beispiel die nebenstehende Spielkonstellation. Aber gilt das auch **allgemeiner**?

Dies war offenbar die Frage, die Zermelo beschäftigte und die ihn zu seiner Abhandlung motivierte. Bertrand Russell, der ihn zum Kongress nach Cambridge eingeladen hatte, hatte vergeblich versucht, ihn zu einem Vortrag über das Auswahlaxiom bzw. die Grundlagen der Mengentheorie zu bewegen. Zermelo blieb, wie so oft, stur.



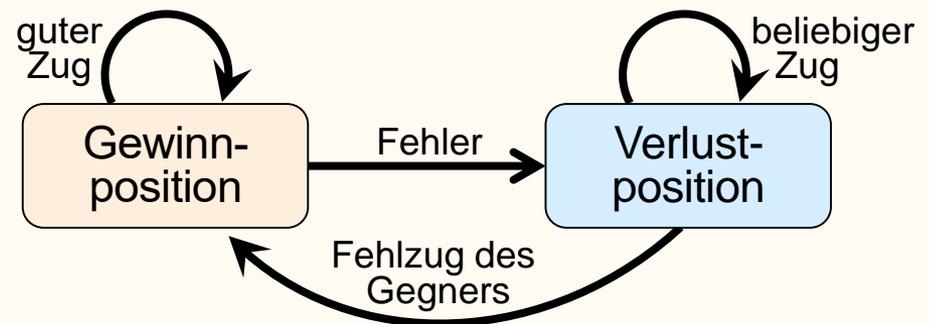
Matt in 5 Zügen (Luigi Bühler)

Der Satz von Zermelo (4)

Einer von beiden kann eine Niederlage vermeiden

Zermelo, der seinerzeit Professor für Mathematik an der Universität Zürich war, befasste sich in seiner Arbeit (am Beispiel von Schach) mit dem, was heute unter einem „endlichen rein strategischen 2-Personen Nullsummenspielen mit vollständiger Information“ verstanden wird und war der erste, der einen Satz der Spieltheorie formal bewies. Kurz gefasst sagt sein Satz aus, dass **entweder der erste Spieler eine Gewinnstrategie besitzt, oder der andere** Spieler besitzt eine solche, oder aber jeder der beiden Spieler kann mindestens ein Remis erzwingen. Sieht man vom Remis ab, dann heisst dies, dass jede Position (nach heutiger Auffassung also jeder Knoten im Spielbaum) entweder eine Gewinnposition für den einen oder aber für den anderen Spieler ist. Aus einer Gewinnposition heraus kann man (unabhängig von der Strategie des anderen) den Sieg in einer endlichen Zugfolge quasi erzwingen – wenn man „richtig“ (d.h. entsprechend einer Gewinnstrategie) spielt. **Klar: Hat ein Spieler eine Gewinnstrategie, dann der andere nicht. Aber wieso muss eigentlich einer eine Gewinnstrategie haben, nur weil der andere keine hat?**

The Nim winning strategy was discovered by 3 pupils within 15 minutes, but it took them much longer to realize that if there was an optimal strategy for one of the players, the opponent could never win. They were trying it again and again. -- Jiří Vaníček

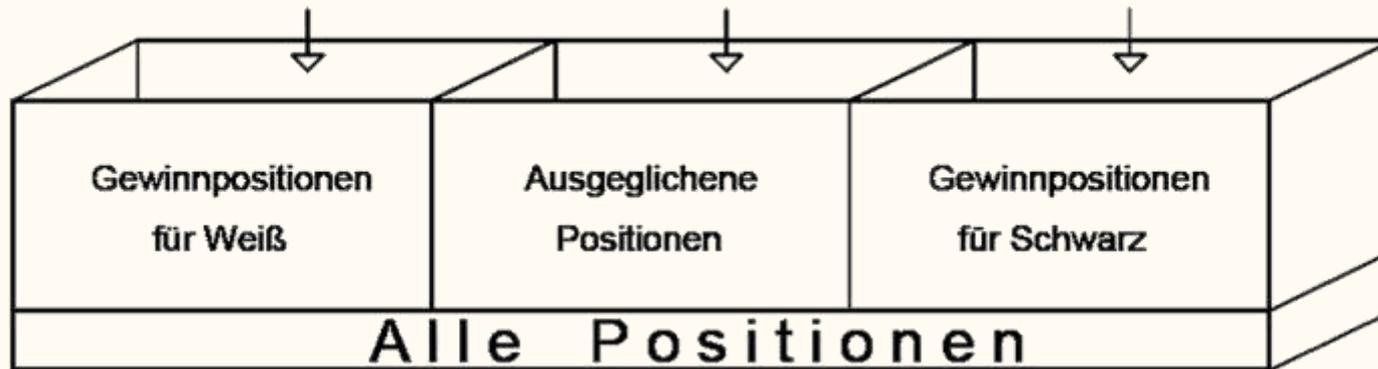
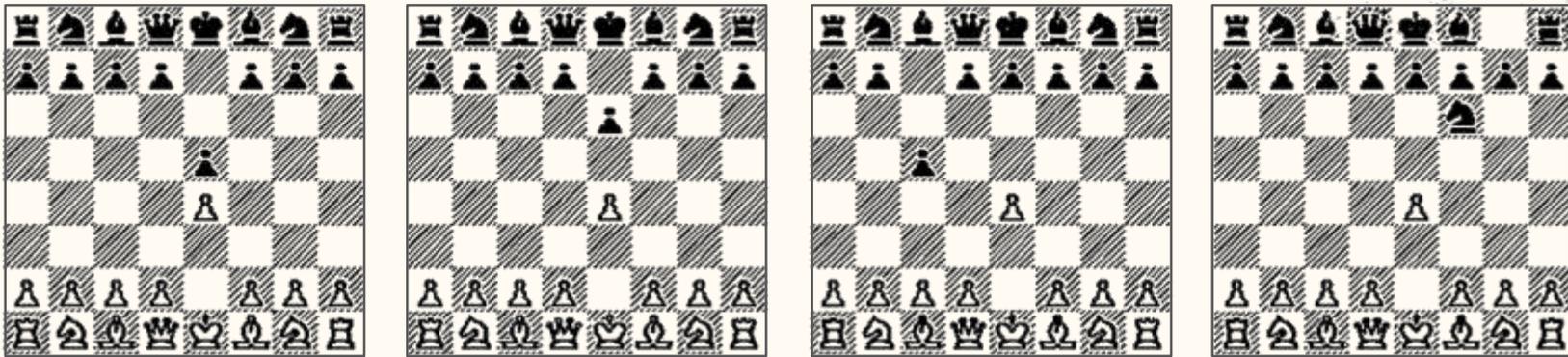


Der Satz von Zermelo (5)

Jede Position ist eine Problemposition

To programme one of the electronic machines for the analysis of Chess would not be difficult. The programmer need not be a good Chess player, he need only know the rules. Unfortunately, the time of computation would be measured in astronomical number of years. -- Donald Davies, 1950

Jörg Bewersdorff interpretiert den Satz von Zermelo im Sinne der Schachprobleme (Zermelos Motivation!) so: „Jede Position hat die Qualität einer Problemposition“:



Der Satz von Zermelo (6)

Einer wird gewinnen können...

Auch für die **Ausgangsstellung beim Schach** gilt also, dass entweder der erste Spieler eine Gewinnstrategie besitzt, oder der andere Spieler besitzt eine solche (oder aber jeder der beiden Spieler kann zumindest ein Remis erzwingen)!



www.chetan.homepage.t-online.de/schach/matt123.jpg

TV-Programm Samstag **29.3.1969**: Den Eurovision Song Contest gab es schon seit 14 Jahren, Farbfernsehen aber erst seit 7 (CH) bzw. 19 (DE) Monaten – und nur wenigen Stunden pro Woche.



„**Einer wird gewinnen**“, so lautete eine beliebte TV-Show von Hans-Joachim Kulenkampff („Kuli“, 1921 – 1998) ab 1969.

20.15 Einer wird gewinnen
Das große internationale Quiz mit Hans-Joachim Kulenkampff und Teilnehmern aus 8 Ländern
Anschließend vom Hessischen Rundfunk:
Bekanntgabe der Lottozahlen

22.00 Grand Prix Eurovision 1969
Europäischer Schlagerwettbewerb unter Teilnahme aller Eurovisionsländer

23.30 Tagesschau - Wetterkarte
Anschließend vom Hessischen Rundfunk:
Das Wort zum Sonntag (kath.)
Es spricht Pfarrer Ernst Kirchgäßner, Pfaffenwiesbach

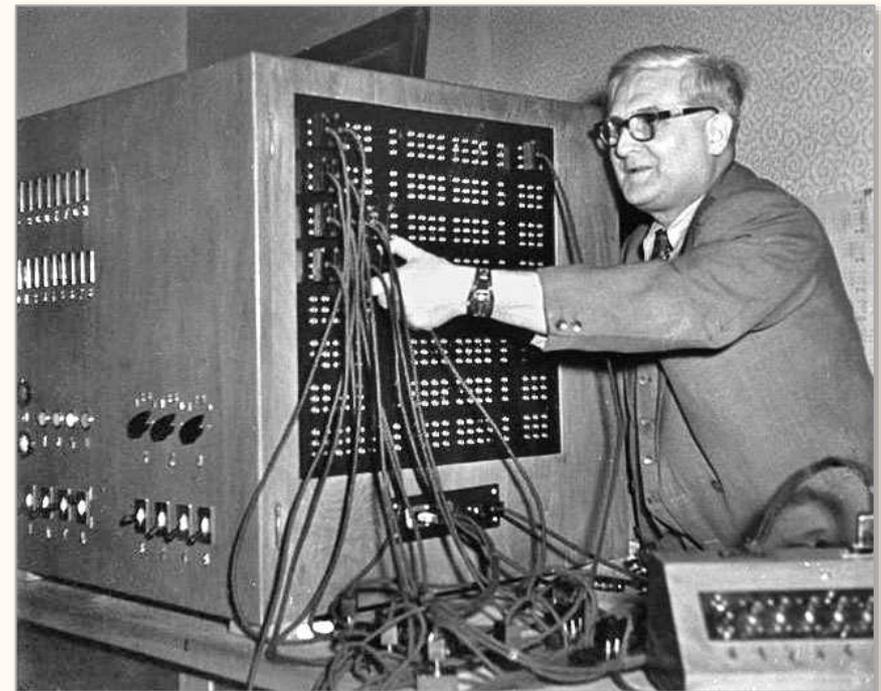


László Kalmár

interpretiert Zermelo

Zermelos Formalisierung eines Spiels und seine Beweistechnik waren noch nicht sehr eingängig. Der Graphentheoretiker Dénes König etwa machte auf Argumentationslücken in Zermelos Beweis aufmerksam (woraufhin dieser seinen Beweis verbesserte). Es war aber schliesslich der ungarische Mathematiker und Logiker **László Kalmár**, der Zermelos Ansatz **1928** in einer eigenen Veröffentlichung klarer zum Ausdruck brachte und auch noch generalisierte.

Kalmár (1905 – 1976) studierte ab 1922 an der Universität Budapest und anschliessend 1929 an der Universität Göttingen, wo sein Interesse an mathematischer Logik begann. Er gründete an der Universität Szeged das Kybernetik-Labor und befasste sich mit mathematischer Logik und Informatik. Kalmar galt nach dem zweiten Weltkrieg als führender mathematischer Logiker und Pionier der theoretischen Informatik in Ungarn.



László Kalmár – Theorie der abstrakten Spiele

Kalmár wurde durch [Zermelos Aufsatz](#) sowie die Einwände von D. König zur Beschäftigung mit dem Problem angeregt. Er schrieb, er wolle „zeigen, dass auch der ursprüngliche Gedankengang des Herrn Zermelo unmittelbar zu einem einwandfreien Beweise ergänzt werden kann.“ Konstruktiv im Sinne von Minimax, Berechnung einer Gewinnstrategie, Abstraktionen wie Spielbaum oder Spielmatrix sind die Aufsätze von Zermelo und Kalmár noch nicht; es geht primär um die [Mathematisierung der Begriffe](#) und um [Existenzaussagen](#).

Zur Theorie der abstrakten Spiele. Von LÁSZLÓ KALMÁR in Szeged.

Ich werde mich mit solchen Spielen beschäftigen, welche von zwei Spielern durch abwechselnde Züge geführt werden, deren Wahl und Durchführbarkeit nur von dem Entschlusse des am Zuge befindlichen Spielers bzw. von den Spielregeln, aber keineswegs vom Zufall oder von der Handfertigkeit des Spielers abhängt, und welche der Reihe nach Positionen herbeiführen, die beiden Spielern vollständig bekannt sind. [...]

Die Fragestellungen, welche ich beantworten werde, schließen sich sehr eng an den, dem praktischen Schachspielern geläufigen Begriff: „eine Position, bei welcher der eine Spieler auf Gewinn (Verlust) steht“. Dass dieser Begriff mathematisch-präzise gefasst werden muss und kann, hat Herr ZERMELO in einem sehr inhaltsvollen Vortrag erkannt.

Acta litterarum ac scientiarum Regiae Universitatis Hungaricae Francisco-Josephinae: Sectio scientiarum mathematicarum, (4), pp. 65-85 (1928)

László Kalmár – Theorie der abstrakten Spiele (2)

Die zentralen Erkenntnisse (auch von Zermelo) fasst Kalmár so in ein Theorem:

12. Aus dem Vorigen ergibt sich, wenn man auch die durch Vertauschung der Rolle der Spieler A und B (wodurch auch die Verlustpositionen des A je eine Ordnungszahl erhalten) sich ergebenden Sätze berücksichtigt, folgendes.

a) Jede Position des Spiels S gehört entweder zur Menge \mathfrak{G}_A der Gewinnpositionen des Spielers A, oder zur Menge \mathfrak{G}_B der Gewinnpositionen des Spielers B, oder aber zur Menge \mathfrak{R} der Remispositionen, d. h. der Positionen, in denen sowohl A, als auch B imstande ist, den Verlust durch je eine geeignete Nichtverlusttaktik zu verhindern.

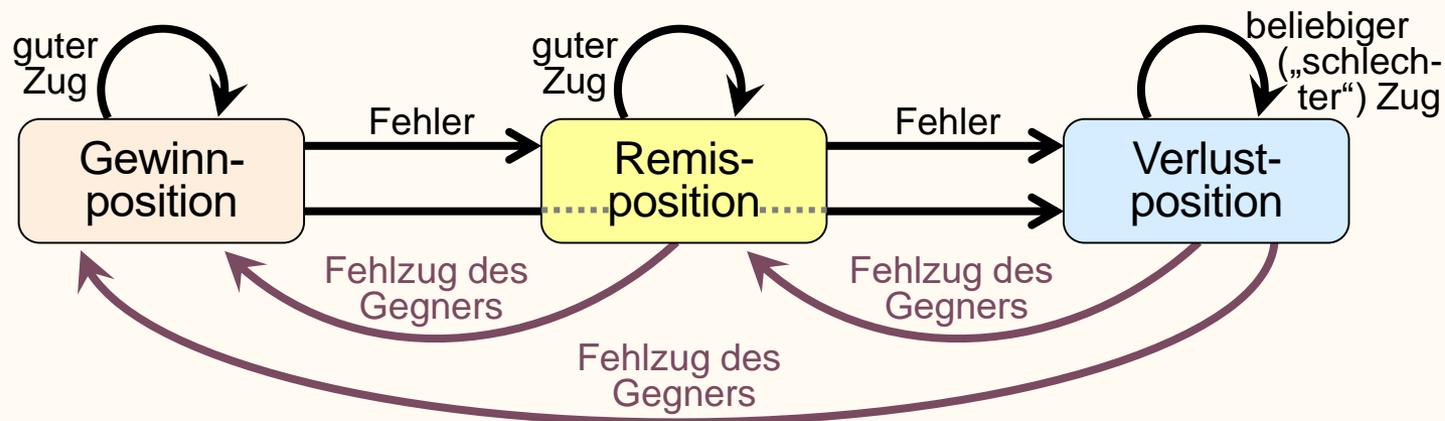
b) Es gibt je eine, nur vom Spiele S abhängige Gewinntaktik (sogar in engerem Sinne) G_A , bzw. G_B (vgl. 10.), durch welche A, bzw. B in jeder Position, die zur \mathfrak{G}_A , bzw. \mathfrak{G}_B gehört, den Gewinn erzwingen kann. Es gibt eine, nur vom Spiele S abhängige Nichtverlusttaktik (sogar in engerem Sinne) R_A , bzw. R_B (letztere wurde in 6. eingeführt und mit R bezeichnet), durch welche A, bzw. B in jeder zu \mathfrak{R} gehörigen Position den Verlust vermeiden kann.

László Kalmár – Theorie der abstrakten Spiele (3)

Die Konsequenzen davon beschreibt Kalmár so:

d) Aus keiner Position kann der am Zuge befindliche Spieler in eine für ihn bessere durch einen regelrechten Zug übergehen: die „Verbesserung“ der Position erfolgt immer durch einen [...] „Fehlzug“ des Gegners; also ist jedes Spiel ein „Kampf von Fehlern gegen Fehler“.

e) Aus einer Gewinn- oder Remisposition kann man in eine gleichwertige übergehen [...]. Einen Zug, der dies erzielt, kann man sinngemäß als einen „guten“, „bestmöglichen“ Zug bezeichnen. Für eine Gewinnposition gibt die bestmöglichen Züge die Gewinntaktik G_A bzw. G_B , für eine Remisposition die Nichtverlusttaktik R_A bzw. R_B an. In einer Verlustposition gibt es nur schlechte Züge: man *muss* in eine schlechtere Position übergehen.



Ernst Zermelo



Ernst Zermelo wurde 1871 in Berlin geboren. Er studierte Mathematik, Physik und Philosophie in Berlin, Halle und Freiburg i. Br. Von 1894 bis 1897 war er Assistent von Max Planck am Institut für theoretische Physik in Berlin. 1897 ging er nach Göttingen und lehrte dort als Privatdozent. 1904 veröffentlichte er seine Schrift „Beweis, dass jede Menge wohlgeordnet werden kann“, die kontrovers diskutiert wurde, weil der Beweis des Wohlordnungssatzes mit Hilfe des umstrittenen Auswahlprinzips geführt wurde. Seit Juni 1906 war Zermelo an Lungentuberkulose erkrankt. Dies zwang ihn zu mehreren längeren Kuraufenthalten in den Schweizer Bergen (Arosa; Schatzalp bei Davos). 1910 wurde Zermelo als ordentlicher Professor für Mathematik an die Universität Zürich berufen; 1916 trat er von seinem Zürcher Amt krankheitshalber wieder zurück und lebte seit 1921 in Freiburg i. Br., wo er 1926 eine Honorarprofessur erhielt. 1935 wurde er denunziert, er erweise den „Deutschen Gruss“ nicht oder nur nachlässig. Der Einleitung eines Verfahrens kam er durch den Verzicht auf eine weitere Lehrtätigkeit zuvor. Er starb 1953 in Freiburg.



Zermelos Fahrzeug, ein dreirädriges und zweisitziges Cabriolet „Goliath Pionier“, ca. 1933

“...1935... had given up the ghost thanks to his ambitious driving style” (H.-D.-Ebbinghaus)

Ernst Zermelo

Een tragische held in het mathematisch theater --- Dirk van Dalen

Zermelo war ein brillanter Mathematiker, gab aber auch ein wenig eine tragische Figur in der Mathematik ab. Er begründete die axiomatische Mengenlehre und leistete auch darüber hinaus Fundamentales, erfuhr dafür aber nicht immer die erwartete Anerkennung. Er hat z.B. die Russellsche Antinomie vor der Veröffentlichung von Bertrand Russell im Jahr 1903 selbstständig entdeckt und in Vorlesungen verwendet. Allgemein war er als recht scharfzünftig bekannt und war Kritikern gegenüber nicht sehr konzilient.

Der berühmte Physiker Wolfgang Pauli erzählte folgende Anekdote über Ernst Zermelo. In einer Vorlesung über Logik in Göttingen stellte Zermelo folgendes Paradoxon: Es gäbe zwei Klassen von Mathematikern in Göttingen. Zur ersten Klasse gehören die, die täten was Felix Klein wollte, was ihnen aber nicht gefiel. Zur zweiten Klasse gehörten diejenigen, die täten was ihnen gefiel, was aber Felix Klein nicht gefiel. Zu welcher Klasse gehört Felix Klein? Als die Studenten stumm blieben (Felix Klein nahm damals in Göttingen und auch sonst in Deutschland eine überragende Stellung in der Mathematik ein und war auch der Vorgesetzte des als Privatdozent in Göttingen lehrenden Zermelo) meinte er, die Antwort wäre furchtbar einfach: Felix Klein wäre gar kein Mathematiker.

Seine Honorarprofessur an der Universität in Freiburg i. Br. musste er 1935 aufgeben, da er sich abfällig über den Nationalsozialismus geäußert hatte und sich weigerte, Vorlesungen, wie von Rektor Martin Heidegger gefordert, mit dem sogen. Hitlergruss zu beginnen, was Kollegen denunzierten. „Entfernung von der Universität“ lautete das gegen ihn eröffnete Disziplinarverfahren, verbunden mit einem Publikationsverbot seiner Werke. Dem Urteil zuvor kommend schrieb er (gezeichnet mit „bisher ord. Honorarprofessor“) dem Dekan der Fakultät: „Hiermit teile ich Ihnen mit, dass ich nach einer Besprechung mit dem stellvertretenden Rektor mich entschlossen habe, auf eine weitere Lehrtätigkeit an der hiesigen Universität zu verzichten, und bitte Sie, mich meinen bisherigen Herren Kollegen bestens zu empfehlen.“

Freiburg, 2. März 1935.

Sehr geehrter Herr Dekan!

Hiermit teile ich Ihnen mit, dass ich nach einer
Besprechung mit dem stellvertretenden Rektor
mich entschlossen habe, auf eine weitere
Lehrstätigkeit an der hiesigen Universität
zu verzichten, und bitte Sie, mich meinen
bisherigen Herren Kollegen bestens zu
empfehlen.

In vorzüglichster Hochachtung

Dr. E. Zermelo

bisher ord. Honorarprofessor a. d. Universität.

Ausschnitt eines Briefes von Zermelo an seine beiden Schwestern Elisabeth und Margarete vom 19. 4. 1935

ich sollte Recht behalten. Meine hiesige Dozententätigkeit,
für die ich ja keine Besoldung bezog, die mir aber doch
früher noch manche Freude machte, habe ich jetzt unter
dem Druck der Verhältnisse, zwischen intrigierenden
Kollegen und denunzierenden Studenten, nachdem ich
schon für das Sommersemester keine Vorlesung mehr
angekündigt hatte, jetzt endgültig aufgegeben.
Das Semester hatte kaum geschlossen, am 1. März, wo man
sonst überall die Saar-Rückkehr feierte, wurde ich vor
den stellvertretenden Rektor zitiert, der mir Folgendes
eröffnete: es sei eine Untersuchung gegen mich im
Gange wegen „Verweigerung“ (d.h. nicht vorschriftsmäßiger
Erwidern) des Hitler-Grußes. Ich antwortete, daß ich mich

Noch eine weitere Passage aus dem Brief an die beiden Schwestern:

Nach weiteren 14 Tagen amtliche Mitteilung des Kultusministeriums in Karlsruhe, daß ich aus dem Lehrkörper ausgeschieden sei. Alles ohne Anrede oder die geringste Höflichkeitsformel, nachdem ich doch sieben Jahre ohne Entlohnung für die Universität tätig gewesen war. Die Interessen und das Ansehen der Hochschule scheinen für ihre offiziellen Vertreter nicht so wichtig gewesen zu sein wie das Bedürfnis, sich nach oben zu empfehlen. Auch von den mir befreundeten Fach- und anderen Kollegen hat niemand bisher den Versuch gemacht, sich mit mir über die Sache auszusprechen, ich gelte eben als verdächtig, und da will jeder sich fernhalten. Ich weiß aber auch, woher der Wind weht und wer mir diese Suppe eingebrockt hat: ein mißgünstiger Kollege, der es verstanden hat, den Mangel an wissenschaftlicher Begabung durch besonders üble Charaktereigenschaften zu kompensieren und sich eine Stellung zu erschleichen, die ihm nicht zukam. Aber was hat er nun davon? Werde ich jetzt günstiger über ihn urteilen, wenn ich meine Erlebnisse anderen Fachgenossen erzähle? Und was hat die Partei davon? Hat man wirklich geglaubt, daß ich staatsgefährliche Vorlesungen über Zahlentheorie oder Mengenlehre halten könnte? Bedauerlich ist nur, daß heute, wo die Selbstverwaltung der Universitäten aufgehoben ist, alle Intriganten freie Bahn haben, wenn sie nur geschickt genug den Mantel nach dem Winde zu drehen wissen.

Das Zürcher Nachkriegsparadies

Nach seiner krankheitsbedingten Pensionierung als Professor der Universität Zürich im Jahr 1916 erhielt Zermelo eine Pension von 4800 Franken, von der er anfangs gut leben konnte. Nach dem zweiten Weltkrieg stockte jedoch der Geldfluss aus der Schweiz, andererseits war es für Zermelo nahezu unmöglich, in die Schweiz zu reisen, um dort die Pension zu empfangen und davon zu leben. Etwas verbittert schreibt er 1947 an einen Freund in der Schweiz:

„Leider sind Ihre Bemühungen wieder vergeblich gewesen. Von dem hiesigen Schweizerischen Konsulat habe ich nach 6-monatlichem Warten zwar keinen direkten Bescheid, aber eine auf mein Gesuch um Einreise-Genehmigung bezügliche Mitteilung erhalten, welche weitere Bemühungen wohl als aussichtslos erscheinen läßt. [...] Mein mir bei meinem Ausscheiden vom Amt ausdrücklich als ‚lebenslänglich‘ bewilligtes ‚Ruhegehalt‘ darf ich wohl ebenfalls in den bekannten ‚Schornstein‘ schreiben, nachdem alle meine bezüglichen Anfragen unbeantwortet geblieben sind. So kommt es, wenn man eine noch so verlockende Berufung in ein noch so neutrales Ausland angenommen hat. Man ist dann eben völlig rechtlos, und es hilft nichts.“

Schliesslich wurde ihm im Oktober 1947 gestattet, einige Wochen in Zürich zu verbringen, allerdings ohne seine Frau. Dieser schrieb er auf einer Postkarte den empfundenen Kontrast zum kriegszerstörten und hungernden Deutschland: „Überall gibt es hier gut zu essen und zu trinken und Straßenbahnen fahren in allen Richtungen. Nur schade, daß ich nicht ganz hier bleiben kann.“ In Zürich traf er sich oft mit seinem ehemaligen Studenten aus Göttinger Zeit und gutem Freund Paul Bernays*, seit 1945 Professor an der ETH. Und er kaufte dringend benötigte und in Deutschland damals, vor der Währungsreform von 1948, nicht zu bekommende Kleidung für sich und seine Frau. Um den strengen Gepäckkontrollen am Zoll zu entgehen, trug er bei der Rückfahrt mit dem Zug alles in mehreren Schichten auf dem Körper, auch die Kleidung seiner Frau. Bei der Ankunft am Bahnhof in Freiburg schwitzte er nicht nur, sondern humpelte auch vor Schmerzen, weil er die neuen und ihm zu engen Schuhe seiner Frau trug.

* *Mit den Paul Bernays Lectures bietet die ETH Zürich jedes Jahr eine Bühne, auf der philosophische Aspekte der exakten Wissenschaften zur Sprache kommen.*



Im Blog der Deutschen Mathematiker-Vereinigung DMV hiess es am [11. April 2018](#): „Umtaufe: NS-Regimegegner und Axiomstar Zermelo auf Straßenschild. Das [mathematische Institut der Universität Freiburg](#) hat eine neue Adresse – ganz ohne Umzug: Die Straße heißt neuerdings [Ernst-Zermelo-Straße](#).“

Der Hintergrund dazu: Im Jahr 2012 beschloss die Stadt Freiburg i. Br., alle Namen von Strassen dahingehend bewerten zu lassen, ob die Würdigung von Personen und Ereignissen durch ein Strasse aus heutiger Sicht noch angemessen sei. Vier Jah-

re lang prüfte eine achtköpfige Kommission aus Historikern, Archivaren, Soziologen und Politologen die rund 1300 Freiburger Strassennamen. Für zwölf Strassen empfahl die Kommission schliesslich eine Umbenennung, darunter die „Eckerstraße“. Der Grund liege in der als problematisch gesehenen Vorreiterrolle des (seinerzeit allerdings hochgeachteten) Anatomie- und Anthropologieprofessors Alexander Ecker (1816 – 1887; 1844 – 1850 Professor in Basel, danach in Freiburg), der u.a. eine Sammlung von Schädeln aus archäologischen Grabungen und Forschungsreisen gründete (die teilweise aus heutiger Sicht unter fragwürdigen Bedingungen beschafft wurden; darunter auch zwölf allerdings erst nach dem Tod von Eckert beschaffte Schädel aus der damaligen Kolonie Deutsch-Südwestafrika, dem heutigen Namibia) und dessen Forschungen einen Nährboden der Rassenkunde bilden würden. Die völkischen Rassenideologie war Eckers Zeit aber noch fremd, erst sein Nach-Nachfolger Eugen Fischer, der die Sammlung betreute, wurde dann im 20. Jahrhundert tatsächlich Vorreiter der nationalsozialistischen Rassenideologie und „würdigte“ Eckert rückblickend als Begründer der Rassenkunde „dessen, was man heute nordische Rasse nennt“.

Jedenfalls wurde im November 2017 vom Gemeinderat die Umbenennung der anwohnerlosen Strasse im Institutsviertel beschlossen (wohl zur Beruhigung des nicht ganz reinen Gewissens mit dem Argument „wenn Ecker auch Kind seiner Zeit war [...] dienten seine Arbeiten doch der Begründung rassistischer Ideologien des 20. Jahrhunderts“); sie erfolgte konkret am 11. April 2018. Seinen Titel „Prof. Dr.“ liess man, im Unterschied zu Zermelo, beim erläuternden Zusatzschild vorsichtshalber weg.

Ernst Zermelo und Abraham Fraenkel

Der Mathematiker [Abraham Fraenkel](#) erweiterte Zermelos Mengenlehre, das Kürzel **ZF** steht heute für die fundamentale „[Zermelo-Fraenkel-Mengenlehre](#)“ (bzw. **ZFC** falls das Auswahlaxiom, „choice“, hinzugenommen wird). ZFC wird heute als das grundlegende Axiomensystem für die ganze Mathematik angesehen. (Gödel zeigte allerdings 1930, dass der Beweis der Widerspruchsfreiheit des ZFC-Axiomensystems unmöglich ist. Der Mathematiker Heinz-Dieter Ebbinghaus beruhigt: „Die Tatsache, dass ZFC seit Jahrzehnten untersucht und in der Mathematik benutzt wird, ohne dass sich ein Widerspruch gezeigt hat, spricht aber für die Widerspruchsfreiheit von ZFC.“)

Abraham Fraenkel schreibt in seiner Autobiographie zu seinem Kollegen Zermelo folgendes: „...seien von diesem genialen und seltsamen Mathematiker, dessen Namen bis heute einen fast magischen Klang behalten hat, einige kaum bekannte Züge berichtet. Ein schlechter Lehrer, kam er in Göttingen nicht vorwärts, obgleich er 1904 einen drei Seiten langen Aufsatz — Beweis des ‚Wohlordnungsgesetzes‘ — publizierte, der die gesamte mathematische Welt in — zustimmende und ablehnende — Aufregung versetzte; mit seinen Gegnern setzte er sich 1908 in einer Abhandlung auseinander, die an Sarkasmus nicht ihresgleichen in der mathematischen Literatur hat. 1910 wurde er endlich als Ordinarius an die kantonale [Universität Zürich](#) berufen. Kurz vor dem Weltkrieg verbrachte er eine Nacht in den bayerischen Alpen und füllte im Meldezettel des Hotels die Rubrik ‚Staatsangehörigkeit‘ mit den Worten aus: ‚[Gottseidank kein Schweizer](#)‘. Das Unglück wollte, dass kurz danach der Leiter des Unterrichtsdepartments des Kantons Zürich im gleichen Hotel wohnte und die Eintragung sah. So konnte er sich nicht mehr lange an der Zürcher Universität halten, wurde 1916 pensioniert und übersiedelte nach Deutschland. [...] Als ich Zermelos Freund Erhard Schmidt gelegentlich fragte, warum denn Zermelo fast aufgehört habe zu publizieren, erwiderte er, weil er mit seinen Veröffentlichungen niemand mehr zu ärgern erwarten könne.“ (Es sei angemerkt, dass Zermelos Biograph H.-D. Ebbinghaus Fraenkels Anekdote für unwahrscheinliche „Folklore“ hält und jedenfalls nicht darin, sondern in Gesundheitsgründen, den Entlassungsgrund sieht.)

Abraham Fraenkel

[Abraham Fraenkel](#), geboren [1891](#) in München, Dissertation 1914 „Über die Teiler der Null und die Zerlegung von Ringen“ in Marburg. Sein erstes bedeutendes Werk, „Einleitung in die Mengenlehre“, schrieb er im ersten Weltkrieg 1917/18 während seines Einsatzes an der Front. („Eine gemeinverständliche Einführung in das Reich unendlicher Grössen, welche aus Vorträgen an einem sehr ungewöhnlichen Ort, nämlich in Schützengräben der deutschen Westfront des ersten Weltkrieges, hervorgegangen ist.“, so Max Pinl 1971 in „Kollegen in einer dunklen Zeit“.) 1928 erhielt er eine Professur in Kiel, wurde 1933 als Jude zwangspensioniert und wechselte an die Hebräische Universität von Jerusalem (dort Rektor 1938 – 1940). Er starb [1965](#) in Jerusalem. Fraenkel erweiterte und präzisierte den Mengenbegriff von Zermelo, welcher dann selbst wieder die Theorie erweiterte. Die sogenannte [Zermelo-Fraenkel-Mengenlehre](#) stellt heute die Grundlage fast aller Zweige der Mathematik dar.

A. Fraenkel (links) mit Bergführer posiert vor einem Panorama der Schweizer Alpen, ca. 1909



Fraenkel in der Priority Queue beim Schweizer Konsulat in Tel Aviv

Jiska Cohen-Mansfield berichtet folgende Gegebenheit: „In 1953, Fraenkel planned to travel to Switzerland. During the first 20 years after the foundation of the State of Israel, most other countries required visas of Israeli citizens. Switzerland was even more stringent, requiring as a pre-requisite to granting a visa, that the Israeli visitor have a second visa to a neighboring country (Italy, France, West-Germany or Austria), so that if, for any reason, Switzerland chose to expel the visitor, he or she would be able to leave by train or car for one of these four countries. [...] In those days, in order to get a visa one had to go to the consulate in Tel Aviv and wait on line. One had to complete a form, present the additional visa, leave the passport at the consulate and return the next day to get the passport back. Since Fraenkel was not a resident of Tel Aviv, he hoped to receive the visa on the same day. Around two weeks earlier, the Hebrew University had held its Annual Student Day, which included, among others, a 60 meter race for faculty members over 50 years of age. Fraenkel, who was 62 at the time, came first. The entire event was filmed and shown as part of the newsreel prior to movies in the cine-mas. It turned out that a few days before Fraenkel's visit to the Swiss Consulate, the Consul General had gone to the movies and seen the newsreel. When he came to respond to Fraenkel's request, he called out to all those waiting: 'Oh, there is the runner!' Inviting Fraenkel into his room, he immediately gave him the visa, saying it was an honor for him to meet such an es-teemed scholar and athlete.”

Und dann sie erzählt noch eine weitere Geschichte über den Mathematiker Fraenkel: “Abraham Fraenkel was going on the bus to the university on Mount Scopus, when a student sitting next to him asked, ‘would you please shut the window, it is cold outside’, to which Fraenkel responded, ‘and suppose I close the window, will it be warm outside?’”

Warum sind Spiele spannend?

- Weil ihr Ausgang **ungewiss** ist! (→ Allseitige Gewinnhoffnung)
- **Ursachen** für diese Ungewissheit sind z.B.:
 - 1) **Zufall** (z.B. Würfeln, Karten mischen)
 - 2) **Verdeckte Information** (z.B. Kartenspiel: fremde Karten unbekannt)
 - 3) **Gegner** verhält sich unberechenbar
 - 4) Unüberblickbar **viele Kombinationen** von Zugmöglichkeiten
 - 5) Körperliche **Geschicklichkeit** (z.B. bei Mikado)
 - 6) **Merkfähigkeit** (z.B. Memory)
 - 7) **Unklare Regeln** (z.B. Scrabble)

Beispiele für Spieltypen

„Spiele haben die Wissenschaft oft befruchtet: Glücksspiele inspirierten die Wahrscheinlichkeitstheorie, Gesellschaftsspiele die mathematische Spieltheorie. Die Frage, ob Computer Schach spielen könnten, dient der Informatik seit ihrer Frühzeit als Messlatte für die Wirksamkeit von heuristischen Suchverfahren und der Formalisierung von Wissen.“ -- Jürg Nievergelt



Logik

Kombinatorische Spiele

Schach, Go

Backgammon

Diplomacy, Stratego, Geister

Skat
Jass

Mensch
ärgere
dich nicht

Poker

Schere-Stein-Papier

Roulette

Strategische Spiele

Glücksspiele

Bluff

Glück



Quelle: Jörg Bewersdorff

Schach gegen einen Computer wird – trotz der ausschliesslich von der Logik beherrschten Spielregeln – zum Glücksspiel, wenn die Bedingungen so gesetzt werden, dass der Computer seine im Programm angelegte Überlegenheit ausspielen kann und der Durchschnittspieler daher auch unter Aufbietung höchster geistiger Anspannung chancenlos ist.
Verwaltungsgericht Wiesbaden 10.10.1995 (5/3 E 32/94, Urteil zu § 33d Gewerbeordnung)

Charakteristische Spieleigenschaften

1) Endlich

- Bei endlichen Spielen ist vor allem das **Ergebnis am Ende** interessant (ob „das Spiel an sich“ reizvoll ist, ist mathematisch unerheblich)
- Durch Sonderregeln (z.B. Verbot von Zugwiederholung) werden Spiele oft künstlich endlich gemacht

2) Rein strategisch

- Auch „deterministisch“ genannt
- Spieler selbst treffen alle Entscheidungen
- **Zufall spielt nirgendwo keine Rolle**
- Gegenbeispiele: Kartenspiele (Mischen); Glücksspiele (z.B. Würfeln)

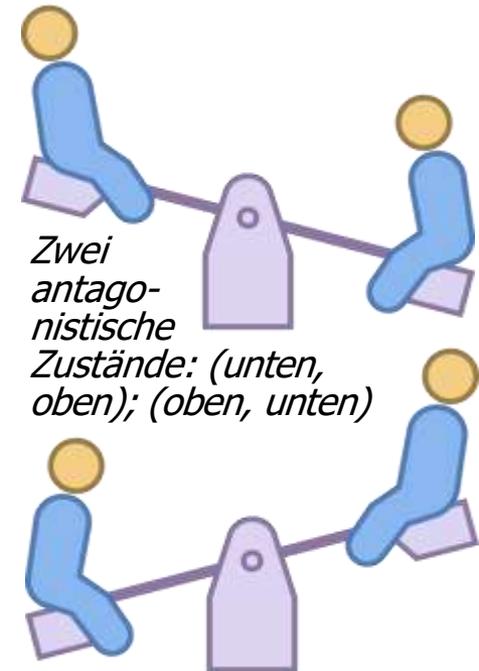
3) 2-Personen (die in der Regel abwechselnd ziehen)

- Einfacher als n-Personen (**keine Koalitionsbildung**)
- Kooperation, Überredung, Täuschung, List, Belohnung, Bestrafung,... bei 2 Personen i.Allg. nicht oder weniger relevant als bei $n > 2$ Personen

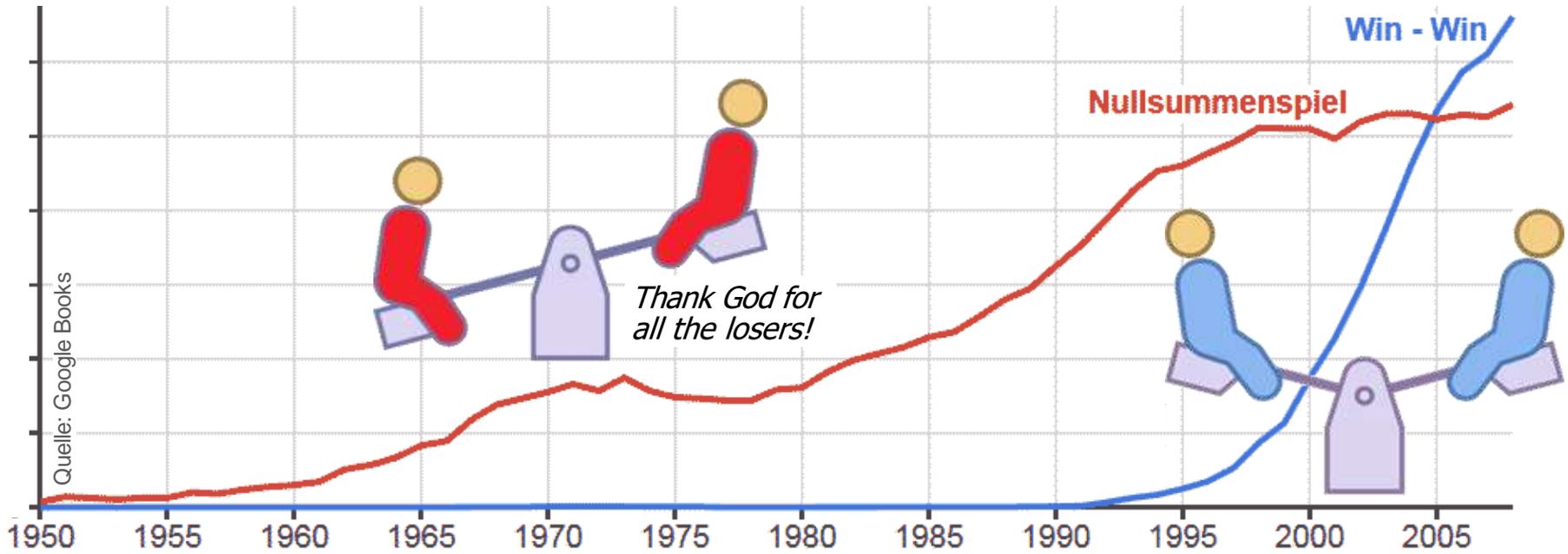
Charakteristische Spieleigenschaften (2)

4) Nullsummenspiel

- So hoch wie einige Spieler insgesamt gewinnen, verlieren die Anderen
- Für jeden Spieler ist eine **Gewinnauszahlungsfunktion** auf den Endsituationen definiert; dort gilt: **Summe = 0** über den Funktionswerten aller Spieler
- Bei 2-Personen-Spielen **handelt der Gegner (Konkurrent) den eigenen Interessen entgegengesetzt** (unter der Grundannahme der Spieltheorie)
- **Eigener Vorteil ist Nachteil des Gegners** („Des einen Freud ist des anderen Leid“)
- **Beispiele:** Wenn „gegeneinander“ oder um Geld gespielt wird (Poker,...), Wahlkämpfe, Lohnverhandlungen, feindliche Armeen, Elf-meterschütze vs. Torwart, Kopf oder Zahl
- **Gegenbeispiel:** Erschliessen neuer Märkte durch Koalitionsbildung oder Kartelle (evtl. gewinnen dann alle: „**Win-Win-Situation**“)



„Nullsummenspiel“ vs. „Win-Win“



„Der Handel an der Börse ist ein Nullsummenspiel, bei dem das Geld der Verlierer an die Gewinner fließt. Wieso aber findet Handel statt? Weil der Käufer einen zukünftigen Kursanstieg erwartet; der Verkäufer einen zukünftigen Kursrückgang. Oder anders ausgedrückt: Der Käufer hofft einen Dummen zu finden, der seine Aktien hergibt; der Verkäufer hofft einen Dummen zu finden, der seine Aktien übernimmt. Offenbar gibt es genug Dumme.“

„Es reicht nicht, dass ich gewinne. Alle anderen müssen verlieren!“ -- Dschingis Khan

Charakteristische Spieleigenschaften (3)

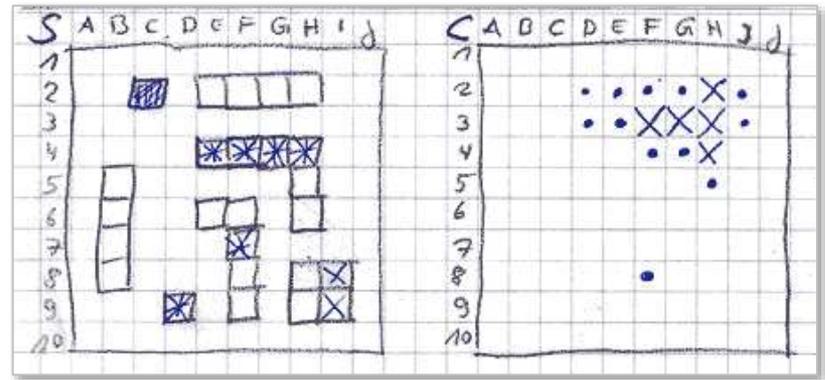
5) Perfekte Information

- Alle Spieler wissen (prinzipiell) gleich viel
- Keiner hat einen verdeckten Informationsvorsprung
- Jeder kann sich ganz in die Rolle des anderen hineinversetzen
- Gegenbeispiele:

a) Viele **Kartenspiele** (damit Spielwiederholungen spannend bleiben, ist die verdeckte Information abhängig vom Zufall → Karten mischen!)



b) „**Schiffe versenken**“: Die eigene Flotte trägt man vorgängig in **verdeckter Weise** ein



Glücksspiele?



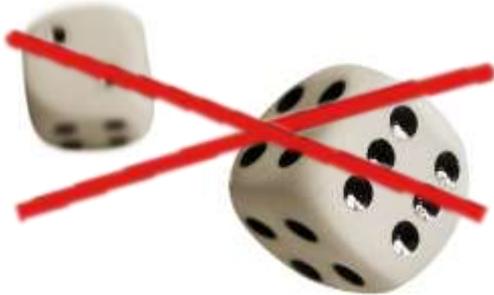
*Georges de la Tour
(1593– 1652): Die
Würfelspieler*

Glücksspiele sind seit mindestens 5000 Jahren populär. Wenn um Vermögenswerte gespielt wurde, waren sie jedoch aufgrund der dadurch induzierten sozialen Probleme oft verpönt oder verboten. Glücksspiele spielten bei der Entwicklung der [Wahrscheinlichkeitstheorie](#) eine wichtige Rolle

(z.B. Problem der gerechten Verteilung des Einsatzes bei abgebrochenen Glücksspielen; dazu Briefwechsel zwischen Blaise Pascal und Pierre de Fermat im Jahr 1654). Für die [Spieltheorie](#) sind reine Glücksspiele aber [uninteressant](#): Man [entscheidet nichts](#), sondern hofft nur (auf Glück).

Für uns relevante Spieleigenschaften

- Reine Glücksspiele (→ Zufall!) interessieren uns nicht weiter



- Zwar können Würfeln, Lotto und Roulette spannend sein, man kann hoch gewinnen oder Haus und Hof verspielen, es sind aber **im Sinne der Spieltheorie keine Spiele**, da das Ergebnis nicht von Entscheidungen anderer Spieler abhängt und Zufall kein Gedächtnis hat

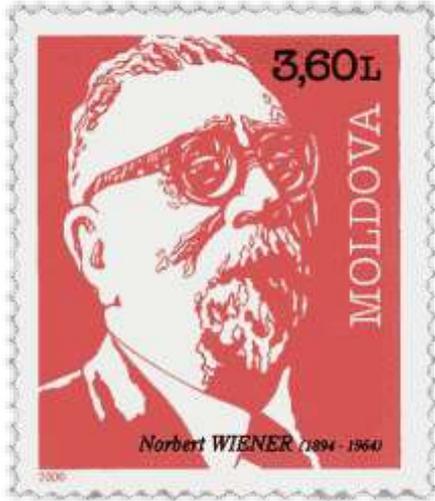
- Genauer: Nachfolgend betrachten wir nur **endliche rein strategische 2-Personen-Nullsummenspiele mit perfekter Information**

Bsp.: Schach, Dame, Reversi, Go und viele andere Brettspiele

Lässt man die Eigenschaft „Nullsumme“ weg und betrachtet stattdessen denjenigen Spieler als Sieger, der den letzten Zug machen kann (letztes Streichholz, Schachmatt erzielen etc.), dann wird die Spielklasse auch „**kombinatorische Spiele**“ genannt.

N. Wiener zur Theorie der n-Personen-Spiele

[in „Kybernetik“, 1948]



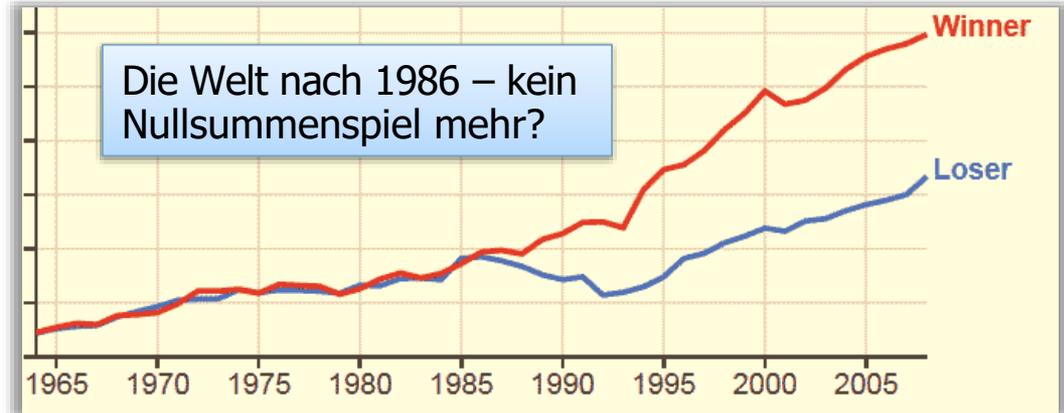
„Diese Theorie ist auf die Annahme gegründet, dass jeder Spieler in jedem Stadium im Hinblick auf die ihm jeweils verfügbare Information gemäss einer völlig vernünftigen Strategie spielt, die ihm letztlich die grösstmögliche Hoffnung auf Gewinn gewährleistet. Es ist das Marktspiel, wie es zwischen vollkommen intelligenten, vollkommen skrupellosen Teilnehmern gespielt wird. Schon bei zwei Spielern ist die Theorie kompliziert, obgleich sie oft zur Entscheidung über einen bestimmten Verlauf des Spieles führt. In vielen Fällen jedoch, in denen es drei Spieler gibt, und in der überwältigenden Mehrzahl von Fällen, bei denen die Spieleranzahl gross ist,

ist das Resultat von extremer Unbestimmtheit und Instabilität. Die einzelnen Spieler werden durch ihre Habgier gezwungen, Bündnisse zu schliessen; aber diese Bündnisse festigen sich im allgemeinen nicht in eindeutiger, endgültiger Weise, und gewöhnlich laufen sie auf ein Gewirr von Verrat, Abtrünnigkeit und Betrug hinaus, das nur allzu sehr ein Bild des höheren Geschäftslebens oder des engverwandten Lebens der Politik, der Diplomatie und des Krieges ist. Auf die Dauer muss sogar der glänzendste und gewissenloseste Händler mit dem Ruin rechnen; aber wenn auch die Geschäftemacher des Spiels müde werden und bereit sein sollten, in Frieden miteinander zu leben – die grossen Gewinne bleiben demjenigen vorbehalten, der die günstigste Zeit abwartet, seine Übereinkommen zu brechen und seine Geschäftsfreunde zu betrügen. Es gibt keine wie auch immer geartete Homöostase. Wir sind in die Wirtschaftszyklen des Aufschwungs und Niedergangs

N. Wiener zur Theorie der n-Personen-Spiele (2)

verwickelt, in das Aufeinanderfolgen von Diktatur und Revolution, in die Kriege, die jeder verliert, die ein so charakteristisches Merkmal unserer Zeit sind.

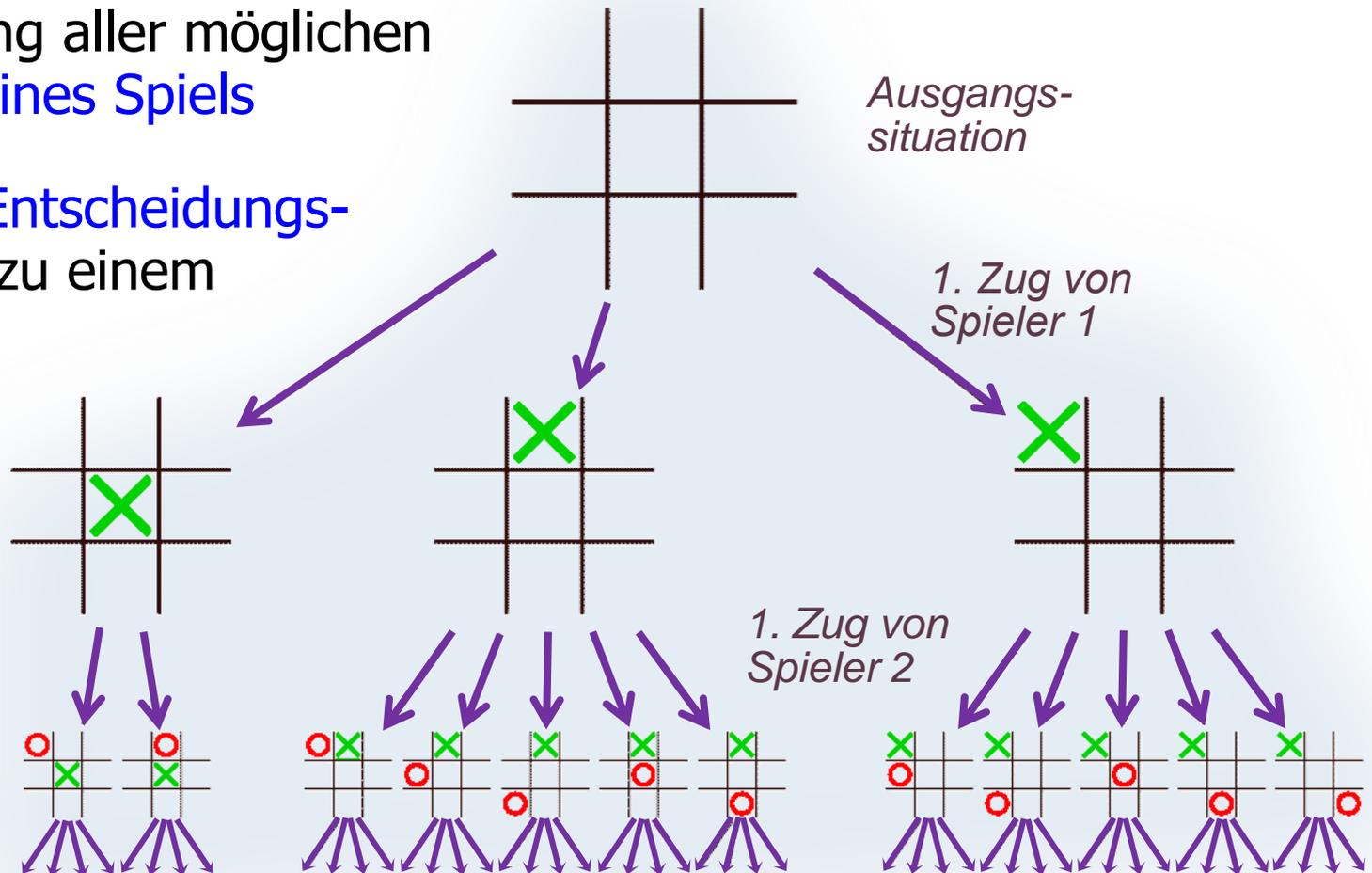
Natürlich ist das von-Neumannsche Bild eines Spielers als einer vollkommen intelligenten, vollkommen skrupellosen Person eine Abstraktion und eine Verdrehung der Tatsachen. Man wird selten eine grosse Zahl durch und durch kluger und skrupelloser Personen bei einem gemeinsamen Spiel antreffen. Wo sich die Gauner versammeln, wird es immer Narren geben, und wo es genügend Narren gibt, bieten sie einen gewinnbringenden Ausbeutungsgegenstand für die Gauner. Die Psychologie des Narren ist ein Gegenstand geworden, der ernster Beachtung von Seiten der Gauner wert ist. Anstatt nach der Art des von-Neumannschen Spielers letztlich auf sein eigenes Interesse zu sehen, handelt der Narr in einer Weise, die im grossen Ganzen ebenso vorausbestimmbar ist wie die Anstrengungen einer Ratte in einem Labyrinth. *Diese* Strategie der Lügen – oder besser der Behauptungen, die sich nicht mit der Wahrheit decken – wird ihn veranlassen, eine besondere Zigarettenmarke zu kaufen, *jene* Strategie wird, so hofft die Partei, ihn veranlassen, für einen speziellen Kandidaten zu stimmen – für irgendeinen Kandidaten – oder sich einer politischen Hexenjagd anzuschliessen.“



Spielbäume

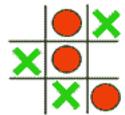
- Darstellung aller möglichen **Abläufe eines Spiels**
- Knoten: **Entscheidungssituation** zu einem Spielzug

Die ersten beiden „Halbzüge“ im Tic-Tac-Toe-Spiel (unter Weglassung dreh- und spiegel-symmetrischer Situationen)

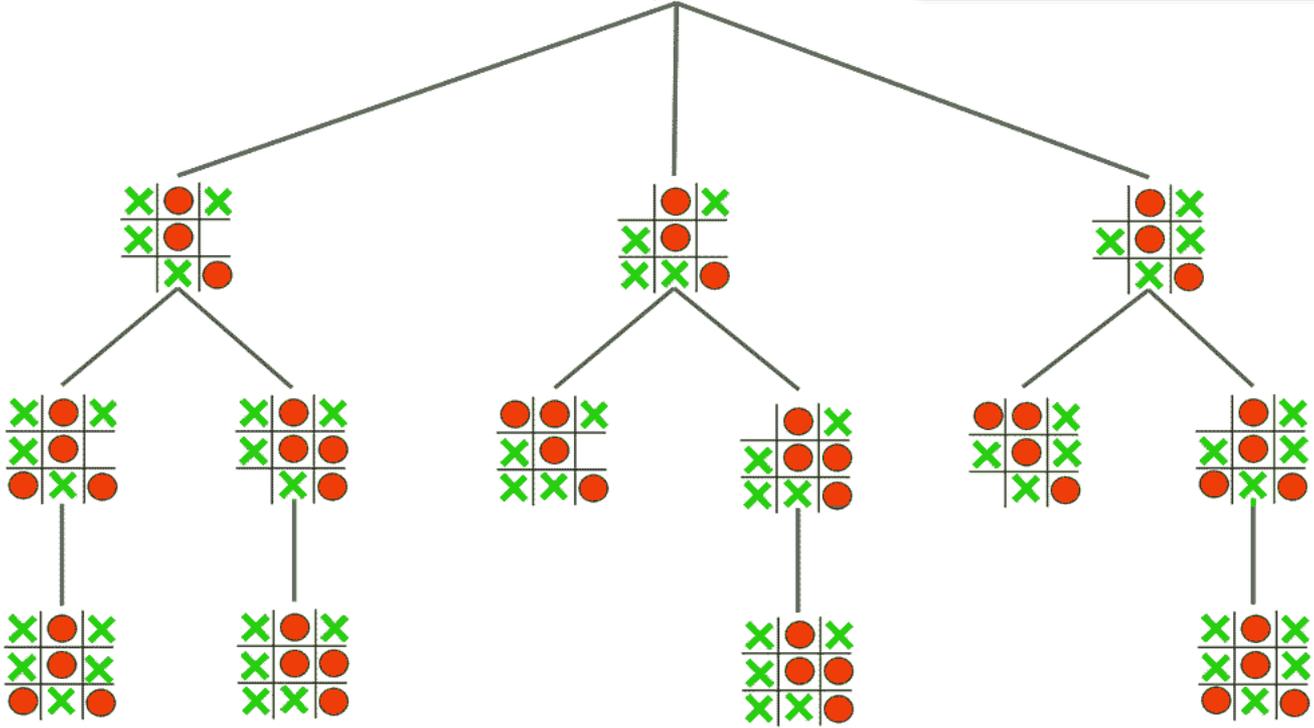


Der vollständige **Tic-Tac-Toe-Baum** hat **255 168 Blätter** (darunter stellen 51.4% eine Gewinnsituationen für X dar und 18.1% sind unentschieden)

Beispiel: Endphase eines Tic-Tac-Toe-Spiels



Hier sei nun **x** am Zug – welchen der drei möglichen Züge soll **x** wählen?

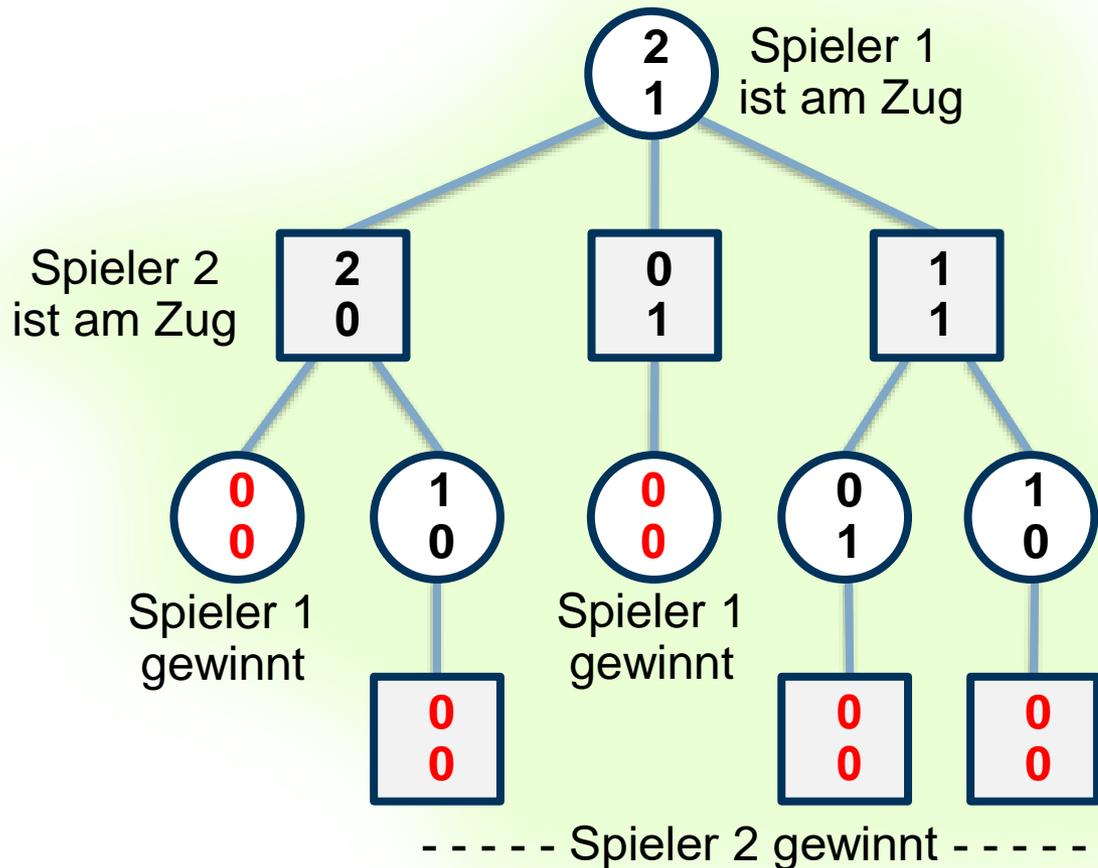


Hier ist **●** am Zug

Hier wieder **x** –
sofern noch ein
Zug möglich ist!

Wer gewinnt unter welchen Bedingungen?

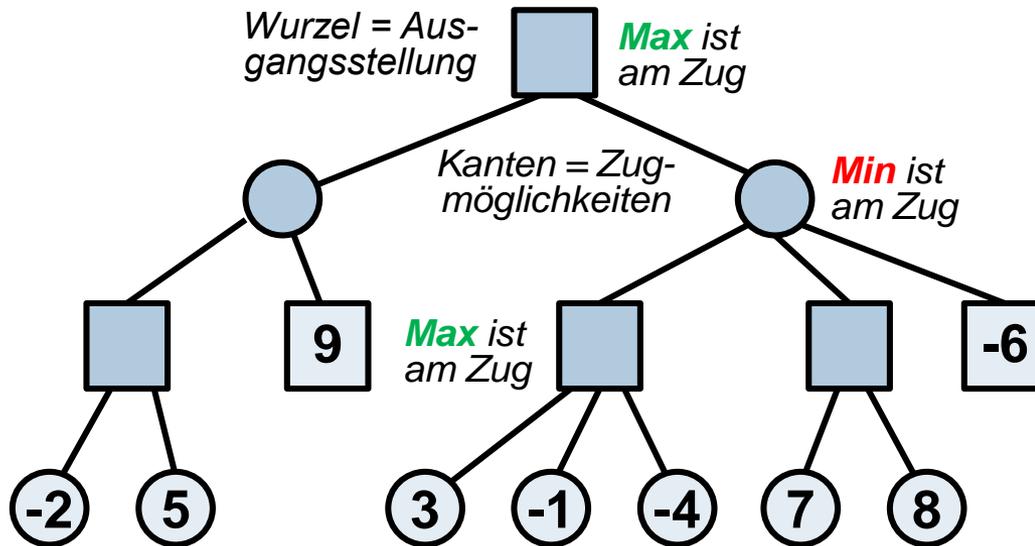
Beispiel: Endphase eines NIM-Spiels



Kann Spieler 1 den Sieg erzwingen?

Gegeben sind **mehrere Reihen von Streichhölzern**. Zwei Spieler entfernen abwechselnd jeweils 1, 2 oder 3 Streichhölzer aus einer Reihe. Wer das letzte entfernt, hat verloren. (Zugzwang!)

Spielbäume – Max gegen Min



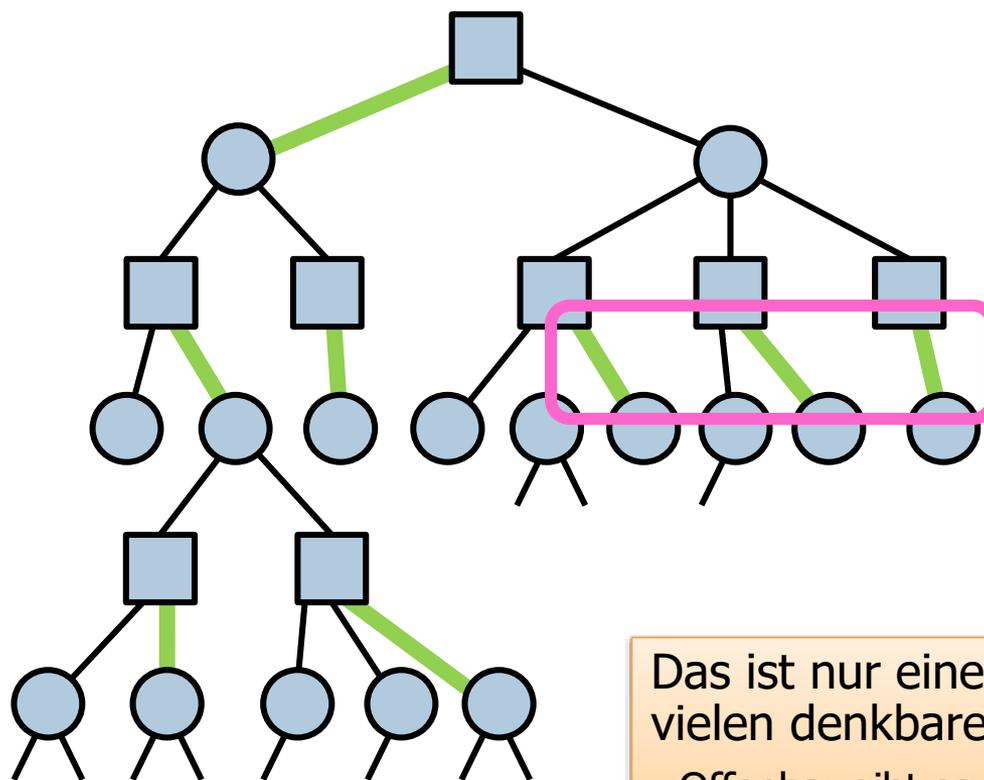
Echte Spielbäume sind **sehr gross** (Damespiel ca. 10^{78} Knoten, Schach ca. 10^{120} , Go ca. 10^{761}), daher vollständige Enumeration aller Zustände und Spielabläufe i.A. unmöglich.

„To completely search either of these games, we would first need to develop interstellar travel, as by the time we finish analyzing a move the sun will have gone nova and the earth will no longer exist.“ -- Yosen

- Ein Spiel ist vollständig durch den Baum beschrieben!
 - Abstrahiert von Spielregeln, vom ästhetischen Reiz des Spiels,...
 - In **verschiedenen Knoten** kann die **gleiche Spielsituation** auftreten
 - Jedem **Ast** entspricht ein möglicher **Spielverlauf** ←

Visualisierung einer Strategie σ für Max

Strategie = vollständiger Verhaltensplan: Handlungsvorschrift (d.h. Zug) für jede Situation, in die der Spieler kommen könnte



Strategie (für Max) dargestellt als Graph, der aus dem Spielbaum entsteht, indem man alle Kanten streicht und nur für jeden Max-Knoten eine einzige ausgehende Kante übrig lässt

Solche in der Strategie gar nicht erreichbare Kanten könnte man auch weglassen – sie beugen theoretisch zwar allen Eventualitäten vor, sind praktisch aber nutzlos

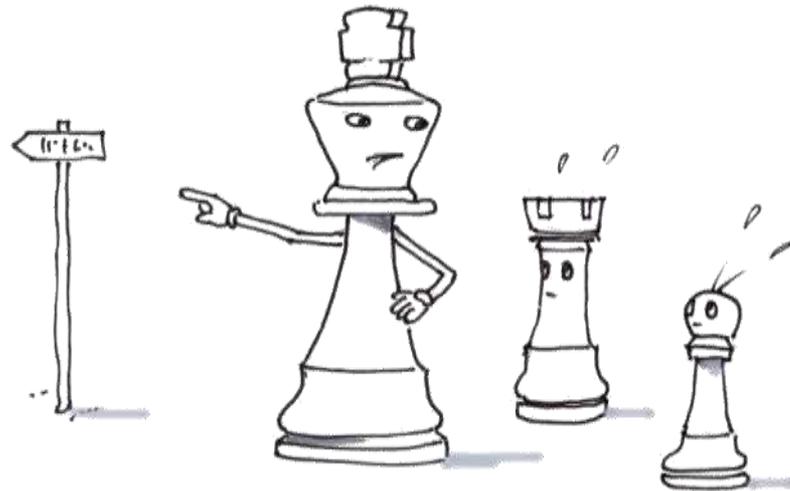
Das ist nur eine einzige von vielen denkbaren Strategien

- Offenbar gibt es **sehr viele Strategien**
- **Welche** Strategie wählt man?

Explizite vs. implizite Strategie

Strategie = vollständiger Verhaltensplan: Handlungsvorschrift (d.h. Zug) für jede Situation, in die der Spieler kommen könnte

- Diese **explizite Form** ist in der Praxis aber meist zu gross, um im Voraus berechnet zu werden
- Daher oft im Sinne einer **Verhaltensstrategie** nur **implizite** Angabe in Form von kompakten heuristischen Regeln (z.B.: falls zwei Steine in einer Reihe stehen, dann...“)
- Statt in einer Situation einen bestimmten Zug zu empfehlen („reine“ Strategie), könnte man auch eine bei der Zugwahl zu beachtende Wahrscheinlichkeitsverteilung über alle hier möglichen Züge angeben („**gemischte**“ Strategie)



Wie viele Strategien hat eigentlich ein Schachcomputer? Vielleicht nur eine einzige? Oder eine pro einstellbarer Spielstärke? Oder würfelt er heimlich?

Auszahlungsmatrix

- Für die Strategiemengen Σ und Σ' lässt sich eine $n \times m$ -Matrix A (die „Auszahlungsmatrix“) postulieren, die an der Stelle $A[\sigma, \sigma']$ den Gewinn (für Max) bzgl. des Strategiepaars (σ, σ') nennt

	Σ (Max)				
	σ_1	σ_2	σ_n	
Σ' (Min)	σ'_1	Werte der Auszahlungsfunktion $A[\sigma, \sigma']$			
	σ'_2				
	\vdots				
	\vdots				
	σ'_m				

- Formal ist ein Spiel dann sogar alleine durch das Tripel (Σ, Σ', A) definiert, die sogen. **Normalform** eines Spiels
 - Im Unterschied zur **Baumdarstellung**, wo ein Spiel als Folge von Entscheidungen der Spieler modelliert wird, werden hier alle Entscheidungen als „gleichzeitig stattfindend“ angesehen
 - In einer anderen Interpretation hiervon werden die beiden Strategien *unabhängig* voneinander vor dem eigentlichen Spiel gewählt

Beispiel: Das Spiel „Schere, Stein, Papier“

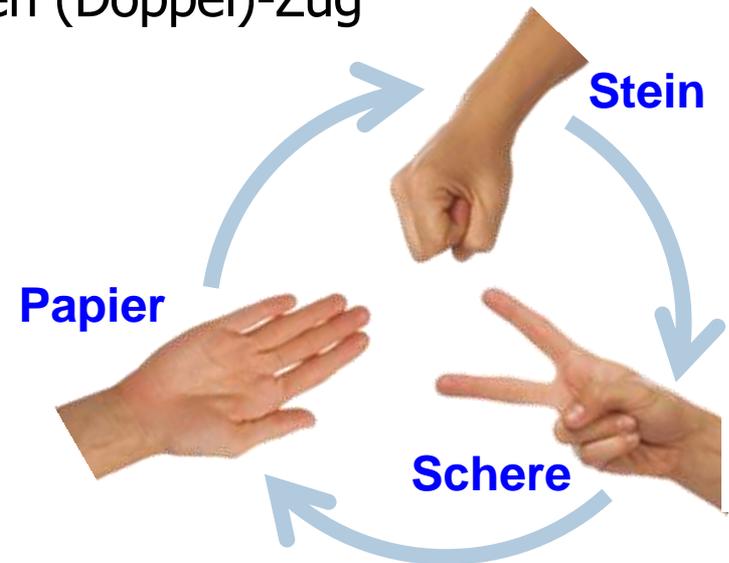
- Zwei Spieler formen **gleichzeitig** (d.h. ohne Kenntnis der Entscheidung des Gegners) mit einer Hand ein **Symbol**
 - Ein Spiel besteht nur aus einem einzigen (Doppel)-Zug
- **Gewinnregel:**
 - Stein schlägt Schere (macht sie stumpf)
 - Schere schlägt Papier (schneidet es)
 - Papier schlägt Stein (wickelt ihn ein)
- **Auszahlungsmatrix:**

Strategie	Schere	Stein	Papier
Schere	0	1	-1
Stein	-1	0	1
Papier	1	-1	0

↑
Min

(Werte bzgl. „Max“, der die Spalte wählt)

← **Max**



Jeder Spieler kann zwischen drei **Strategien** Schere, Stein, Papier (für seinen einzigen Zug!) wählen

Gibt es eine „beste“ Strategie?

„Schnick, Schnack, Schnuck“

- Ist das etwa doch ein Glücksspiel??
- Ist es fair?

http://cs614630.vk.me/v614630723/24d41/y9BfB_kTFIM.jpg



Wer darf / muss den Freistoss schießen?

„...hatten sie mit ‚Schnick Schnack Schnuck‘ ausgeknobelt, wer den nächsten Freistoss schießen darf. Für viele Fachleute ein Zeichen von unnötiger Arroganz und Respektlosigkeit gegenüber dem Gegner. [...], Ich finde, dass so etwas nicht in den Fussball-sport gehört. Das ist despektierlich dem Gegner gegenüber, sagte Mario Basler, selbst früherer Profi beim FC Bayern, in der Sportsendung ‚Doppel-pass‘ am Sonntag.“

„Marco hatte Stein, ich leider Schere – damit kann man nicht gegen Stein gewinnen.“

Testspiel



	Schere	Stein	Papier
Schere	0	1	-1
Stein	-1	0	1
Papier	1	-1	0

Superspiel aus Spielfolgen

- „Superspiel“: n-malige Wiederholung des einfachen Spiels
- Denkübung: Wie sieht dann bei unserem Knobelspiel „Schere, Stein, Papier“ eine Strategie aus?
 - Ist diese einfach eine Folge von Symbolen „Schere“, „Stein“, „Papier“ der Länge n?
 - Gibt es gute und weniger gute Strategien?
 - Immer etwas mit Wahrscheinlichkeit $1/3$ zufällig wählen? (Aber gegen einen „konstanten“ Spieler sieht man dann nicht so gut aus, oder?)



Beste Strategie?

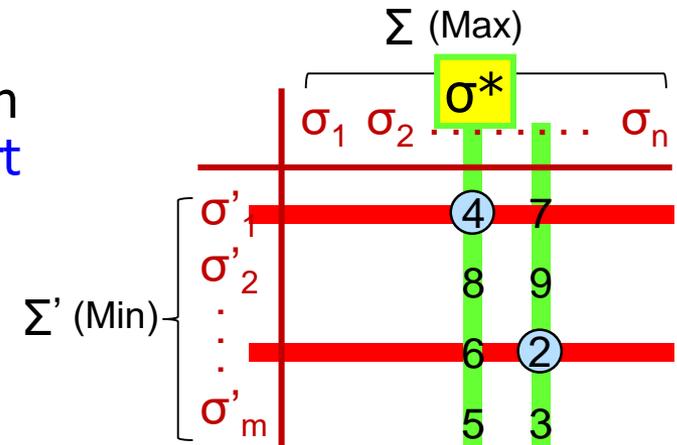
- Zurück zu den „endlichen rein strategischen 2-Personen-Nullsummenspielen mit perfekter Information“:
- Annahme: **Gegner spielt optimal**
 - Nutzt jeden Fehler schonungslos aus
 - Lässt sich nicht bluffen
 - Weiss bestens Bescheid
- Was ist dann die **beste eigene „Strategie“**?
 - → Möglichst vorsichtig und **risikolos** spielen!

Ist in der Praxis vielleicht eine übertrieben pessimistische Annahme!



Maximierung des Minimalgewinns

- Betrachte alle Strategiepaare (σ, σ') :
 - Für festes σ von Max würde der Gegner Min ein solches σ' wählen, das $A[\sigma, \sigma']$ minimiert
 - Diesen von Min (potentiell) minimierten Gewinnwerten sollte Max diejenige eigene Strategie σ^* entgegensetzen, die bezüglich der Auszahlungsmatrix den dann noch höchst möglichen Gewinn bringt



- Der garantierte Mindestgewinn ist also $G = \max_i \min_j A[\sigma_i, \sigma'_j]$ für Max; hierzu gehört seine Strategie σ^*
- Entsprechend ermittelt Min für sich einen garantierten Mindestgewinn $G' = \min_j \max_i A[\sigma_i, \sigma'_j]$ bei σ'^*
 - Wie hängen G und G' zusammen?
- Wenn sowohl Max als auch Min ihren jew. Mindestgewinn garantiert haben wollen, wird sicherlich (σ^*, σ'^*) gespielt

Wer denkt hier nicht an zwei verschachtelte for-Schleifen?!



Optimale Strategien

- Satz (o. Bew.): *Für endliche rein strategische 2-Personen Nullsummenspiele mit perfekter Information gilt $G = G'$*

In von Neumanns Artikel: $\text{Max}_{\xi} \text{Min}_{\eta} h(\xi, \eta) \equiv \text{Min}_{\eta} \text{Max}_{\xi} h(\xi, \eta)$

- Die zugehörigen Strategien σ^* bzw. σ'^* heissen **optimale Strategien** (für Max bzw. Min)
- Das Paar (σ^*, σ'^*) bildet einen **Gleichgewichtspunkt**:
 - Es gilt: $A[\sigma^*, \sigma'^*] \geq A[\sigma, \sigma'^*]$ für alle σ von Max
 - D.h.: wenn Min seine optimale Strategie σ'^* anwendet, kann Max nichts sinnvollereres tun, als ebenfalls seine optimale Strategie σ^* anzuwenden – entsprechendes gilt auch umgekehrt

Eine Situation, bei der sich kein Spieler verbessern kann, indem (nur) er von der Strategiekombination abweicht, heisst auch **Nash-Gleichgewicht**. Interessant und nicht-trivial wird dies, wenn man generellere Spielklassen als hier betrachtet. (Theorie 1950 von John Nash, der 1994 den Wirtschaftsnobelpreis erhielt, 2015 auch den Abel-Preis; der Film „A Beautiful Mind“ von 2001 skizziert seine Lebensgeschichte)

A Beautiful Mind: Rennen um die Schönste

„In der lustigen Studentenrunde befindet sich der brillante junge Mathematiker John Forbes Nash. Er analysiert die Lage und schlägt seinen Freunden eine kluge Alternative zum Rennen um die Schönste vor. Wenn sich alle um den ersten Preis bemühen, kommt es lediglich zu einer Rauferei und alle verlieren. Schlimmer noch: Da niemand zweite Wahl sein möchte, verspielen die Männer auch ihre Chancen bei den anderen Frauen, und alle gehen solo nach Hause. Besser also, die Attraktivste von vornherein links liegen zu lassen und sich mit ihren Freundinnen zufrieden zu geben. --- Die Szene stammt aus dem Film ‚A Beautiful Mind‘ mit Russell Crowe als John Nash in der Hauptrolle. Sie ist Hollywoods Interpretation eines komplexen mathematischen Problems...“ [„Wie die Mathematik beim Flirten hilft“. Die [Weltwoche](#), 14.3.2002]

Die NZZ am Sonntag versteht mehr von Spieltheorie: „Leider stellt die vom Drehbuch vorgeschlagene Lösung kein Gleichgewicht im Sinne des echten Nash dar...“ ([NZZ](#) am Sonntag, 24.3.2002).

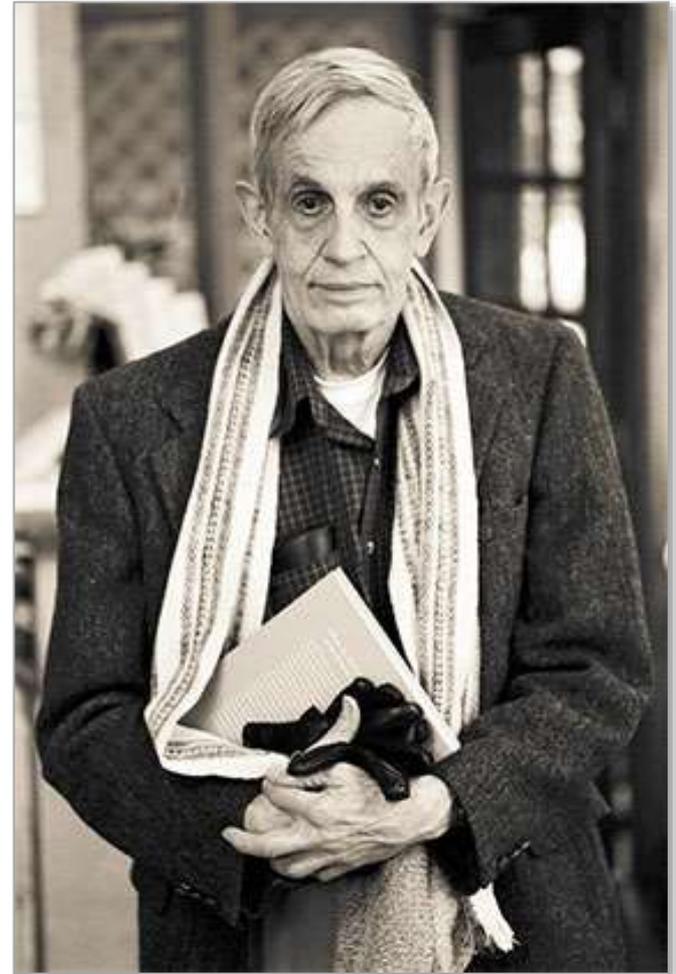
Filmausschnitt (obige Szene):
www.youtube.com/watch?v=frcjRXb5ZrI



Das Nash-Gleichgewicht

“The Nash equilibrium is without doubt the single game theoretic solution concept that is most frequently applied in economics. Economic applications include oligopoly, entry and exit, market equilibrium, search, location, bargaining, product quality, auctions, insurance, principal-agent problems, higher education, discrimination, public goods, what have you. On the political front, applications include voting, arms control and inspection, as well as most international political models (deterrence, etc.). Biological applications all deal with forms of strategic equilibrium; they suggest an interpretation of equilibrium quite different from the usual overt rationalism. We cannot even begin to survey all of this literature here.”

Aumann, R.J.: Game theory. In *The new Palgrave dictionary of economics*, ed. by M. Milgate and P. Newman, 460 - 482, 1987



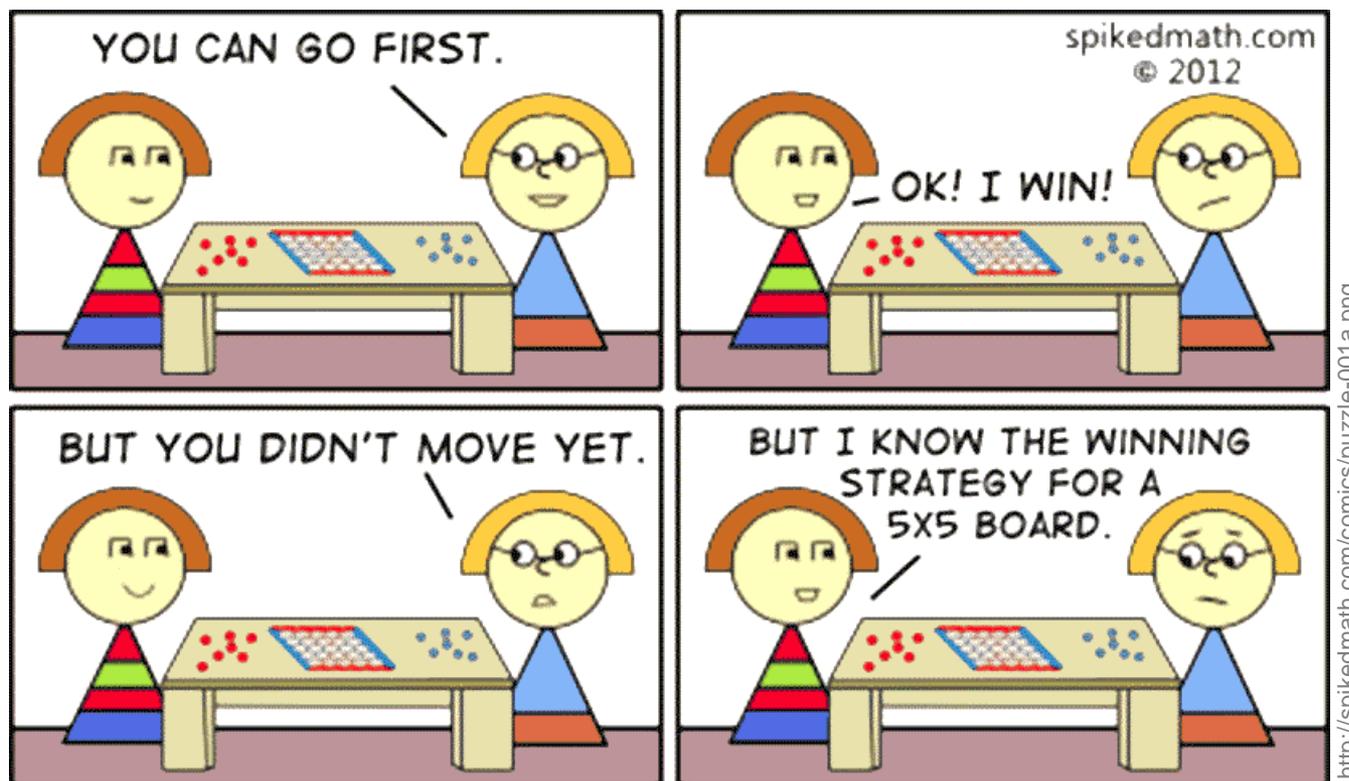
John Nash (1928 – 2015)

Vernünftig... aber langweilig!

- Optimale Strategien wirken **stabilisierend**: Für keinen Spieler besteht Veranlassung, davon abzuweichen
 - Risiko würde steigen; Mindestgarantie verschlechtert
 - Weicht der Gegner von seiner optimalen Strategie ab, ist dies zum eigenen Vorteil
 - In diesem Sinne („optimaler“ Gegner!) sind die Strategien σ^* und σ'^* **das Vernünftigste**, was die Spieler tun können
 - Wenn das Vernünftigste für Max ist, σ^* zu spielen, dann ahnt (weiss?) Min aber schon, dass Max Strategie σ^* wählen wird (und umgekehrt)!
-
- So gesehen ist Spielen „**langweilig**“ (risikolos!):
 - Für das Spiel (Σ, Σ', A) bestimme $(\sigma^*, \sigma'^*) \in \Sigma \times \Sigma'$ und streiche sodann den **Gewinn** $A[\sigma^*, \sigma'^*]$ ein...

Ich wäre vorsichtig damit, diese Gleichgewichtsstrategie als eine „optimale“ Strategie zu bezeichnen. Ob sie tatsächlich optimal ist, hängt davon ab, was der Gegenspieler macht. Ist er unglaublich intelligent und sind wir es auch, und wissen wir das auch beide, und wissen auch, dass wir das wissen usw., dann – ja dann kommen wir am Nash-Gleichgewicht kaum vorbei. Aber ist unser Gegner nicht so neunmalklug, oder wissen wir nicht, ob er es ist, oder wissen wir nicht, ob er weiß, dass wir es sind oder oder – dann kann eine Abweichung rational sein. -- Christian Rieck

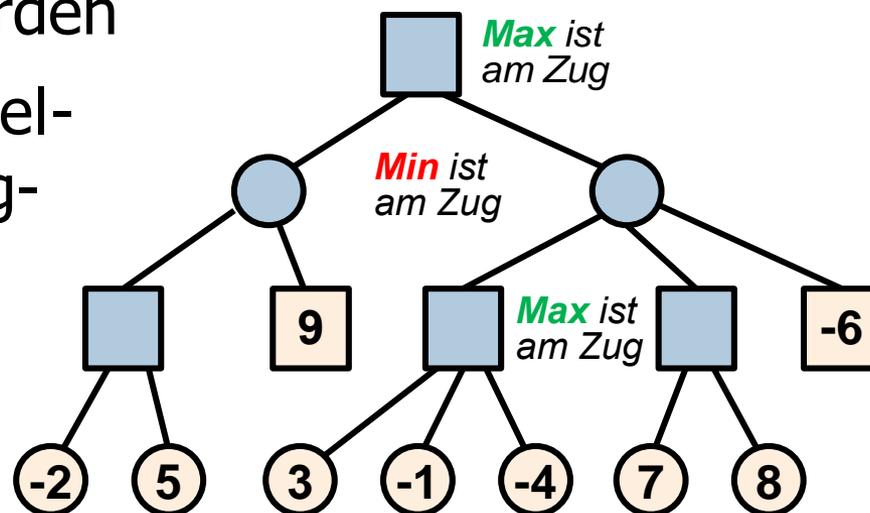
Vernünftig... aber langweilig!



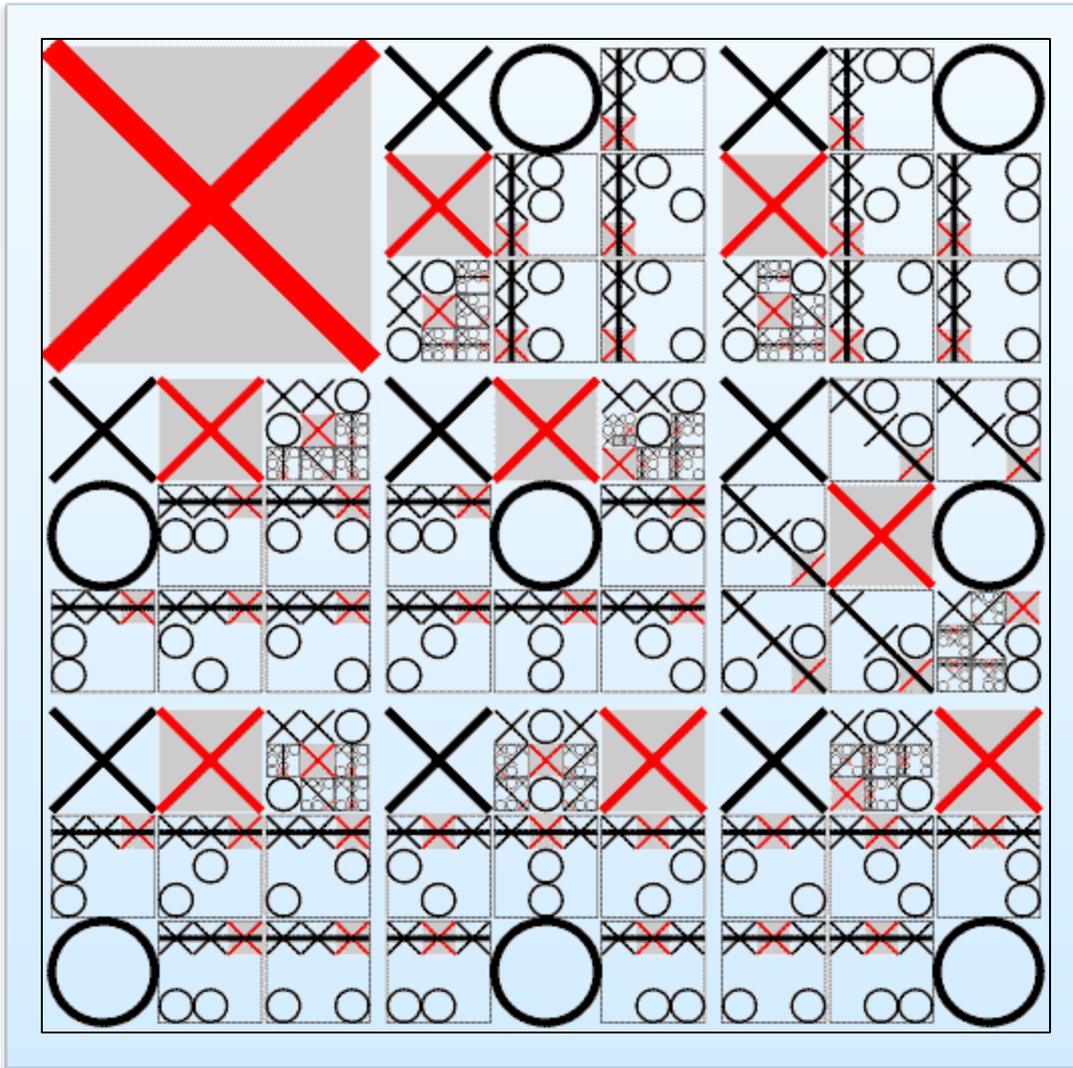
- So gesehen ist Spielen „**langweilig**“ (risikolos!):
 - Für das Spiel (Σ, Σ', A) bestimme $(\sigma^*, \sigma'^*) \in \Sigma \times \Sigma'$ und streiche sodann den Gewinn $A[\sigma^*, \sigma'^*]$ ein...

Spielstrategien und Auszahlungsmatrix – ein Übungsbeispiel

- Bei nicht-trivialen Spielen sind die jeweiligen Strategiemengen sehr gross und die Auszahlungsmatrix kann effektiv nicht berechnet werden
- Für den hier skizzierten Spielbaum ist das allerdings möglich – zur Übung gebe man alle Strategien für Max und Min an und stelle die Auszahlungsmatrix dazu auf
- Man ermittle auch die optimalen Strategien, den garantierten Mindestgewinn sowie die Gleichgewichtspunkte



Beispiel: Optimale Strategie für Tic-Tac-Toe



“Optimal strategy for player X. In each grid, the shaded red X denotes the optimal move, and the location of O's next move gives the next subgrid to examine. Note that only two sequences of moves by O (both starting with center, top-right, left-mid) lead to a draw, with the remaining sequences leading to wins from X.”

<http://en.wikipedia.org/wiki/Tic-tac-toe>



Gewinnstrategie

- Die **Blätter** des Spielbaums seien mit >0 („Max gewinnt“) bzw. <0 („Min gewinnt“) markiert; mit 0 bei unentschieden
- Eine Strategie heisst **Gewinnstrategie** (für Max), wenn damit auf jeden Fall ein Wert >0 erreichbar ist:

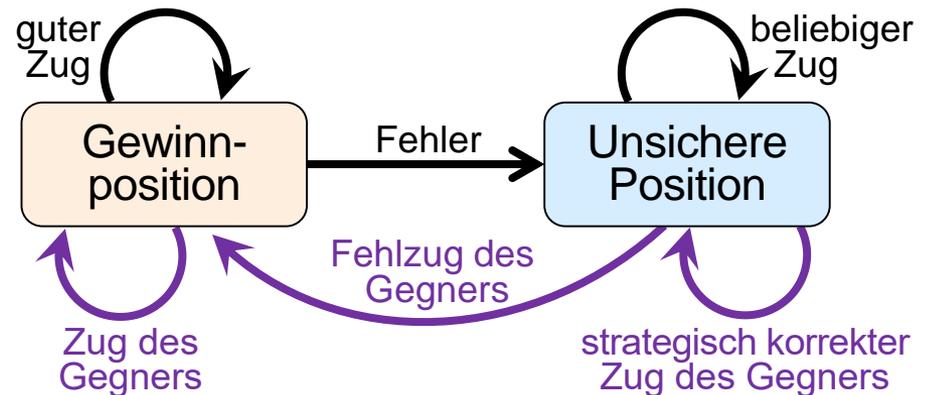
$$A[\sigma^*, \sigma'^*] \begin{cases} > 0 \rightarrow \sigma^* \text{ ist Gewinnstrategie für Max} \\ < 0 \rightarrow \sigma'^* \text{ ist Gewinnstrategie für Min} \\ = 0 \rightarrow \text{bei optimalem Spiel kann Unentschieden erzwungen werden} \end{cases}$$

Denkübung: Wenn es für Max keine Gewinnstrategie gibt, gibt es dann garantiert für Min eine Gewinnstrategie? Oder kann dann Min wenigstens ein Unentschieden „erzwingen“?

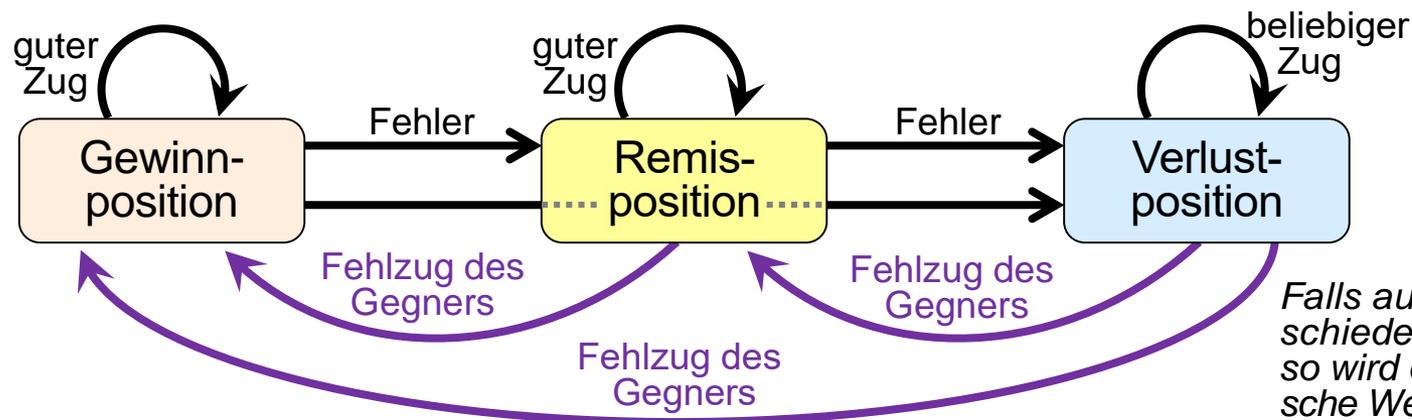
Gewinnposition

■ Gewinnposition:

- Der Gegner kann nur noch gewinnen, wenn man selbst einen Fehler macht (in eine „unsichere“ Position zieht)
- Aus einer eigenen Gewinnposition kann man nach einem beliebigen Gegenzug wieder eine Gewinnposition erreichen
- → Bonus-Slides: [Satz von Zermelo](#)



Ist eine unsichere Position eigentlich immer eine Gewinnposition des Gegners? Und was uns besonders interessiert: Zu welcher Kategorie gehört die Anfangsstellung?



Falls auch ein Unentschieden möglich ist, so wird es (auf kanonische Weise) komplexer

Minimax-Algorithmus

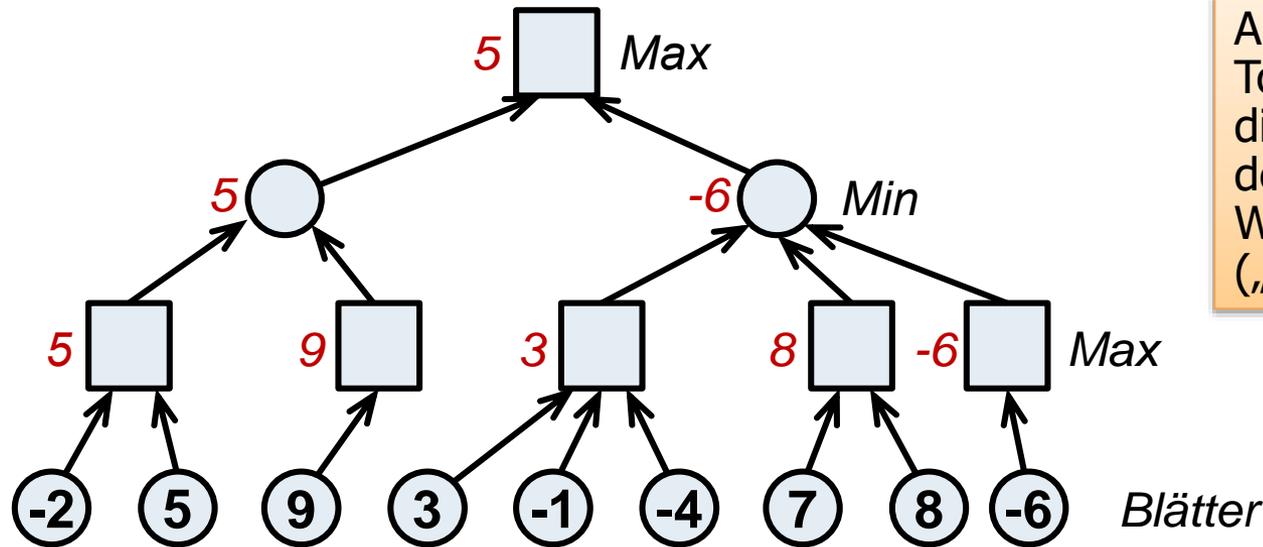
- Eine **optimale Strategie** kann viel effizienter als nach der Definition (= Enumeration aller Strategien) gefunden werden:
- Sei γ die Auszahlungsfunktion für Blätter eines Spielbaums; dann definiere den **Minimaxwert** $v(k)$ eines Knotens k so:

$$v(k) = \begin{cases} \gamma(k) & , \text{ falls } k \text{ ein Blatt ist} \\ \max\{v(n) \mid n \text{ ist direkter Nachfolger von } k\} & , \text{ falls } k \text{ innerer Max-Knoten ist} \\ \min\{v(n) \mid n \text{ ist direkter Nachfolger von } k\} & , \text{ falls } k \text{ innerer Min-Knoten ist} \end{cases}$$

- Diese rekursive Definition lässt sich direkt in einen entsprechenden **rekursiven Algorithmus** umsetzen 

Es wird von zwei Seiten am Werte ... hin und her gezerrt, nämlich durch S_1 , der ihn möglichst groß, und durch S_2 , der ihn möglichst klein machen will.
-- John von Neumann, 1928

Bottom-up-Minimax-Algorithmus



Alternativ zum rekursiven Top-down-Ansatz können die Werte auch direkt von den Blättern in Richtung Wurzel propagiert werden („bottom up“)

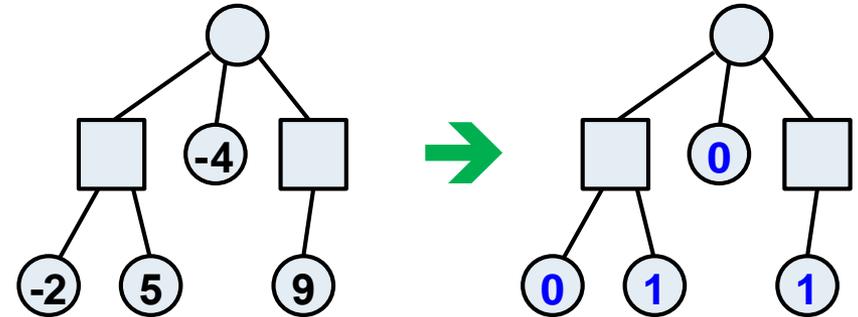
- Interpretation:
 - Die Wurzel erhält den Wert, den Max **mindestens** erreichen kann
 - Max wählt Alternative zum **grössten** direkten Nachfolger
 - Min wählt Alternative zum **kleinsten** direkten Nachfolger

Optimale Strategie

First compute out all continuations to the bitter end. See whether they win, lose, or draw; and then work backwards on the assumption that the opponent will always do what is best for him and you will do what is best for you. -- Allan Newell, 1955

Spielbäume mit binären Werten

- Verwende für die Zustände „gewonnen“ bzw. „verloren“ nur die zwei Werte **1** bzw. **0**
- Interpretation „**true**“ / „**false**“



min → 'und' ('&')

min	0	1
0	0	0
1	0	1



&	false	true
false	false	false
true	false	true

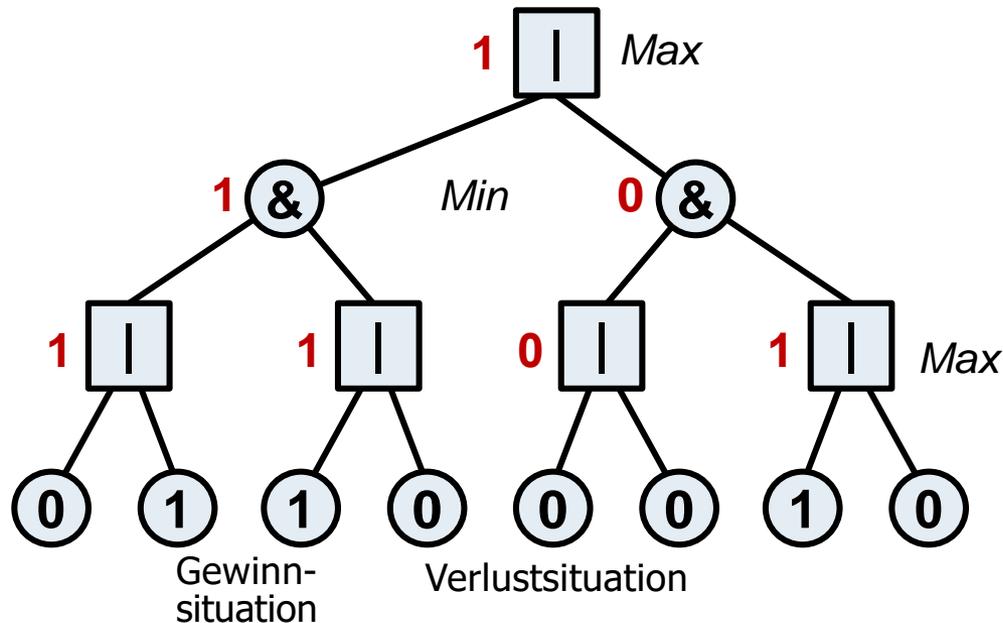
max → 'oder' ('|')

max	0	1
0	0	1
1	1	1



	false	true
false	false	true
true	true	true

Und-Oder-Baum



- Ermittlung der optimalen Strategie ist nun eine „normale“ **Rechenaufgabe!**

Anmerkung: Weiter oben wurden Operatorbäume als *Binärbäume* definiert; bei assoziativen binären Operatoren (wie z.B. „und“ bzw. „oder“) kann man das Konzept leicht auf mehrstellige Operatoren (und damit auf *Bäume mit mehr als zwei direkten Nachfolgern*) erweitern.

Spielbaum entspricht damit einem **Operatorbaum** (für boolesche Ausdrücke!)

$((0|1) \& (1|0)) | ((0|0) \& (1|0))$

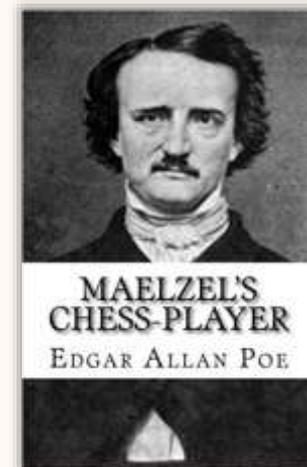
One long mathematical formula

Booleschen Ausdruck einfach **ausrechnen!**

Shannon was fascinated by chess' potential in the pursuit of what he called 'mechanized thinking.' Chess would be a central proving ground for this new type of intelligence. Theoretically, at least, *the game could be fully converted into one long mathematical formula.* -- David Shenk

Schach ist doch keine algebraischen Frage!

Dass man die optimale Strategie bzw. den in diesem Sinne besten nächsten Zug einfach formelmässig – und am besten mit Hilfe eines Rechenautomaten – ausrechnen kann, das war früher übrigens keineswegs klar. Edgar Allan Poe (1809 – 1849) verfasste 1836 ein schönes Essay *Maelzel's Chess Player*, in dem er, mit Bezug auf den Schachtürken des Baron von Kempelen, **Schachautomaten mit Rechenautomaten vergleicht** – gerade eben hatte seinerzeit nämlich Babbage ein erstes Element seiner difference engine fertiggestellt und befasste sich nun mit der Konzeption seiner viel weitergehenden analytical engine. Poe gerät über diese Maschinen zu Beginn seines Essays fast ins Schwärmen:



„[...] was soll man dann erst zu der **Rechenmaschine des Mr. Babbage** sagen? Was müssen wir von einer aus Holz und Metall gefertigten Maschinerie denken, die nicht nur astronomische und Schifffahrtstabellen bis zu jeder gegebenen Ausdehnung berechnen kann, sondern auch die Richtigkeit ihrer Rechnungen mathematisch gewiss macht, da sie obendrein die Kraft besitzt, ihre möglichen Irrtümer zu berichtigen? Was müssen wir von einer Maschine denken, die nicht allein dies alles leisten kann, sondern das Ergebnis ihrer Berechnungen ohne die mindeste Mithilfe des menschlichen Verstandes druckt?“

Anschliessend kommt er dann auf den seiner Meinung nach relevanten Wesensunterschied von **Algebra (determinierter Kalkül)** und **Schachspiel (undeterminiert, offen)** zu sprechen:

„Arithmetische und algebraische Berechnungen sind ihrem Wesen nach bestimmt. Wenn gewisse Daten gegeben werden, müssen gewisse Resultate notwendig und unausweichlich fol-

gen. Diese Resultate hängen von nichts ab und werden von nichts beeinflusst als von den ursprünglich gegebenen Daten, und die zu lösende Frage geht ihrer endlichen Entscheidung durch eine Aufeinanderfolge von Schritten zu, die keiner Modifikation unterliegen. Da dies der Fall ist, können wir uns ohne Schwierigkeit die Möglichkeit vorstellen, eine Mechanik zu verfertigen, die von den Daten der Frage ausgehend richtig und unausweichlich zu der Lösung fortschreitet, da dieses Fortschreiten, wie verwickelt es auch immer sein mag, doch nach ganz genau bestimmtem Plane vor sich geht. Bei dem Schachspieler liegt die Sache durchaus anders. Bei ihm ist der Fortschritt in keiner Weise bestimmt. Kein einziger Zug im Schachspiel folgt notwendig aus einem anderen. Wir können aus keiner Stellung der Figuren zu einem Zeitpunkt des Spiels ihre Stellung zu einem anderen voraussagen.

Sehen wir uns einmal den ersten Zug eines Schachspiels im Vergleich mit den Daten einer algebraischen Frage an, und ihr grosser Unterschied wird sofort zutage treten. Aus den letzteren folgt der zweite Schritt der Frage unausbleiblich. Er ist von den Daten bestimmt, er kann nur *so* und nicht anders erfolgen. Aber aus dem ersten Zuge eines Schachspielers folgt nicht mit Notwendigkeit ein bestimmter zweiter. In der Algebra ist die *Gewissheit* der einzelnen Schritte eine unerschütterliche, der zweite Schritt war die Folge der Daten, der dritte Schritt die notwendige Folge aus dem zweiten, der vierte aus dem dritten, der fünfte aus dem vierten und so weiter und *unmöglich anders* bis zu Ende. Dagegen stellt sich beim Schach die *Ungewissheit* jedes Folgezuges proportional zum Fortschreiten des Spiels dar. Wenn ein paar Züge gemacht worden sind, so ist *kein* weiterer Schritt mehr sicher. Verschiedene Zuschauer des Spieles würden verschiedene Züge anraten. Es hängt also alles vom veränderlichen Urteil der Spieler ab. Wenn wir nun auch annehmen (was *nicht* anzunehmen ist), dass die Züge des automatischen Schachspielers in sich selbst bestimmt wären, so würden sie doch durch den nicht zu bestimmenden Willen des Gegenspielers unterbrochen und in Unordnung gebracht werden. Es besteht also **keinerlei Analogie** zwischen den Operationen des **Schachspielers** und denen der **Rechenmaschine** des Herrn Babbage.“

Ist Intuition bei Schach und Mathematik nötig?

Mais, de tous ces chemins, quel est celui qui nous mènera le plus promptement au but? Qui nous dira lequel il faut choisir? Il nous faut une faculté qui nous fasse voir le but de loin, et, cette faculté, c'est l'intuition. Elle est nécessaire à l'explorateur pour choisir sa route, elle ne l'est pas moins à celui qui marche sur ses traces et qui veut savoir pourquoi il l'a choisie.

Si vous assistez à une partie d'échecs, il ne vous suffira pas, pour comprendre la partie, de savoir les règles de la marche des pièces. Cela vous permettrait seulement de reconnaître que chaque coup a été joué conformément à ces règles et cet avantage aurait vraiment bien peu de prix. C'est pourtant ce que ferait le lecteur d'un livre de Mathématiques, s'il n'était que logicien. Comprendre la partie, c'est tout autre chose; c'est savoir pourquoi le joueur avance telle pièce plutôt que telle autre qu'il aurait pu faire mouvoir sans violer les règles du jeu. C'est apercevoir la raison intime qui fait de cette série de coups successifs une sorte de tout organisé.



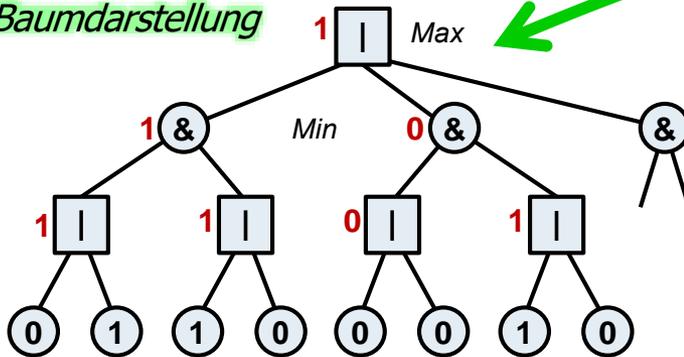
Henri Poincaré (1854 – 1912):
La valeur de la science, 1905

(Poincaré hing wohl als letzter der grossen Mathematiker der klassischen, fast romantischen Vorstellung an, Intuition sei in der Wissenschaft wichtiger als Genauigkeit und Formalismus.)

Geeigneten Spielzug „ausrechnen“?

An der „Arithmetisierung“ von Logik versuchte sich schon Leibniz; erst Boole schaffte den Durchbruch

Baumdarstellung



Wir wissen schon: Dies und dies sind nur unterschiedliche Repräsentationen des gleichen abstrakten „Dings“!

$((0|1) \& (1|0)) | ((0|0) \& (1|0)) | (... \& ...)$

Formeldarstellung

Im Prinzip könnten wir sogar einen Taschenrechner verwenden:

- Wir kodieren „true“ mit 1 und „false“ mit 0
- Für „&“ verwenden wir die Multiplikation „*“
- Die Negation $\neg a$ simulieren wir durch $1-a$
- Für die Disjunktion „|“: Anwendung des De Morganschen Gesetzes: $a|b = \neg(\neg a \& \neg b)$

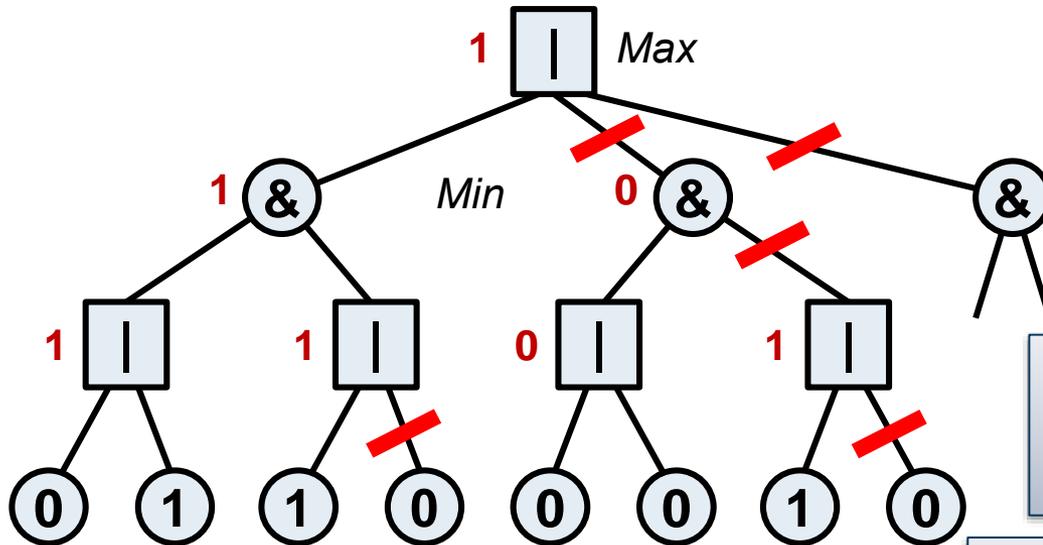
Naja – wieso eigentlich auf die „arithmetische Algebra“ ausweichen? Rechnen wir doch besser direkt in der booleschen Algebra!

- Für jeden der Unterbäume berechnen wir die zugehörige Formel; bei der ersten gefundenen 1 brechen wir ab und wählen diesen Zug
 - Führt in eine Gewinnposition

brechen wir ab

Shortcut-Auswertung von Und-Oder-Bäumen

- **Auswertung** des Baums **rekursiv** und von links nach rechts:
 - Dabei Java-**Shortcut-Operatoren** '&&' bzw. '||' (statt '&' bzw. '|') anwenden: diese werten nur so viele Operanden aus wie nötig ('&' bzw. '|' wertet dagegen alle aus)!
 - Führt zu **Schnitten**: Sobald ein |-Operator (Max-Knoten) den Wert '1' (bzw. 'true') von einem Nachfolger gemeldet bekommt, brauchen dessen restlichen *Geschwister nicht mehr ausgewertet* werden (analog für &-Operator)

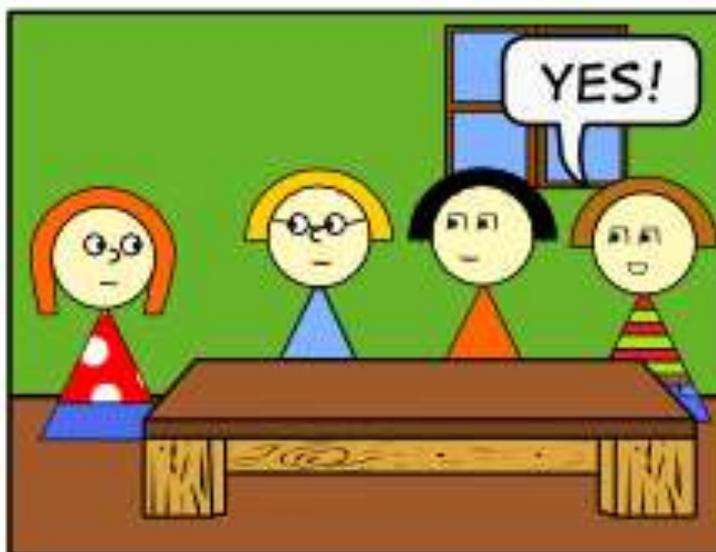
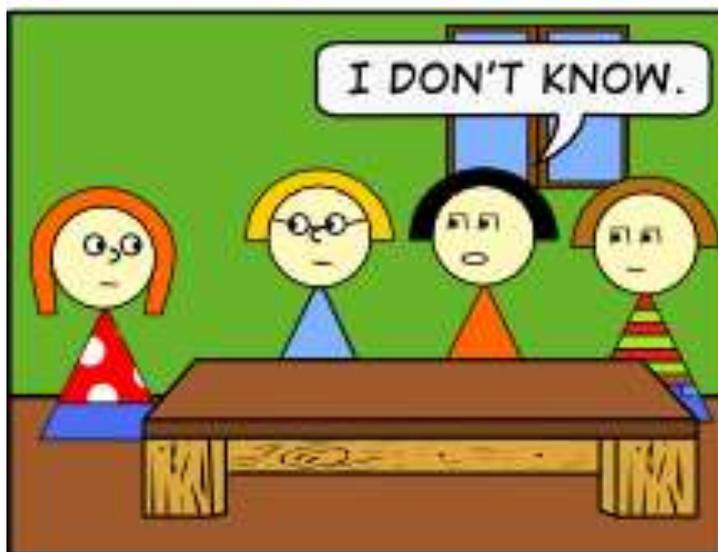
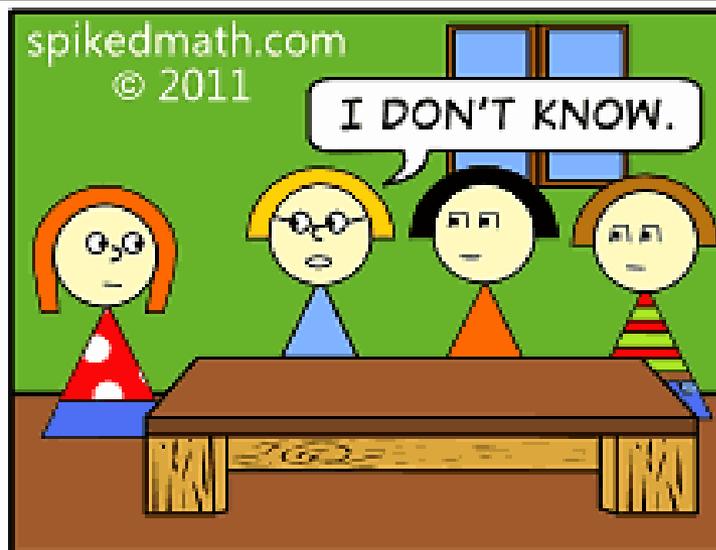


Man spart sich so die Evaluation ganzer Unterbäume!

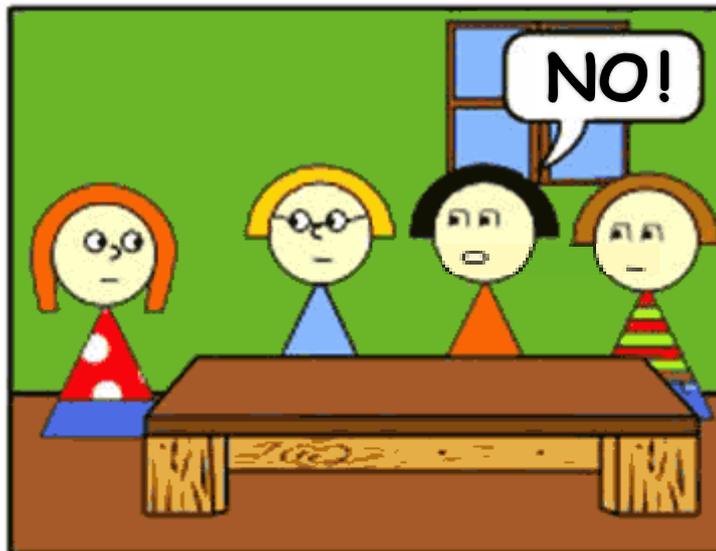
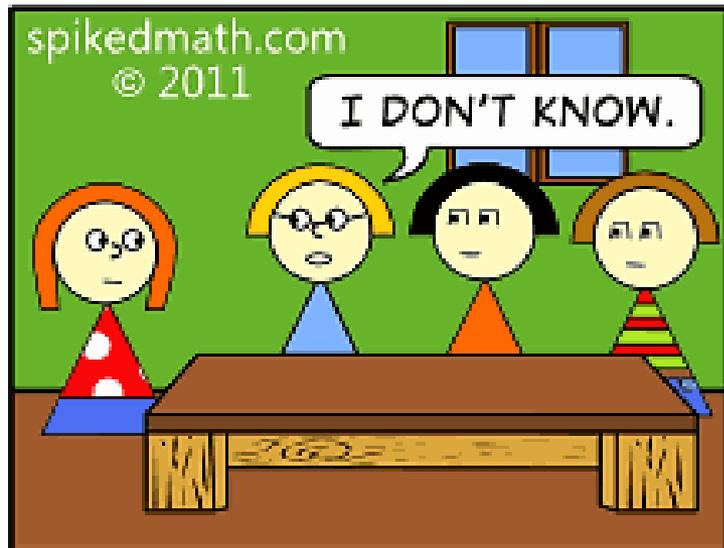
Denkübung: Wie müssen die direkten Nachfolger eines Knotens „sortiert“ sein, um möglichst viele Schnitte zu erzeugen? Und wie viele Blattauswertungen spart man so maximal?

Später lernen wir dann eine **Verallgemeinerung** der Shortcut-Auswertung kennen, den **α - β -Algorithmus**

THREE LOGICIANS WALK INTO A BAR...



THREE LOGICIANS WALK INTO A BAR...



(Shortcut)

The second logician says "No". The third one wants a beer. What does he say? "Yes", "No" or "I don't know?"

What if the third one said no?

Sure! Beer for everyone!

At least they weren't waiting for a fourth logician.

Funnily enough, they all struck me as looking female, and that was before I even read your comment. I think perhaps because they all look like they are wearing dresses (the triangular garment registers as a dress to me, and their hair and faces don't register as particularly male, so it defaults to female in my mind). Strange how differently our biases play out, isn't it?

Q: "Male or female"? A: "Yes".

Is the waitress part of the potentially beer-wanting group?

Only thing I don't like about it is how gendered it is. It reads to me like the only woman in there is the waitress and the logicians are all men. There are also no black people in this particular comic.

The 3rd is dressed differently to 1 & 2.

Strictly speaking, the first two could have answered "I don't know" because they hadn't made up their minds.

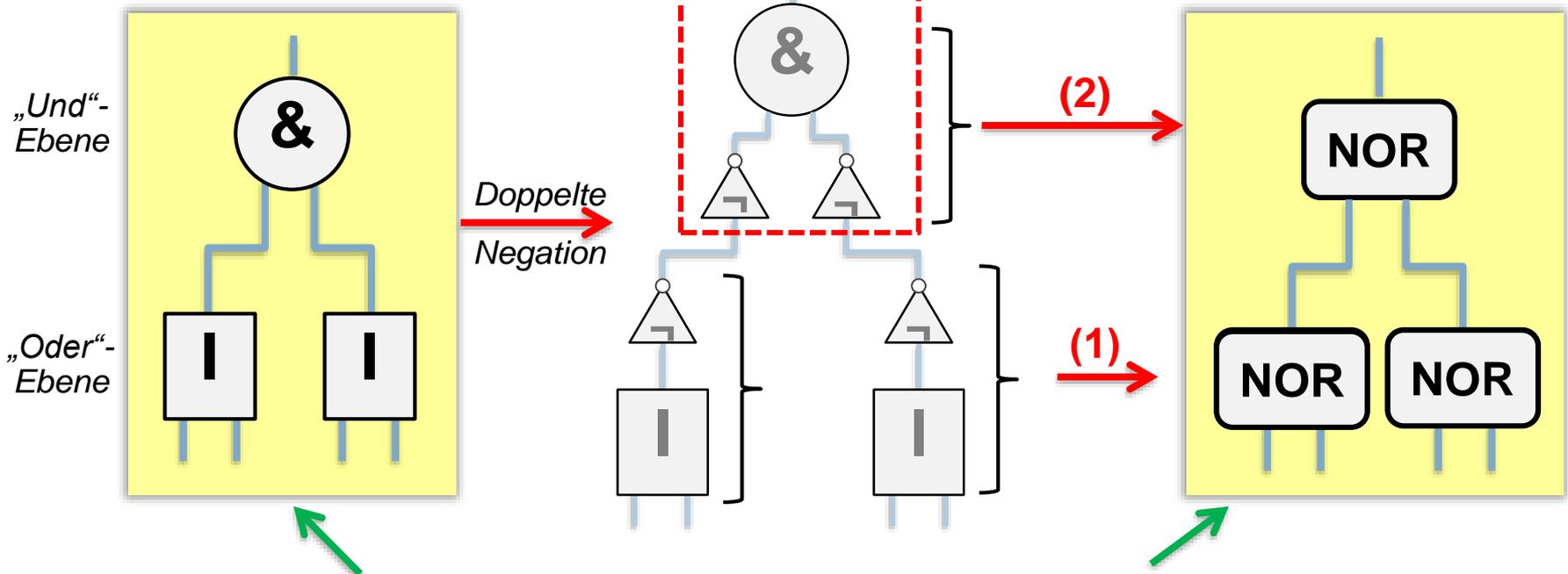
The third logician says "We'll have two beers." Who gets the beers?

NOR-Bäume

Das sieht wie ein **Schaltnetz** aus – tatsächlich repräsentieren diese ebenfalls Boolesche Ausdrücke bzw. entsprechende Operatorbäume

(1) Die boolesche Funktion **a NOR b** ist definiert als $\neg(a \mid b)$

(2) Nach De Morgan gilt: $\neg a \ \& \ \neg b \equiv \neg(a \mid b) \equiv a \text{ NOR } b$



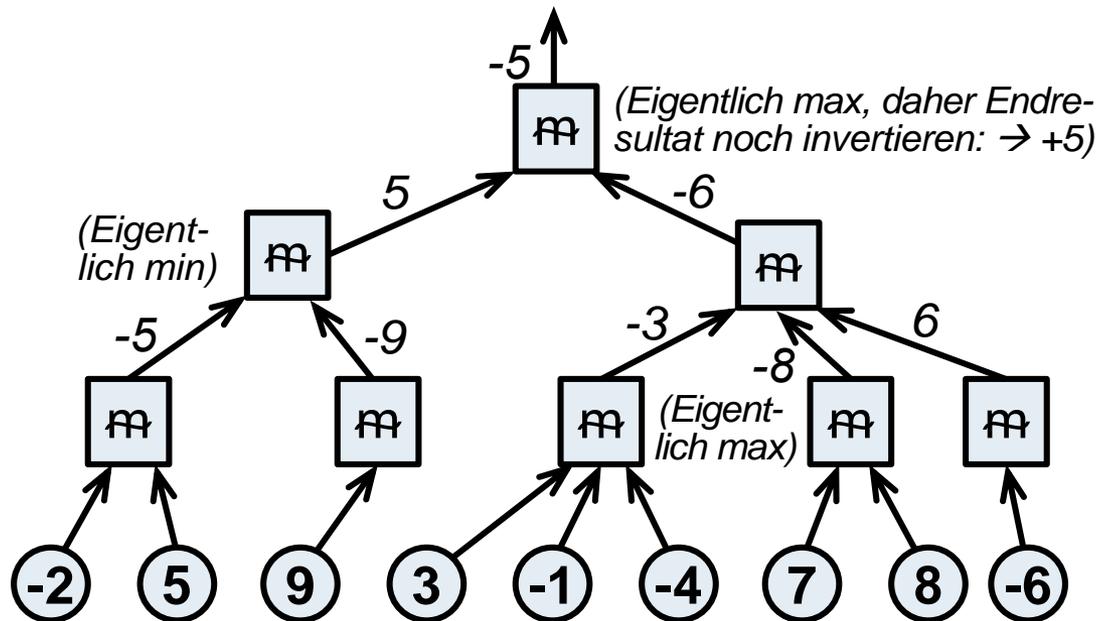
- **Und-Oder-Bäume** daher einheitlicher als **NOR-Bäume** darstellbar
 - Denn: $(p \mid q) \ \& \ (r \mid s) = \neg(\neg(p \mid q) \mid \neg(r \mid s)) = (p \text{ NOR } q) \text{ NOR } (r \text{ NOR } s)$
 - Analoges (De-Morgan-Regel arithmetisch verallgemeinert!) gilt generell für Spielbäume: $\min(-a, -b) = -\max(a, b)$; dies wird auch als „negamax“ bezeichnet

NOR-Bäume (2)

- Im Beispiel oben war die Und-, Oder- und die NOR-Funktion zweistellig, die resultierenden Bäume daher **Binärbäume**
 - Dies lässt sich leicht **verallgemeinern**:
 - Die mehrstellige NOR-Funktion ist als Negation einer mehrstelligen Oder-Verknüpfung definiert, also $\text{NOR}(x_1, \dots, x_n) = \neg(x_1 \mid \dots \mid x_n)$
 - Dabei ist NOR allerdings, im Unterschied zur Oder-Funktion, **nicht assoziativ**: Das mehrstellige NOR kann also nicht durch Hintereinanderausführen zweistelliger NOR-Verknüpfungen bzw. durch Hintereinanderschalten von NOR-Gattern mit zwei Eingängen dargestellt werden
 - Das **De Morgansche Gesetz** gilt auch in verallgemeinerter, mehrstelliger Form: $\neg x_1 \& \dots \& \neg x_n \equiv \neg(x_1 \mid \dots \mid x_n)$
- Auch Und-Oder-Bäume mit Knoten mit mehr als zwei direkten Nachfolgern sind daher als NOR-Bäume darstellbar

Negamax-Beispiel

- Def: $\text{negamax}(x_1, \dots, x_n) = -\max(x_1, \dots, x_n)$; Operationszeichen hier: \boxplus
- Ein einziger Operationstyp ist implementierungstechnisch oft bequem
 - Z.B.: $\min(\max(a,b), \max(c,d)) = -\max(-\max(a,b), -\max(c,d)) = \boxplus(\boxplus(a,b), \boxplus(c,d))$
- Vgl. Beispiel mit früherer Slide „Bottom-up-Minimax-Algorithmus“:



George Boole und seine Logik

- **George Boole** hatte 1847 die geniale Idee, dass sich die **Logik algebraisch berechnen** lässt, wenn man z.B. die Zahlen 0 und 1 als Wahrheitswerte verwendet. Seine Schlussfolgerung war, dass die Logik nicht zur Metaphysik, sondern zur Mathematik gehört:

- *I am then compelled to assert, that according to this view of the nature of Philosophy, Logic forms no part of it. On the principle of a true classification, we ought no longer to associate Logic and Metaphysics, but Logic and Mathematics.*

(Zitat aus seinem Buch "The Mathematical Analysis of Logic, Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning", Cambridge, 1847)

- Diese fundamentale Erkenntnis der Formalisierung und Operationalisierung der Aussagenlogik ermöglichte die spätere **Automation der Logik mit Maschinen** und in elektronischen Schaltkreisen



George Boole und seine Logik



Sidney Harris, 1999

*...he ([Boole](#)) shrouded the simplest logical processes in the mysterious operations of a mathematical calculus. The intricate trains of symbolic transformations, by which many of the examples in the *Laws of Thought* are solved, can be followed only by highly accomplished mathematical minds; and even a mathematician would fail to find any demonstrative force in a calculus which fearlessly employs unmeaning and incomprehensible symbols, and attributes a signification to them by a subsequent process of interpretation.*

-- William Stanley Jevons, 1870

In 1864 [Jevons](#) published a book on "Pure Logic", which was based on Boole's system of logic, but freed from what he considered the false mathematical dress of that system. In the years immediately following he devoted considerable attention to the construction of a logical machine, exhibited before the Royal Society in 1870, by means of which the conclusion derivable from any given set of premises could be mechanically obtained. [Theodore Hailperin]

George Boole (1815 – 1864)

- **George Boole**, autodidaktischer Mathematiker und Philosoph
 - 1849 Mathematikprofessor am Queens College in Cork (Irland)
 - 1857 Mitglied („Fellow“) der Royal Society
 - Tod 1864 mit 49 Jahren: Auf seinem Fussweg ging er zwei Meilen weit in strömendem Regen zur Universität, wo er anschliessend seine Vorlesung in durchnässten Kleidern hielt. Er erkältete sich und bekam hohes Fieber. Seine Frau war Anhängerin der damaligen Naturheilkunde, die „Gleiches mit Gleichem“ zu behandeln pflegte. Sie übergoss den erkrankten Gatten im Bett kübelweise mit kaltem Wasser. [Wikipedia]
 - George Booles Witwe Mary E. Boole merkte später an: “Some one wrote to my husband to say that, in reading an old treatise by **Leibniz** (who lived at the same time as Newton) he had come upon the same formula which the Cambridge people call ‘Boole’s Equation.’ My husband looked up Leibniz and found his equation there, and was perfectly delighted; he felt as if Leibniz had come and shaken hands with him across the centuries.” Vermutlich war es der Cambridger Mathematiker **Robert Leslie Ellis** (1817–1856), der Boole ein Jahr nach dessen Publikation von „Laws of Thought“ auf Leibniz hingewiesen hat. Ellis schrieb jedenfalls später: “Mr. Boole’s Laws of Thought contain the first development of ideas of which the germ is to be found in Bacon and Leibnitz; to the latter of whom the fundamental principle that in logic $a^2 = a$ was known.”

Boolesche Logik

LADY LOVELACE AND MR. BABBAGE WILL BE DOWN SHORTLY, WOULD YOU LIKE COFFEE, OR TEA?



YES.



YOU WANT COFFEE AND TEA?



NO.



SO YOU WANT COFFEE?



NO!



SO YOU WANT TEA!

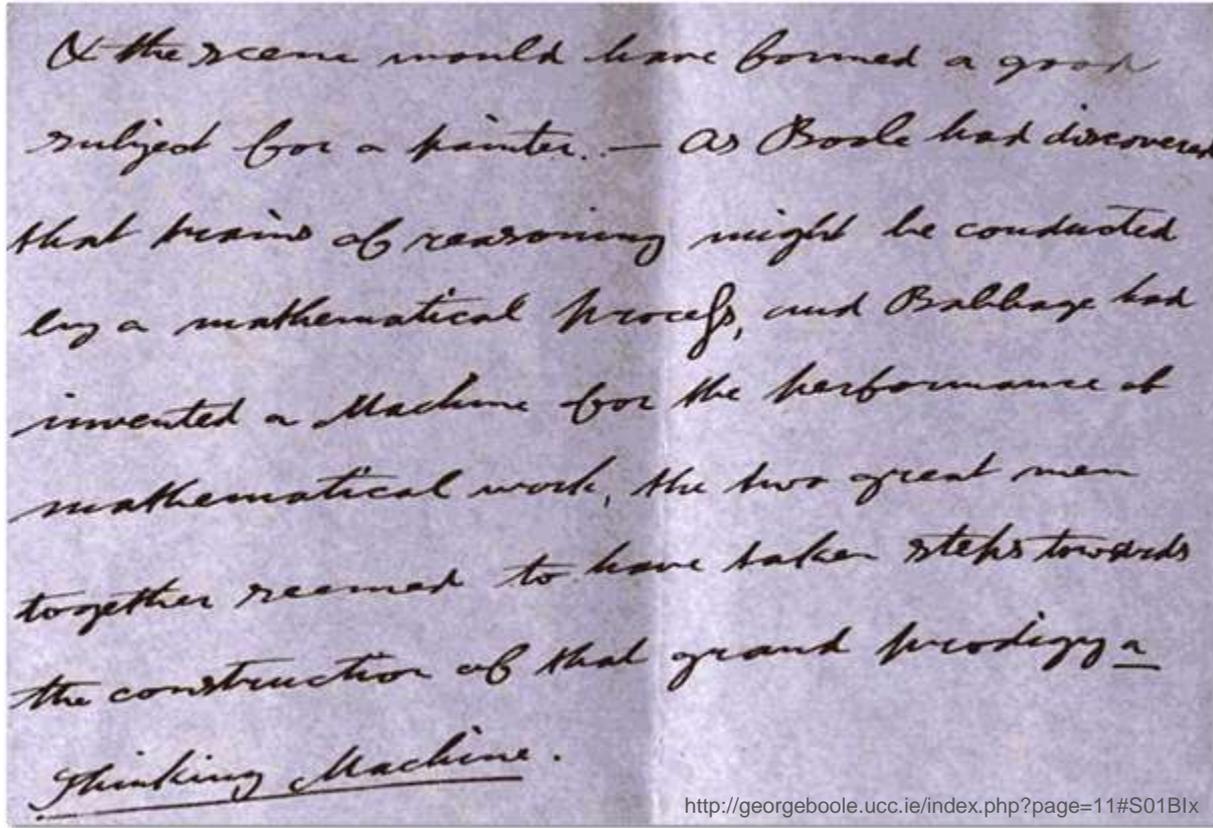


YES.



Boole, Babbage und die Denkmaschine

Nach Booles Tod schrieb sein langjähriger Freund Joseph Hill an dessen Schwester Maryann und erwähnt, dass die beiden sich 1851 auf der „Great Exhibition“ (Industrie- und Weltausstellung) in London getroffen hatten und an etwas Fantastisches dachten:



Of the scene would have formed a good subject for a painter. — As Boole had discovered that means of reasoning might be conducted by a mathematical process, and Babbage had invented a machine for the performance of mathematical work, the two great men together seemed to have taken steps towards the construction of that great prodigy, a Thinking Machine.

<http://georgeboole.ucc.ie/index.php?page=11#S01B1x>

[Mr. Babbage arrived and entered into a long conversation with Boole.] Oh, the scene would have formed a good subject for a painter. As Boole had discovered that means of reasoning might be conducted by a mathematical process, and Babbage had invented a machine for the performance of mathematical work, the two great men together seemed to have taken steps towards the construction of that great prodigy a Thinking Machine.

Von Boole zu Claude Shannon – Präludium des Digitalzeitalters

Boole had to die before his logic found a broader audience. -- Volker Peckhaus

Claude Shannon (1916 – 2001) attended a philosophy class at the University of Michigan which introduced him to **Boole's studies**. He recognized that Boole's work could form the basis of mechanisms and processes in the real world. In 1937 he went on to write a master's thesis at the MIT. He proved that **relays circuits could solve Boolean algebra problems**. Employing the properties of electrical switches to process logic is the **basic concept that underlies all modern electronic digital computers**.
[Wikipedia]

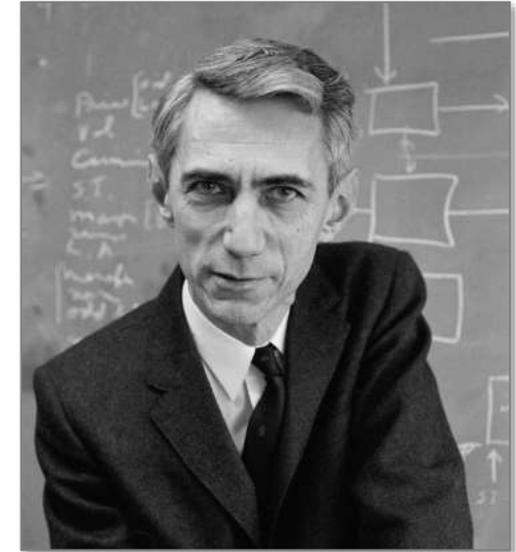


Table I. Analogue Between the Calculus of Propositions and the Symbolic Relay Analysis

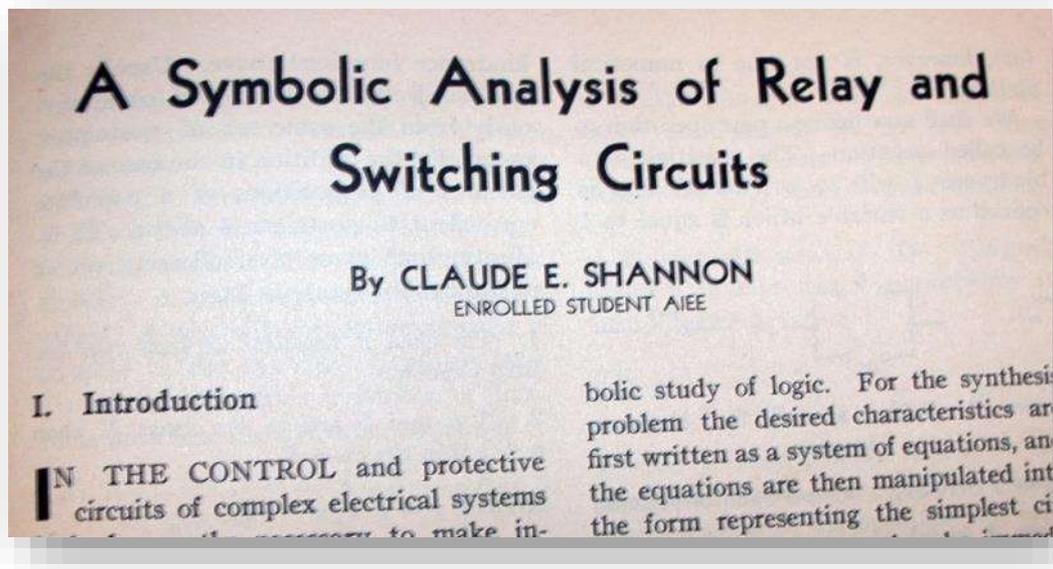
Symbol	Interpretation in Relay Circuits	Interpretation in the Calculus of Propositions
X	The circuit X	The proposition X
0	The circuit is closed	The proposition is false
1	The circuit is open	The proposition is true
$X + Y$	The series connection of circuits X and Y	The proposition which is true if either X or Y is true
$X Y$	The parallel connection of circuits X and Y	The proposition which is true if both X and Y are true
X'	The circuit which is open when X is closed and closed when X is open	The contradictory of proposition X
$=$	The circuits open and close simultaneously	Each proposition implies the other

Claude Shannon (1916 – 2001): Schaltalgebra und boolesche Logik

Shannon quickly realized that **switches combined in circuits could carry out standard operations of symbolic logic**. Shannon made it the subject of his **master's thesis**, and spent most of 1937 working out the implications. He later told an interviewer that he had more fun doing that than anything else in his life.

Shannon pointed out that the logical values *true* and *false* could equally well be denoted by the numerical digits 1 and 0. This realization meant that the relays could perform the then arcane operations of binary arithmetic. Thus, Shannon wrote, "it is possible to **perform complex mathematical operations by means of relay circuits**."

As an illustration, Shannon showed the design of a circuit that could add binary numbers.



Die wichtigste Masterarbeit des 20. Jahrhunderts?

Even more importantly, Shannon realized that such a circuit could also make comparisons. He saw the possibility of **a device that could take alternative courses of action according to circumstances** – as in, “if the number X equals the number Y, then do operation A.” The implications were profound: **a switching circuit could decide** – an ability that had once seemed unique to living beings.

A switching circuit’s ability to decide was what would make the **digital computers** that emerged after World War II something fundamentally new. It wasn’t their mathematical abilities per se that contemporaries found so startling (although the machines were certainly very fast); even in the 1940s, the world was full of electromechanical desktop calculators that could do simple additions and subtractions. The astonishing part was the new computers’ ability to **operate under the control of an internal program, deciding among various alternatives** and executing complex sequences of commands on their own.

All of which is why “A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits,” published in 1938 (Trans. Am. Inst. of Electr. Engineers, Vol. 57, pp. 713-723), has been called the **most important master’s thesis of the 20th century**.

Die Analogie Boolescher Algebra und Schaltkreise war allerdings schon früher von Anderen thematisiert worden, u.a. von Paul Ehrenfest (Buchbesprechung *L’algèbre de la logique* von Louis Couturat, 1905), Charles Peirce und Benjamin Burack, was aber nicht die gleiche Aufmerksamkeit erlangte. →

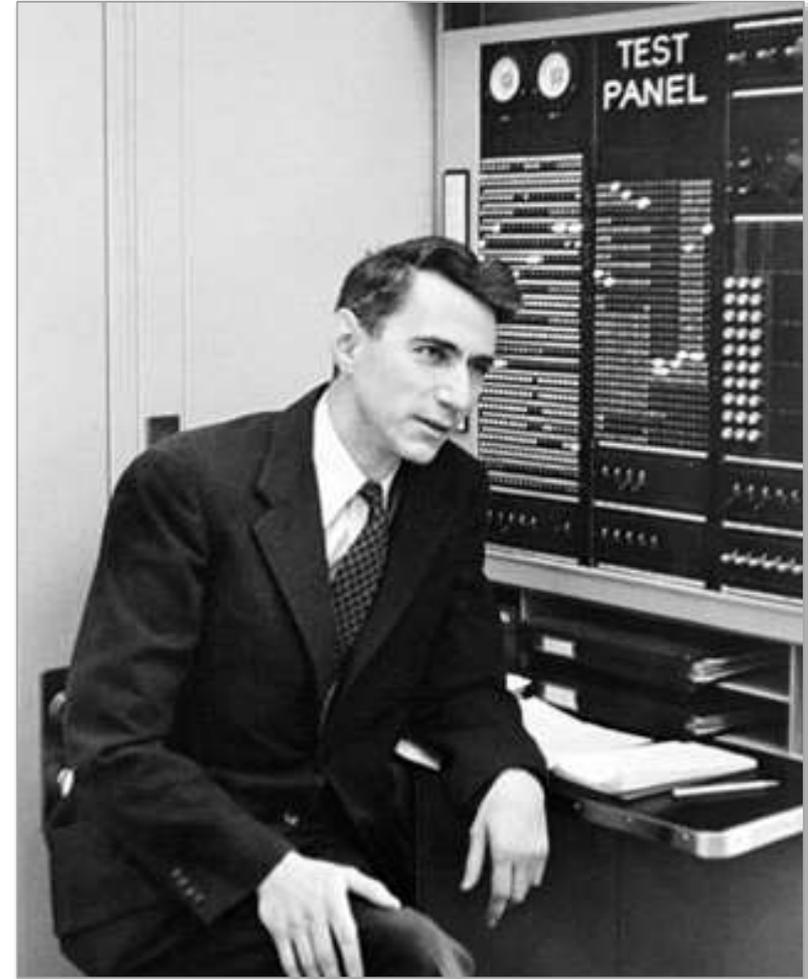
The connection between Boolean algebra and circuits was actually first recognized as early as 1886 by an American philosopher and logician **Charles Peirce**, but he never did much to further the research. In 1910, **Paul Ehrenfest** of St. Petersburg University was the first to propose the idea of applying logic in a technical fashion; he had in mind the telephone commutation station as the best object for this purpose. Soviet engineer **Gersevanov** actually implemented mathematical logic on a broad scale in his design for a hydraulic power plant in 1923. Then in 1936, a psychologist from Chicago named **Benjamin Burack** constructed a device which implemented electric light bulbs for displaying the logical relationships between a collection of switches. However he did not publicize this work until 1949. Burack's logic device was constructed two years before Shannon's master's thesis was completed. [The work that Shannon did in his master's thesis was closely paralleled by two contemporary researchers in the former Soviet Union and Japan](#), two areas of the world where switching theory and logic design were catching on. The Russian physicist **Vladimir Shestakov** published some articles and did his dissertation thesis on the subject. He made his first reports in 1935 after studying telegraphy and telephone systems and reading *Algebra of Logic*. Also in 1935, **Nakashima** published an article called *A Realization Theory for Relay Circuits*.

Although Shannon's discovery was groundbreaking and led to a whole new era of digital logic and computers, [the connection between Boolean algebra and circuits had been recognized and applied in several parts of the world, as early as 1886](#). Why were there so many instances of researchers using the idea of Boolean logic for technical applications but never pursuing it very far or not publishing it? Since the idea had been stumbled upon many times before Shannon, it obviously was not a difficult concept to grasp, unlike Shannon's later work in information theory. Shannon's theories became widely publicized and read because [it was the right time](#) for technology to take that step.

E Chiu, J Lin, B Mcferron, N Petigara, S Seshasai: Mathematical Theory of Claude Shannon - A study of the style and context of his work up to the genesis of information theory, web.mit.edu/6.933/www/Fall2001/Shannon1.pdf

Shannon, Begründer der Informationstheorie

The entire [science of information theory](#) grew out of one electrifying paper that Shannon published in 1948, when he was a 32-year-old researcher at Bell Labs. He showed how the once-vague notion of information could be defined and quantified with absolute precision. He demonstrated the essential unity of all information media, pointing out that text, telephone signals, radio waves, pictures, film and every other mode of communication could be encoded in the universal language of [binary digits](#), or [bits](#) – a term that his article was the first to use in print. Shannon laid forth the idea that once information became digital, it could be transmitted without error.



Claude Shannon, Bastler und Eigenbrötler



Kurz vor seinem 50. Geburtstag teilte Shannon seinen Chefs mit, er werde von nun an nicht mehr im Büro erscheinen und sich stattdessen vorwiegend seiner wahren Leidenschaft hingeben. [Der Spiegel 45/2009]

At home, Shannon spent his spare time **building all manner of bizarre machines**. There was a calculator that did arithmetic with Roman numerals. There was a life-sized mechanical mouse that could find its way through a maze. And perhaps most famously, there was the “Ultimate Machine” – a box with a large switch on the side. Turn the switch on, and the lid would slowly rise, revealing a mechanical hand that would reach down, turn the switch off, and withdraw – leaving the box just as it was.

Quelle der letzten vier Slides (gekürzt): www.technologyreview.com/featuredstory/401112/claude-shannon-reluctant-father-of-the-digital-age/

Claude Shannon, der Einradfahrer



„Claude Shannon [...] war ein begeisterter Einradfahrer. Liest man die Erinnerungen von Wissenschaftlern, die mit ihm zusammen an den Bell Labs geforscht haben, muss man den Eindruck erhalten, dass Shannon entweder – was seinen Kollegen seltsam vorkam – alleine in seinem Büro hinter verschlossenen Türen arbeitete oder aber – nicht weniger seltsam – auf einem Einrad durch die Gänge radelte. Er baute selber Einräder, zum Beispiel eines, auf dem ein Fahrer über einer exzentrischen Achse auf und ab hüpfte; er machte sich auch Gedanken über die Konstruktion eines Tandem-Einrads.“ – Stefan Betschon.

Ende der historischen Notiz

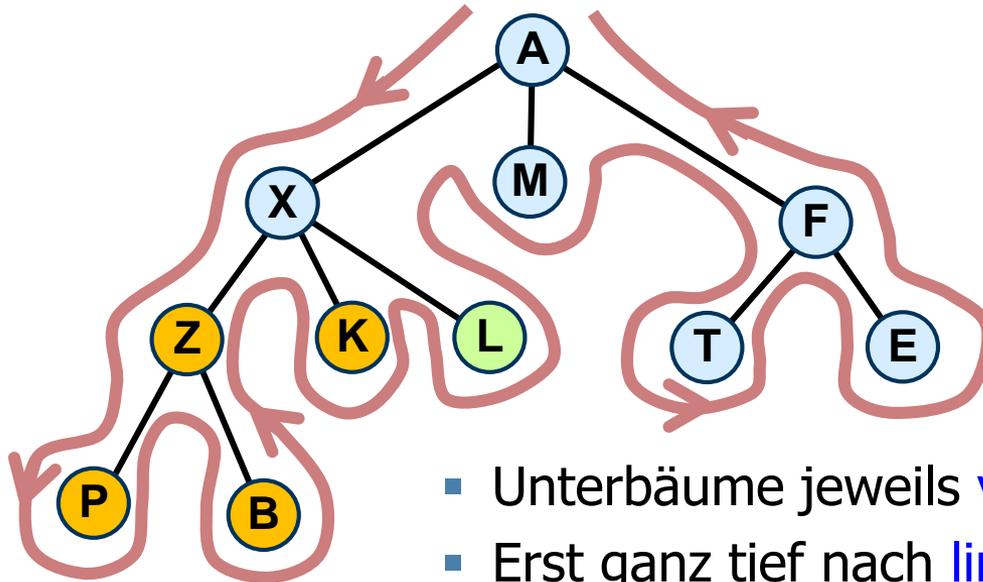
Auswertungsstrategien von Spielbäumen

- Spielbäume sind meist **zu gross**, um sie als Ganzes aufzubauen
- Daher Knoten nach Bedarf **dynamisch „expandieren“** und schritthaltend zugehörige Teilbäume auswerten
 - Ressourcen (Speicherbereiche, Datenstrukturen) nicht mehr benötigter Knoten und Teilbäume frühzeitig wieder freigeben
- Dazu existieren verschiedene Prinzipien:
 - **Tiefensuche**
 - **Breitensuche**
 - **Bestensuche**
 - ...

Tiefensuche („depth-first“)

“Acts as if it wants to get as far away from the starting point as quickly as possible.”

- Ein Knoten wird erst in Betracht gezogen (z.B. ausgewertet oder als Datenstruktur erzeugt), wenn dies bereits für alle „linken“ Geschwister und alle deren Nachkommen geschah
 - z.B. L erst nach Z, P, B, K

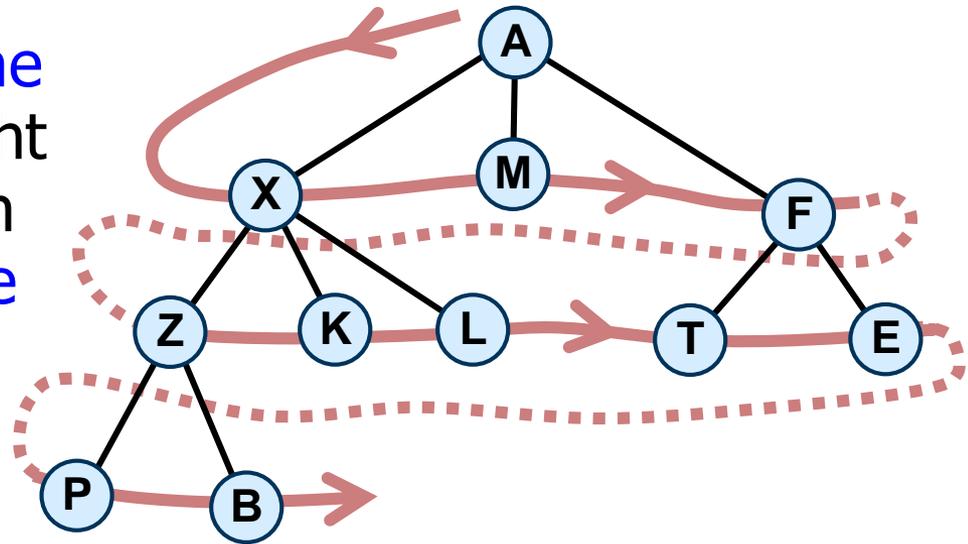


Im verallgemeinerten Sinne kann Tiefensuche auch **in generellen Graphen** angewendet werden; es ist dann darauf zu achten, dass man umkehrt, sobald man einen Zyklus erkennt. Vgl. dazu die Labyrinthsuche mit Backtracking.

- Unterbäume jeweils **von links nach rechts** abarbeiten
- Erst ganz tief nach **links unten** absteigen
- Rekursion** ist naheliegend: Tiefensuche der Reihe nach von links nach rechts auf allen Unterbäumen durchführen (vgl. Inorder-/Postorder-Traversierung von Binärbäumen)

Breitensuche („breadth-first“)

- Knoten einer tieferen Ebene werden erst dann in Betracht gezogen, wenn alle Knoten der darüberliegenden Ebene bearbeitet wurden
 - → Niveauweises Durchlaufen
 - Speicheraufwand zum Aufbewahren der oberen Ebenen!



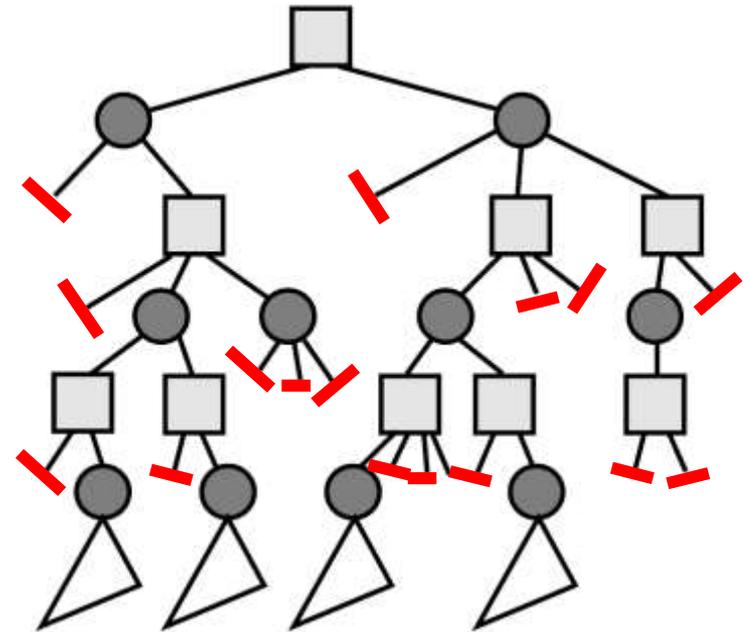
Bestensuche („best-first“)

- Knoten bekommen einen „Schätzwert“; dann wird unter allen Geschwistern derjenige **zuerst** expandiert (d.h. alle dessen direkten Nachfolger ermittelt), der den **besten Schätzwert** hat
- Man erzeugt damit **Teilniveaus**, steigt aber schnell in die Tiefe ab; wenn man aus der Tiefe wieder auftaucht, dann nimmt man als nächsten Geschwisterknoten zum Expandieren denjenigen mit dem zweitbesten Wert etc.
- Man hofft, so **schnell** zu einem guten Blatt zu kommen
 - Dann kann man sich evtl. damit zufrieden geben, ohne zu viele andere Teilbäume auswerten zu müssen
 - Ist aber nur nützlich, wenn der Schätzwert eines Knotens das Minimax-Resultat gut **prognostiziert**

Heuristik: Wähle die Alternative mit den besten Erfolgsaussichten

Schlanke Spielbäume

- Man versucht, Spielbäume möglichst **schlank** zu halten
 - Erlaubt eine **grössere Tiefe** bzgl. der interessanten Knoten
 - Erfordert aber eine **Bewertung** aller „Geschwister“ oder Nachkommen, bevor man tiefer absteigt, um nur die interessantesten weiterzuverfolgen (→ Bestensuche)



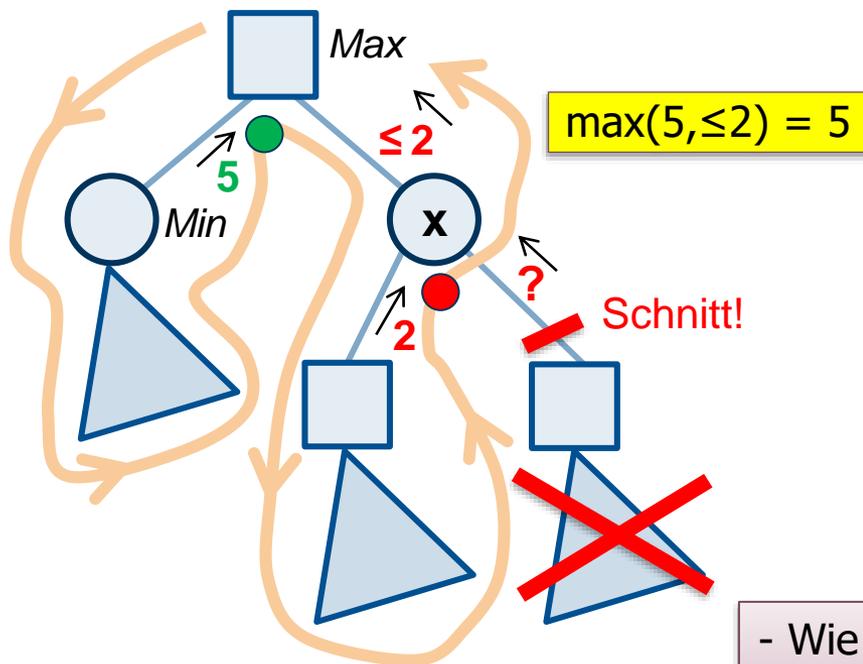
- Menschen spielen offenbar sehr stark **selektiv**
 - Der **Verzweigungsgrad** ist sonst zu gross (typische Werte: Tic-Tac-Toe 4, Dame 2.8, Reversi 10, Schach 35, Go 250)
- **Vorsicht:** man kann sich bei der Bewertung **täuschen** und damit interessante Züge „voreilig“ abschneiden!

Beschränkung der Suchtiefe

- Spielbäume sind i.Allg. **zu gross**, um sie bis zu den tatsächlichen Blättern durchlaufen zu können
 - Ausnahme: Endspiel-Situation mit einigen wenigen Zügen
- Man wird daher den Baum **nur bis zu einer gewissen Tiefe** aufbauen und dort die Suche abbrechen
 - Für die künstlichen Blätter schätzt man dann den Minimaxwert (d.h. man führt eine „**statische**“ **Stellungsbewertung** durch)
 - Diese **Bewertungsfunktion** sollte „gut“ sein und effizient zu berechnen sein; sie ist oft entscheidend für gutes Spielverhalten!
- Abbruchtiefe ist i.Allg. nicht fest
 - Hängt u.a. von der zur Verfügung stehenden **Zeit** ab
 - **Kritische Situationen** wird man **tiefer** analysieren als „stabile“
- Erwartung: → gute **Approximation** des eigentlichen Wertes

Baumschnitte bei Minimax

- Man kann oft einige Knoten / **Unterbäume abschneiden**, die den Minimaxwert garantiert nicht beeinflussen
- Ziel: **Möglichst früh** solche verzichtbaren Unterbäume erkennen und möglichst viele davon abschneiden



Begründung für den Schnitt: Nach der Auswertung des ersten Unterbaums von x weiss man schon: Max wird **von rechts** einen Wert ≤ 2 erhalten und daher sowieso seine linke Alternative (5) wählen; den Wert des abgeschnittenen Unterbaums braucht man also nicht zu kennen!

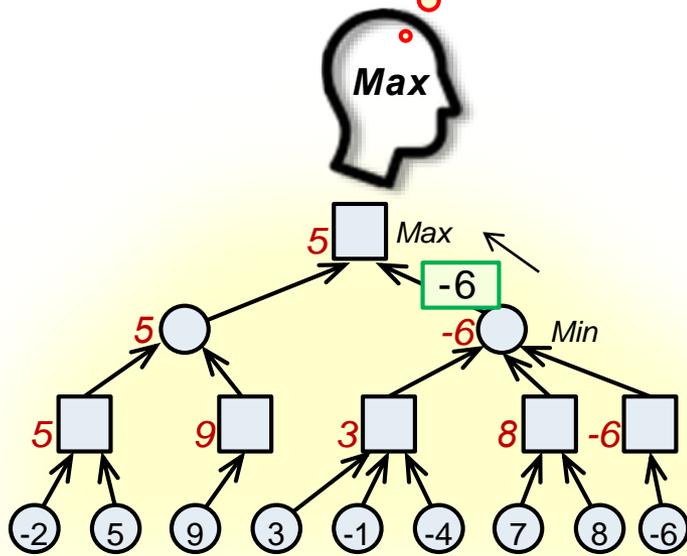
Das gilt auch für eventuell vorhandene **weitere Geschwister**

- Wie erkennt man **systematisch** Schnittmöglichkeiten?
- Wie **maximiert** man die Zahl der Schnitte?

Wirkung von Shortcut und Baumschnitten

Nachdem beide Unterbäume ausgewertet wurden:

$$\max(5, -6) = 5$$

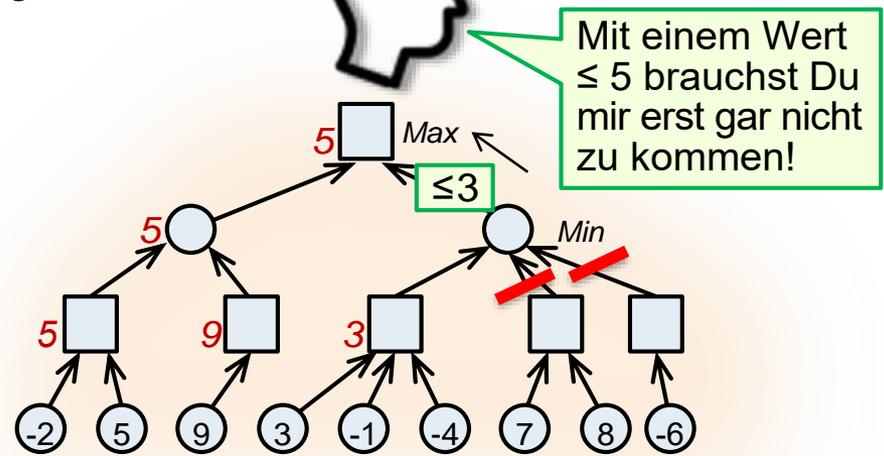


Minimax ohne Shortcut-Optimierung

Nachdem beide Unterbäume ausgewertet wurden:

$$\max(5, \leq 3) = 5$$

Nachdem der linke Unterbaum ausgewertet wurde:



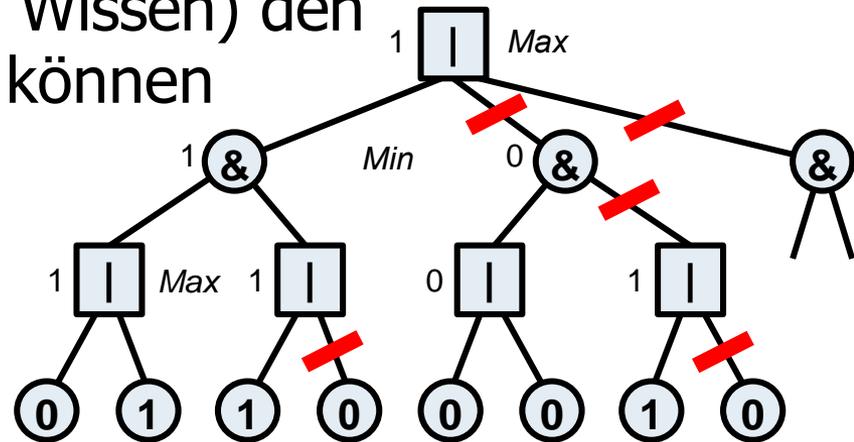
Mit Shortcut-Optimierung:

Der angesprochene Min-Knoten weiss, nachdem er seinen linken Unterbaum mit Wert 3 evaluiert hat, dass die Vorgabe > 5 sowieso nicht zu halten ist und meldet sich daher vorzeitig mit ≤ 3 zurück

Der Alpha-Beta- („ α - β “)-Algorithmus

- Reduziert den Spielbaum **systematisch** durch **Schnitte**, aber liefert den **gleichen Minimaxwert** der Wurzel wie der eigentliche Minimax-Algorithmus
- Tiefensuche**, wobei Knoten nur dann expandiert werden, wenn sie (nach bisherigem Wissen) den Minimaxwert beeinflussen können

- Analog zum **Shortcut** bei **Und-Oder-Bäumen!**



- α - β stellt einen Vertreter der allgemeineren Klasse sogen. **Branch-and-Bound-Verfahren** dar: Der Suchraum wird schrittweise in mehrere Teilmengen aufgespalten (branch); mittels geeigneter Schranken (bound) sollen viele suboptimale Ansätze frühzeitig erkannt und ausgesondert werden, so dass bei Optimierungsproblemen der zu durchsuchende Lösungsraum klein gehalten wird.

Der Alpha-Beta-(„ α - β “)-Algorithmus

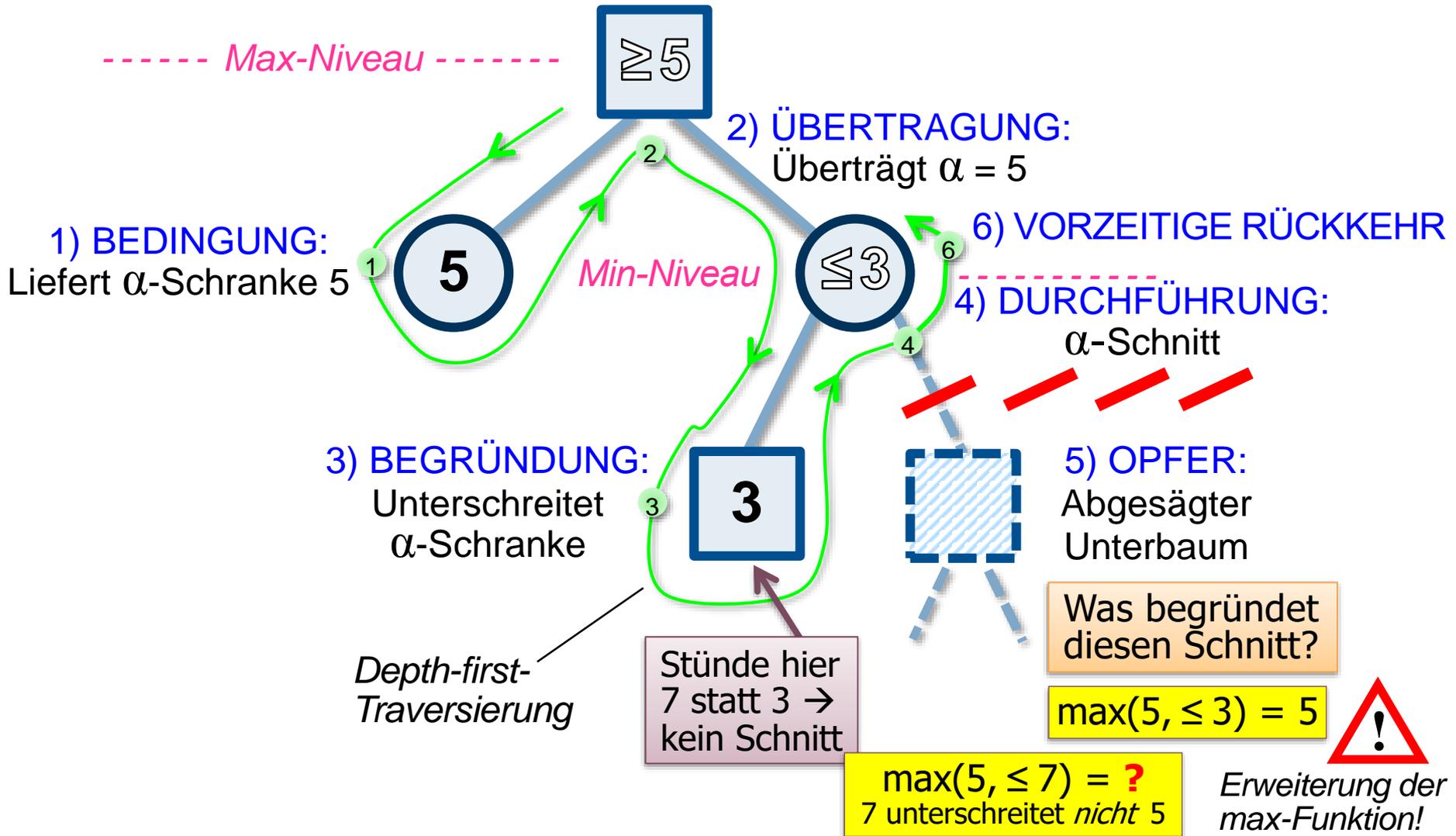
Liefert den **gleichen Wert** wie der **Minimax**-Algorithmus, reduziert aber den Aufwand durch Baumschnitte

[Wikipedia:] Ein **anschauliches Beispiel** für die Funktionsweise ist ein Zweipersonenspiel, bei dem der erste Spieler eine von mehreren Taschen auswählt und von seinem Gegenspieler den Gegenstand mit geringstem Wert aus dieser Tasche erhält.

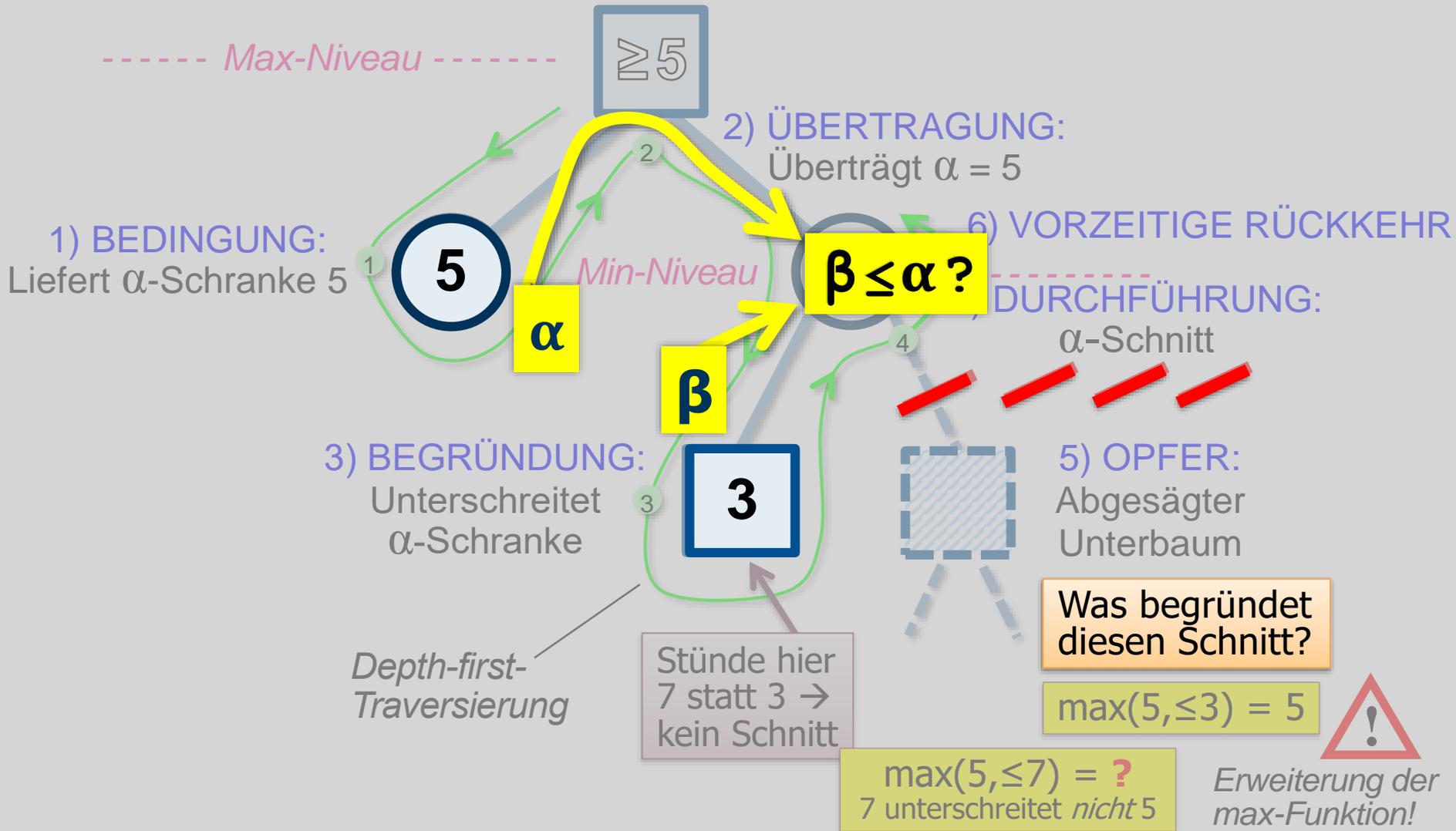
Der **Minimax-Algorithmus** durchsucht für die Auswahl *alle* Taschen vollständig und benötigt somit viel Zeit. Die **Alpha-Beta**-Suche hingegen durchsucht zunächst nur die erste Tasche vollständig nach dem Gegenstand mit minimalem Wert. In allen weiteren Taschen wird nur solange gesucht, bis der Wert eines Gegenstands dieses Minimum unterschreitet. Ist dies der Fall, wird die Suche in dieser Tasche **abgebrochen** und die nächste Tasche untersucht. Andernfalls ist diese Tasche eine bessere Wahl für den ersten Spieler und ihr minimaler Wert dient für die weitere Suche als neue Grenze.

Ähnliche Situationen sind jedem Schachspieler vertraut, der gerade einen konkreten Zug darauf prüft, ob er ihm vorteilhaft erscheint. Findet er bei seiner Analyse des Zuges eine für sich selbst ungünstige Erwiderung des Gegners, dann wird er diesen Zug als „widerlegt“ ansehen und verwerfen. Es wäre völlig sinnlos, noch weitere Erwiderungen des Gegners zu untersuchen, um festzustellen, ob der Gegner noch effektivere Widerlegungen besitzt und wie schlecht der geplante Zug tatsächlich für den Spieler ist.

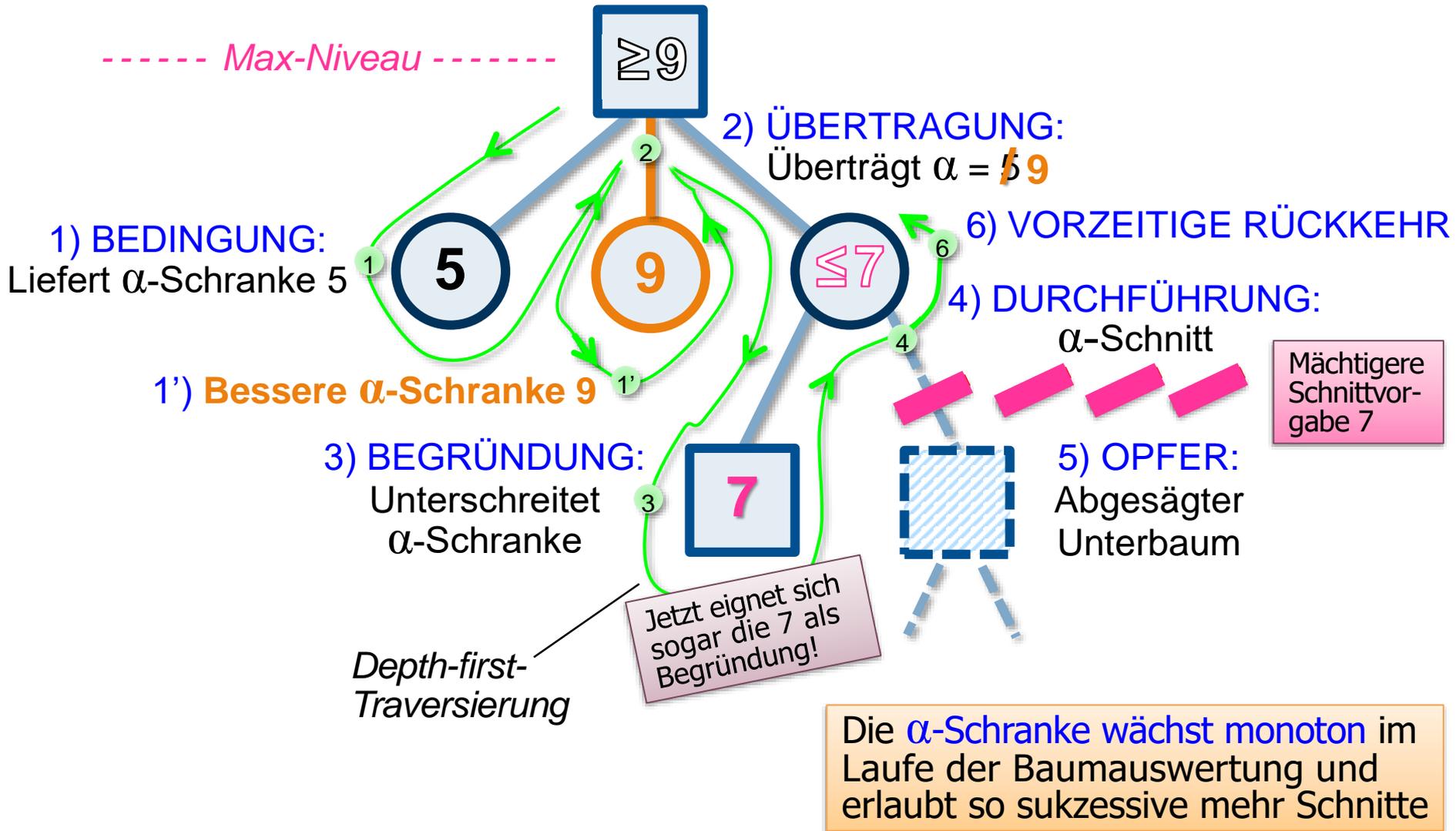
α - β : Illustration an Beispielbaum



α - β : Illustration an Beispielbaum



α - β : Illustration an anderem Beispielbaum



Der Minimax-Algorithmus (Pseudocode)

Bei (künstlichen) Blättern liefere `LeafTest` „true“

`eval` sei die *statische* Bewertungsfunktion für Spielstellungen

```
int maxValue(GameState g) {int  $\alpha = -\infty$ ;  
  if (LeafTest(g)) return eval(g);  
  for (GameState s=g.firstKid; s!=g.lastKid; s=s.nextKid) {  
     $\alpha = \max(\alpha, \text{minValue}(s) );$   
  }  
  return  $\alpha$ ;  
}
```

Schrittweise „Akkumulation“ des Maximums

$\max(\dots \max(\max(\max(-\infty, \downarrow s_1), \downarrow s_2), \downarrow s_3) \dots)$

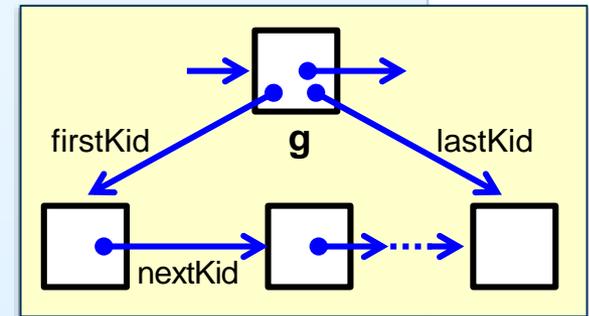
$= \max(\downarrow s_1, \downarrow s_2, \downarrow s_3, \dots)$

}, „Rekursion“

```
int minValue(GameState g) {int  $\beta = \infty$ ;  
  if (LeafTest(g)) return eval(g);  
  for (GameState s=g.firstKid; s!=g.lastKid; s=s.nextKid) {  
     $\beta = \min(\beta, \text{maxValue}(s) );$   
  }  
  return  $\beta$ ;  
}
```

Das gleiche in Grün

Bei `negamax` (statt `max` bzw. `min`) hätte man so wieso nur eine **einzig**e (rekursive) Methode



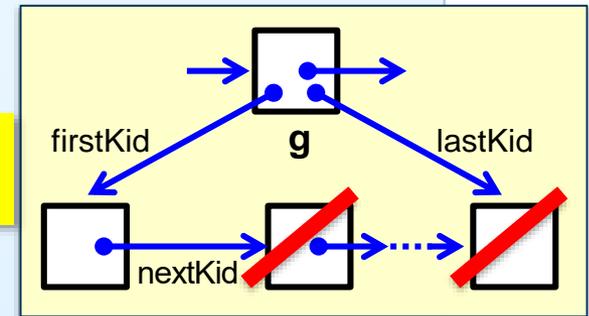
Der α - β -Algorithmus (Pseudocode)

Bei (künstlichen) Blättern liefere `LeafTest` „true“

`eval` sei die *statische* Bewertungsfunktion für Spielstellungen

```
int maxValue(GameState g, int  $\alpha$ , int  $\beta$ ) {  
    if (LeafTest(g)) return eval(g);  
    for (GameState s=g.firstKid; s!=g.lastKid; s=s.nextKid) {  
         $\alpha$  = max( $\alpha$ , minValue(s,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) );  
        if ( $\alpha$   $\geq$   $\beta$ ) break; //  $\beta$ -Schnitt  
    }  
    return  $\alpha$ ; brechen wir ab  
}
```

Durchsuchen weiterer Geschwister zwecklos



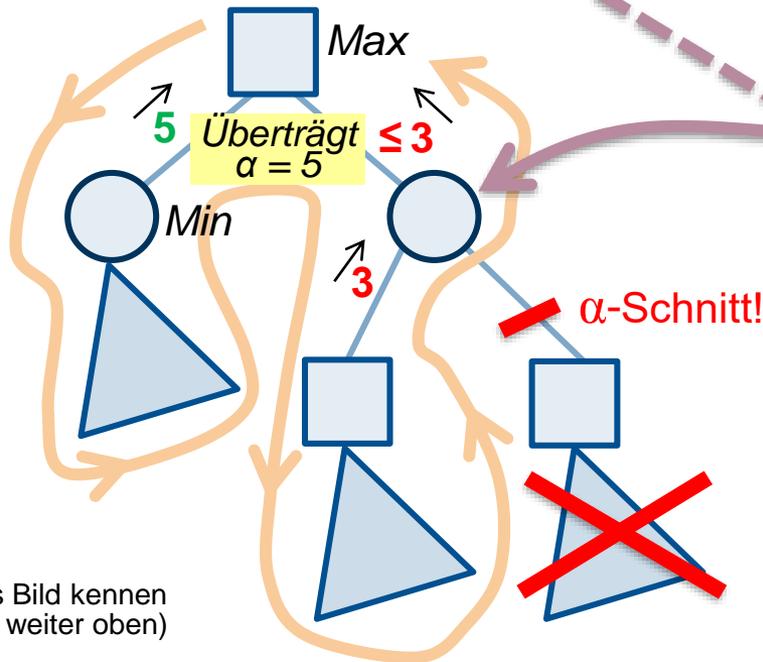
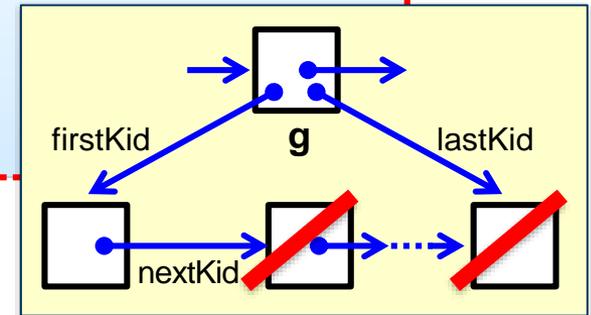
```
int minValue(GameState g, int  $\alpha$ , int  $\beta$ ) {  
    if (LeafTest(g)) return eval(g);  
    for (GameState s=g.firstKid; s!=g.lastKid; s=s.nextKid) {  
         $\beta$  = min( $\beta$ , maxValue(s,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) );  
        if ( $\beta$   $\leq$   $\alpha$ ) break; //  $\alpha$ -Schnitt  
    }  
    return  $\beta$ ;  
}
```

Denkübung: ist „by value“ die richtige Parameterübergabesemantik, oder doch eher „value-result“ für α und β ?

Der α - β -Algorithmus

Für Min-Knoten:

```
for (GameState s=g.firstKid; s!=g.lastKid; s=s.nextKid) {  
     $\beta$  = min( $\beta$ , maxValue(s,  $\alpha$ ,  $\beta$ ));  
    if ( $\beta \leq \alpha$ ) break; //  $\alpha$ -Schnitt  
}  
return  $\beta$ ;
```



$\beta = 3 \leq 5 = \alpha$ ist die Begründung für diesen Schnitt

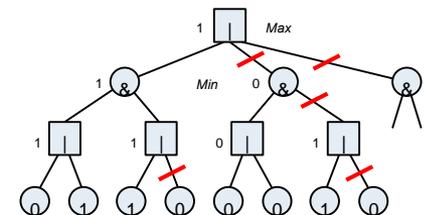
(Dieses Bild kennen wir von weiter oben)

Charakterisierung der α - β -Schranken

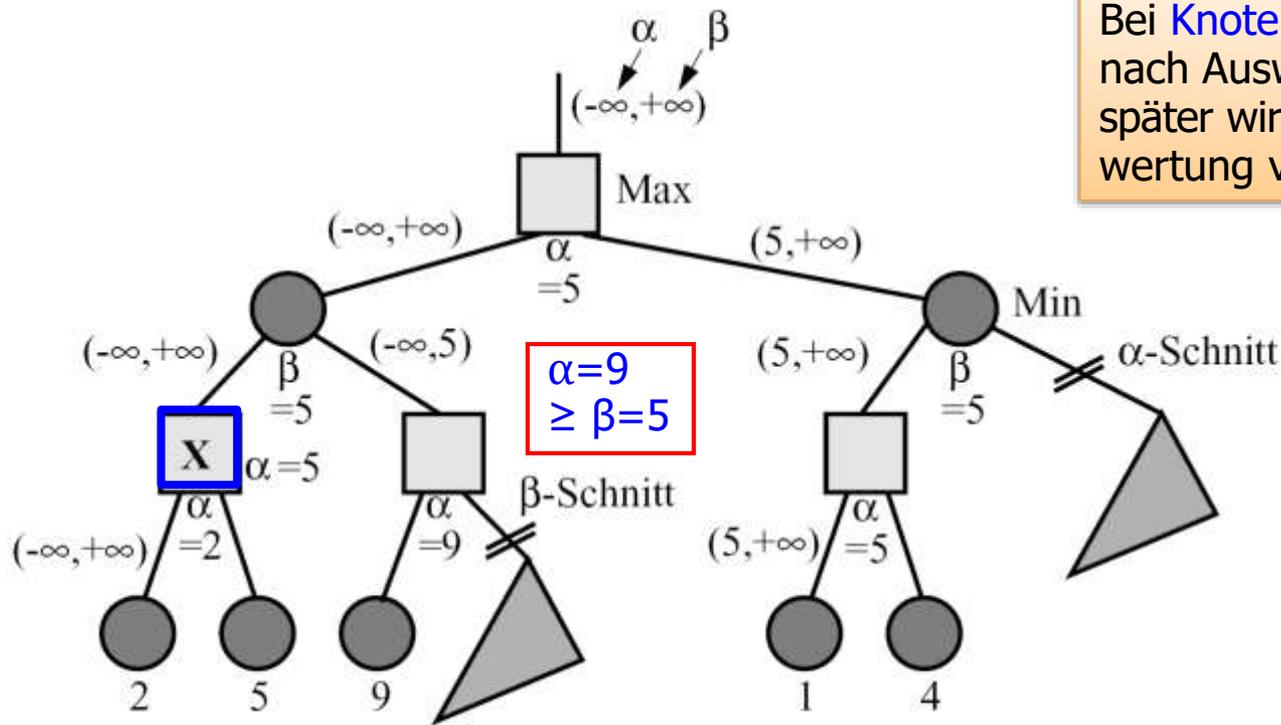
- **α -Schranke**: Wert, den Max (bei optimalem eigenem Spiel) bei den bisher analysierten Zügen mindestens erzielen kann
 - Ist eine **monoton wachsende untere Schranke** für den Gewinn
 - Ist **relevant für Min-Knoten**: Evaluierung der weiteren Nachfolger kann abgebrochen werden, sobald der berechnete Rückgabewert unter die **Vorgabe α** fällt („ α -Schnitt“)
- **β -Schranke**
 - Analog (bzgl. Min)
- **α - β -Schranken** bilden zusammen ein **Suchfenster (α, β)**
 - Mit $(-\infty, +\infty)$ initialisiert, **schrumpft** es im Laufe der Baumauswertung
 - Erlaubt damit sukzessive mehr Schnittmöglichkeiten!



→ Der α - β -Algorithmus ist eine **Verallgemeinerung** der **Shortcut-Auswertung** von Und-Oder-Bäumen



α - β -Schranken: Noch ein Übungsbeispiel



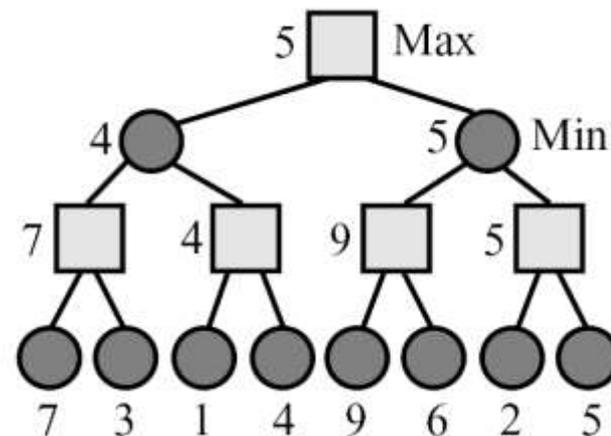
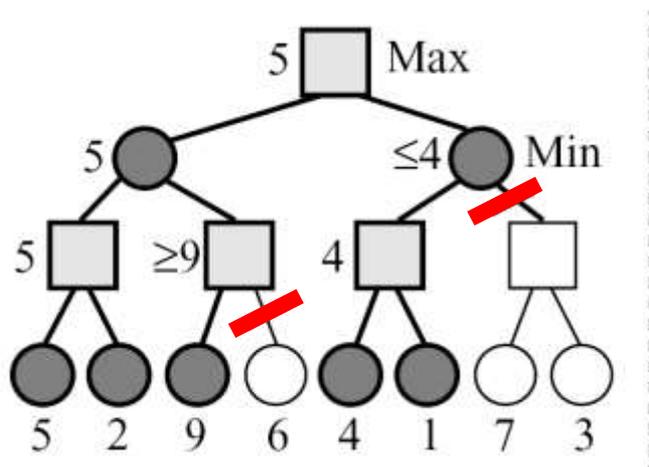
Bei **Knoten X**: Zunächst ist $\alpha=2$ nach Auswertung von Blatt „2“; später wird aber $\alpha=5$ (nach Auswertung von Blatt „5“)

Noch später, beim Geschwisterknoten, wird $\alpha=9$ (was zum β -Schnitt führt)

```
for (GameState s=g.firstKid; s!=g.lastKid; s=s.nextKid) {  
     $\alpha = \max(\alpha, \text{minValue}(s, \alpha, \beta) );$   
    if ( $\alpha \geq \beta$ ) break; // Schnitt  
}
```

Effizienz des α - β -Algorithmus

- Wie viele Blätter effektiv ausgewertet werden, hängt stark von der Reihenfolge der Knoten einer Ebene ab:



Einige Unterbäume sind hier permutiert → in *diesem Sinne* ein *anderer*, aber gleichwertiger Baum!

- Damit maximal viele Schnittmöglichkeiten erreicht werden, sollten Nachfolger von Max-Knoten absteigend sortiert, Nachfolger von Min-Knoten aufsteigend sortiert sein
→ Idealerweise sollte der (vermutete!) beste Zug ganz links stehen (wenn der nichts bringt, dann seine Geschwister erst recht nicht)

Wie viel spart α - β gegenüber Minimax?

Annahme: Tiefe d , Verzweigungsgrad w

- **Schlechtester Fall**: Es sind w^d Blätter auszuwerten (wie Minimax)
- **Bester Fall** (ohne Beweis): Es sind ca. $w^{d/2}$ Blätter auszuwerten
 - Das sind nur „ $\sqrt{\text{so-viele}}$ “ und erlaubt die Analyse **doppelt tiefer** Bäume!
- **„Normalfall“**: Wo zwischen $w^{d/2}$ und w^d ist dieser angesiedelt?
 - Schon bei unsortierten Knoten liegt für typische Spielbäume der **effektive Verzweigungsgrad bei ca. $3/4 w$** (ohne Beweis)
 - bei gleichem Zeitaufwand **Erhöhung der Suchtiefe um $1/3$**
 - Wenn man die inneren Knoten entsprechend einer **statischen Bewertungsfunktion sortiert**, die eine gute Prognose für den tatsächlichen Wert darstellt, erhöht man die Chance auf Schnitte deutlich
 - Eine statische Bewertung wird man i.Allg. sowieso vornehmen, um die **Bestensuche** anwenden zu können bzw. den Baum schlank zu halten

Wie viel spart α - β gegenüber Minimax?

Ein Zitat von de.wikipedia.org/wiki/Alpha-Beta-Suche. (Was hier genau unter „einfacher“ Zug-sortierung zu verstehen ist, bleibt unklar; an anderer Stelle heisst es dazu: „In der Praxis wer-den verschiedene Heuristiken verwendet. Bei Schach z.B. kann man die Züge danach sortieren, ob bzw. welche Figur geschlagen wird, oder auch welche Figur schlägt.“):

„Nachfolgende Tabelle zeigt eine Beispielberechnung einer Schachstellung bei konstanter Such-tiefe von vier Halbzügen. Es wurde der normale Minimax-Algorithmus angewendet und Alpha-Beta ohne Zugsortierung und mit (einfacher) Zugsortierung. Die Prozentangabe bei den Cutoffs bezieht sich auf den gesamten Suchbaum und beschreibt, wie viel des gesamten Suchbaumes nicht ausgewertet wurde. Es handelt sich dabei um Schätzungen, denen zugrunde liegt, dass die Teilbäume in etwa gleich gross sind (bei Cutoffs ist nicht bekannt, wie gross der wegge-schnittene Teilbaum wirklich wäre).

	Bewertungen	Cutoffs	Anteil der Cutoffs	Rechenzeit
Minimax	28 018 531	-/-	-/-	134.87 s
Alpha-Beta	2 005 246	136 478	91.50 %	9.88 s
Alpha-Beta mit Zugsortierung	128 307	27 025	99.28 %	0.99 s

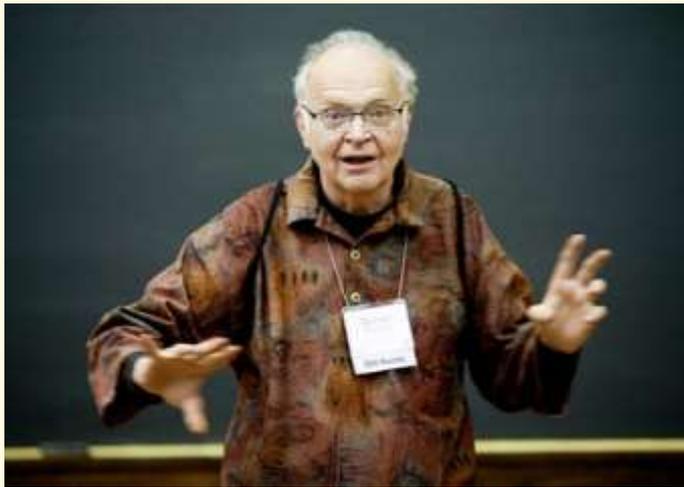
Es ist deutlich zu erkennen, dass die Alpha-Beta-Suche eine erhebliche Geschwindigkeitssteigerung gegenüber Minimax bedeutet. Auch die Zugsortierung verbessert die Rechenzeit in diesem Beispiel um den Faktor 10. Die Tatsache, dass mit Zugsortierung die Anzahl der Cutoffs absolut sinkt, lässt sich dadurch erklären, dass diese auf höheren Ebenen im Suchbaum erfolgen und somit grössere Teile weggeschnitten werden.“

Historie des α - β -Algorithmus

Donald Knuth und Ronald W. Moore schreiben zur Historie des α - β -Algorithmus (in *An analysis of alpha-beta pruning, Artificial intelligence* 6.4, 1976, pp. 293-326) folgendes: „The early history is somewhat obscure, because it is based on undocumented recollections. [...] McCarthy thought of the method during the Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence in 1956. [...] It is plausible that McCarthy's remarks at that conference led to the use of alpha-beta pruning in game-playing programs of the late 1950s. Samuel has stated that the idea was present in his checker-playing programs, but he did not allude to it in his classic article [*Some studies in machine learning using the game of checkers, IBM J. Res. and Develop.*, 1959] because he felt that the other aspects of his program were more significant. [...] McCarthy coined the name 'alpha-beta' when he first wrote a LISP Program embodying the technique. [...] He thought of alpha-beta as a (possibly inaccurate) heuristic device, not realizing that it would also produce the same value as full minimaxing in the special case. [...] He credits the latter discovery to Hart and Edwards, who wrote [an unpublished] memorandum on the subject in 1961. [...] The first published account of alpha-beta pruning actually appeared in Russia, quite independently of the American work. Brudno [Александр Львович Брудно], who was one of the developers of an early Russian chess-playing program, described an algorithm identical to alpha-beta pruning, together with a rather complicated proof, in 1963. The full alpha-beta pruning technique finally appeared in 'Western' computer-science literature in 1968, within an article on theorem-proving strategies by Slagle and Bursky, but their description was somewhat vague and they did not illustrate deep cutoffs. Thus we might say that the first real English descriptions of the method appeared in 1969, in articles by Slagle and Dixon and by Samuel.

Historie des α - β -Algorithmus

The alpha-beta technique seems to be quite difficult to communicate verbally, or in conventional mathematical language, and the authors of the papers cited above had to resort to rather complicated descriptions; furthermore, considerable thought seems to be required at first exposure to convince oneself that the method is correct, especially when it has been described in ordinary language and 'deep cutoffs' must be justified. Perhaps this is why many years went by before the technique was published. However, [...] the method is easily understood and proved correct when it has been expressed in algorithmic language; this makes a good illustration of a case where a 'dynamic' approach to process description is conceptually superior to the 'static' approach of conventional mathematics."



www-cs-faculty.stanford.edu/~uno/dek-14May10-2.jpeg

Donald Knuth (Jahrgang 1938, emeritierter Professor der Stanford University) gilt als der Begründer der Algorithmenanalyse. Bekannt wurde er vor allem als Autor der mehrbändigen Reihe „The Art of Computer Programming“, eines der angesehensten Standardwerke der Informatik. Neben seinen grundlegenden theoretischen Beiträgen entwickelte er auch das bekannte Computersatzsystem TeX. Am 1. 1. 1990 teilte Knuth mit, ab jetzt keine E-Mail mehr zu verwenden, um sich auf seine Arbeit zu konzentrieren. Knuth erhielt neben vielen anderen Auszeichnungen 1974 den Turing Award und 2005 die Ehrendoktorwürde der ETH Zürich.

Der α - β -Algorithmus und Arthur Samuel



"The opponent is then permitted to make his move, which can be communicated to the machine either by means of console switches or by means of punched cards."

One of the inventors of the alpha-beta algorithm was **Arthur Samuel** (1901–1990). He made the first checkers program on IBM's first commercial computer. Since he had only a very limited amount of available computer memory, he implemented what is now called alpha-beta pruning. The program was a sensational demonstration of the advances in both hardware and skilled programming and caused IBM's stock to increase 15 points overnight. [Wikipedia]

Arthur Samuel

Einige Auszüge aus dem Buch "[Machines Who Think](#)" von [Pamela McCorduck](#) (Samuel war Spezialist für Elektronenröhren und arbeitet ab 1928 bei den Bell Labs, während des Zweiten Weltkriegs vor allem im Bereich der Radarentwicklung):

Samuel had left Bell Telephone Laboratories in 1946 to teach at [the University of] Illinois, and his connection with Bell Labs had made him aware that such things as computers were on the horizon. He longed to have one at Illinois. [...] Samuel canvassed industry and government and even spoke with John von Neumann at the Institute for Advanced Study at Princeton. Disappointed, he returned to Illinois with the certainty that to get a computer, they would have to build it themselves. It would take more money than they had. [...]

"We would build a very small computer, and try to do something spectacular with it that would attract attention so that we would get more money. It happened the next spring there was to be a world checker champion meeting in the little neighboring town of Kankakee, so somebody got the idea—I'm not sure it was mine, but I got blamed with it at least—that it would be nice to build a small computer that could play checkers. We thought checkers was probably a trivial game. Claude Shannon had talked about programming a computer to play chess, and other people had been thinking about it, so we decided we'd pick a simpler game, and write a program to play checkers. Then, at the end of the tournament we'd challenge the world champion and beat him, you see, and that would get us a lot of attention. [He laughs merrily at this.] We were very naive. I was given the job of writing the program for it while we were still designing the computer. So I started. I didn't know anything about programming a computer or anything, but it was a good place to learn." [...] By the time of the world checkers championship in Kankakee,

Arthur Samuel

it was clear to everyone on the project that neither the machine nor the program had a ghost of a chance of being completed. [...] [1949 geht Samuel zu IBM nach Poughkeepsie, NY.]

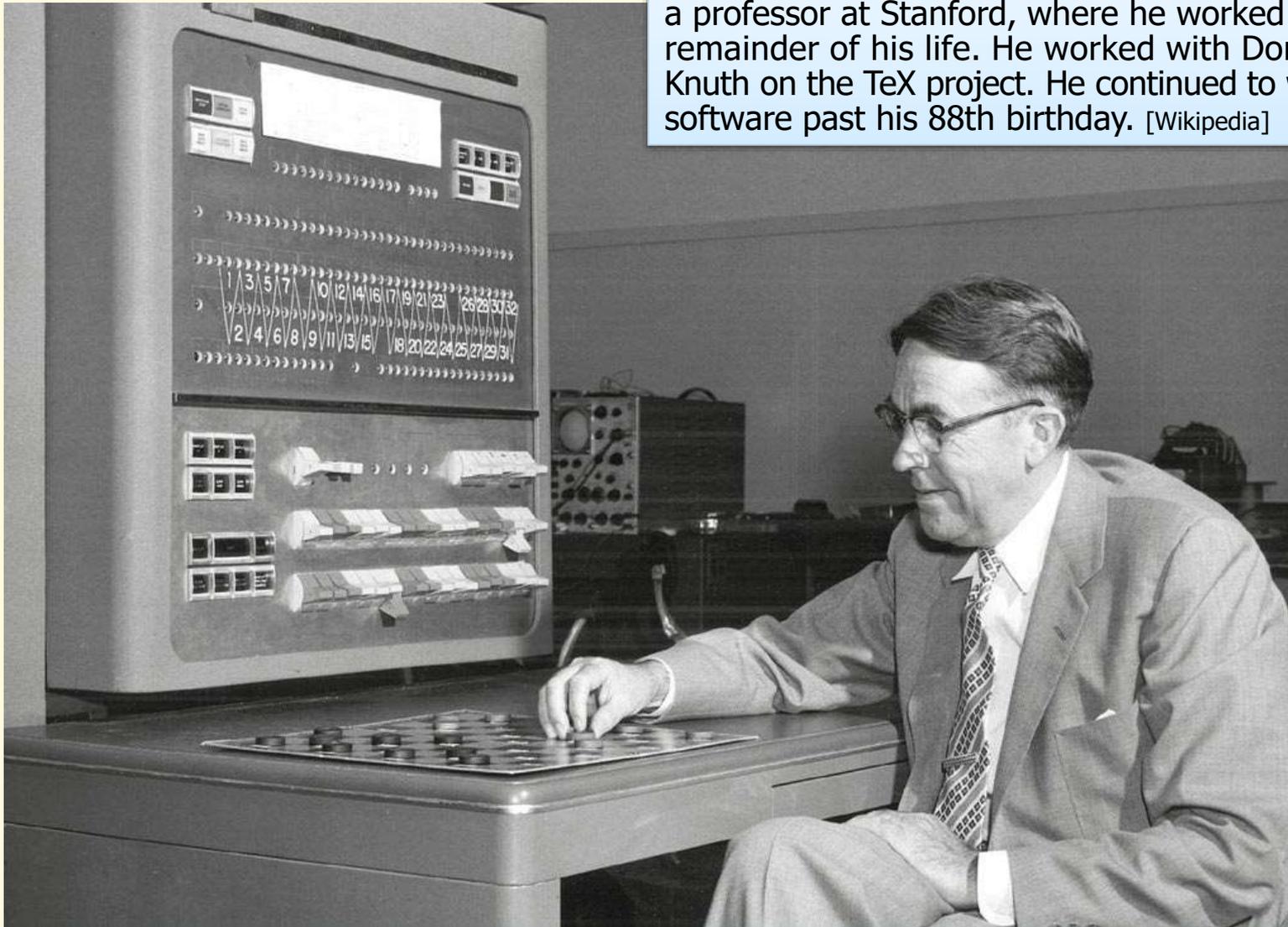
"One of the first programs that we had to run on the 701, one of the first computers of its type, was this crude checker program. IBM never looked with favor upon my working with it really, because it smacked too much of machine thinking, et cetera, and they wanted to dispel any worry people had with machines taking over the world and all that sort of thing." [...]

That Samuel's name was becoming widely associated with a checkers-playing program was not only an embarrassment to IBM, it was also something of an embarrassment to Samuel himself. It had been an accidental choice, after all, and he was only too well aware of the popular reputation checkers had for being a trivial pastime. In fact the game is not trivial, as Samuel was to find out over twenty years of work on his checkers-playing project. [...]

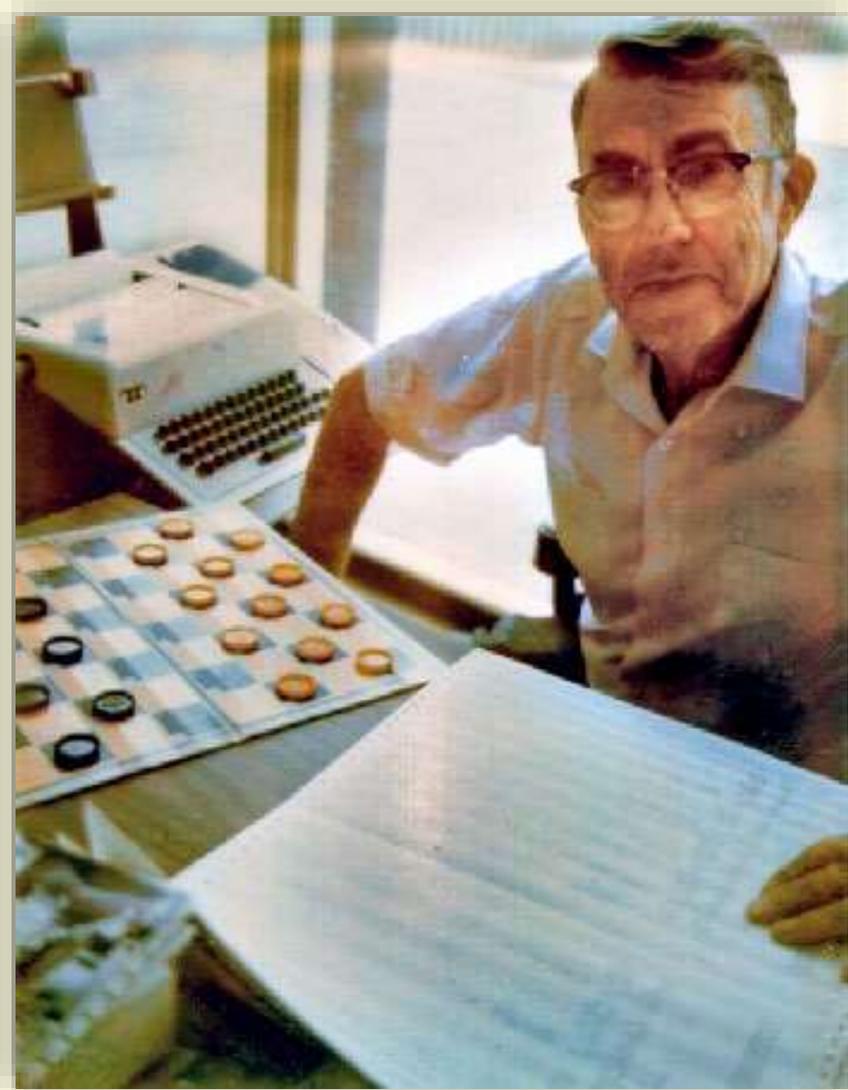
Samuel's program was a celebrated success. It became a better checker player than he was himself (by far), playing at the master's level by 1961. [...] Key to the success of Samuel's program is that it learned— that is to say, it adapted its behavior to past events. If it encountered a position it had already come across in another game, it made a more accurate evaluation of the position based on the results of the completed game than the chancier evaluation it could make by looking only two or three moves ahead in the present game. It thereby improved its performance with each game. It was able to improve in this way because there are fewer different positions in checkers than in chess, and the situations to be evaluated are simpler.

Arthur Samuel

Samuel coined the term “[machine learning](#)” in 1959. In 1966, he retired from IBM and became a professor at Stanford, where he worked the remainder of his life. He worked with Donald Knuth on the TeX project. He continued to write software past his 88th birthday. [Wikipedia]



Arthur Samuel



In 1961, when Ed Feigenbaum and Julian Feldman were putting together the first Artificial Intelligence anthology, *Computers and Thought*, they asked Samuel to give them, as an appendix to his splendid paper on his checker player, the best game the program had ever played. Samuel used that request as an opportunity to challenge the Connecticut state checker champion, the number four ranked player in the nation. Samuel's program won.

Because his checker work was one of the earliest examples of non-numerical computation, Samuel greatly influenced the instruction set of early IBM computers. The logical instructions of these computers were put in at his instigation and were quickly adopted by all computer designers, because they are useful for most non-numerical computation.

Samuel played a large role in establishing IBM's European laboratories and setting their research directions, especially in Vienna and Zurich.

His last work, continued until past the age of 85, involved modifying programs for printing in multiple type fonts on some of the Stanford Computer Science Department's computers. We believe he was the world's oldest active computer programmer.

Zitat von: <http://infolab.stanford.edu/pub/voy/museum/samuel.html>

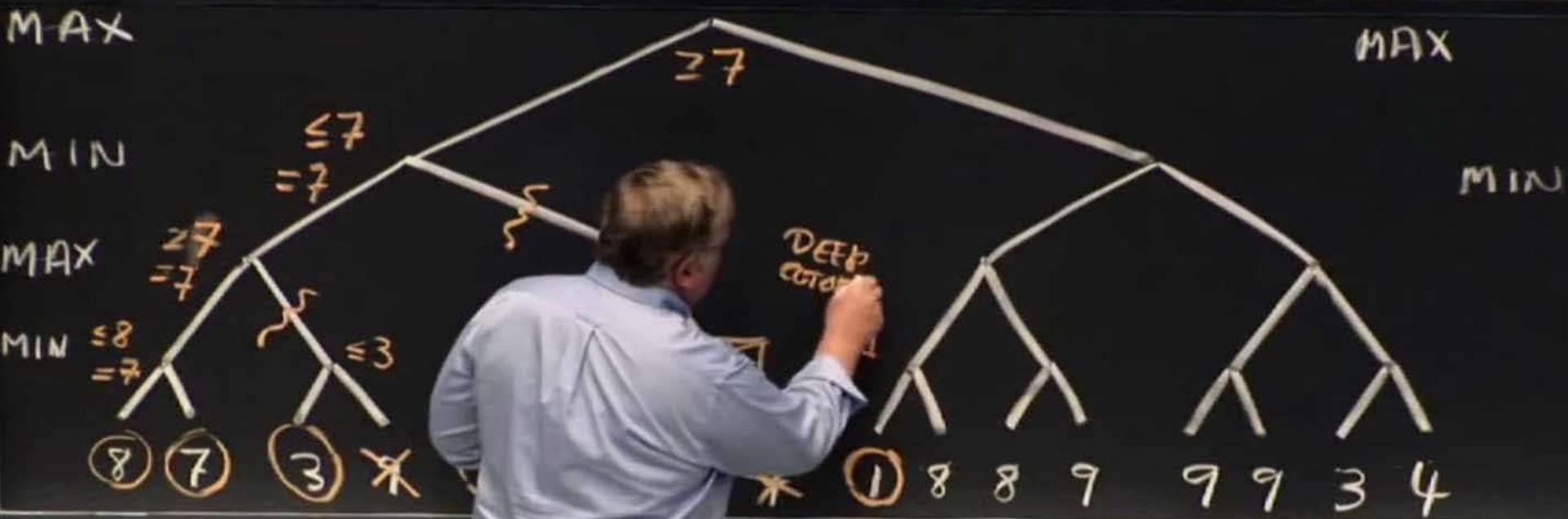
Mehr Informationen zum α - β -Algorithmus

- Ein [Übungsbeispiel](#) auf der [Homepage der Vorlesung](#), das in 75 Schritten den Ablauf des α - β -Algorithmus illustriert
 - www.vs.inf.ethz.ch/edu/I2/slides/Info2-ITET-AlphaBeta.pdf
- Artikel von Burkhard Monien, Ulf Lorenz, Daniel Warner: „Der Alphabeta-Algorithmus für Spielbäume: Wie bringe ich meinen Computer zum Schachspielen?“
 - Auf den Seiten 285-294 in folgendem empfehlenswerten Buch (welches auch noch 42 weitere nette Algorithmen beschreibt): Berthold Vöcking, Helmut Alt, Martin Dietzfelbinger, Rüdiger Reischuk, Christian Scheideler, Heribert Vollmer, Dorothea Wagner (Hg.): [Taschenbuch der Algorithmen](#), Springer 2008



Denkübung: Ist folgende Aussage wahr oder falsch? „When doing alpha-beta pruning on a game tree which is traversed from left to right, the leftmost branch will never be pruned.“

Mehr Informationen zum α - β -Algorithmus



▶ Und unzählige Videos sehr diverser Qualität bei YouTube ...

- "Our lecturer's been trying to teach us this for weeks, and you just did it in 4 minutes"
- "You're a Godsend! I had to watch this video n times, but I eventually got it"
- "I can't stop wanting to scream at all of the f*ing retards moving about and disrespecting this guys lecture... spot the guy sleeping after the 36:00 minutes"

Geht es noch besser?

Programming Techniques
and Data Structures

M. Douglas McIlroy*
Editor

The Solution for the Branching Factor of the Alpha-Beta Pruning Algorithm and its Optimality

Judea Pearl

University of California, Los Angeles

This paper analyzes $N_{n,d}$, the average number of terminal nodes examined by the α - β pruning algorithm in a uniform game tree of degree n and depth d for which the terminal values are drawn at random from a continuous distribution. It is shown that increasing the search depth by one extra step would increase $N_{n,d}$ by a factor (called the *branching factor*) $\mathcal{R}_{\alpha-\beta}(n) = \xi_n/1 - \xi_n \approx n^{3/4}$ where ξ_n is the positive root of $x^n + x - 1 = 0$. This implies that for a given search time allotment, the α - β pruning allows the search depth to be increased by a factor $\approx 4/3$ over that of an exhaustive minimax search. Moreover, since the quantity $(\xi_n/1 - \xi_n)^d$ has been identified as an absolute lower bound for the average complexity of all game searching algorithms, the equality $\mathcal{R}_{\alpha-\beta}(n) = \xi_n/1 - \xi_n$ now renders α - β asymptotically optimal.

- 1982 zeigt Judea Pearl, dass bzgl. der durchschnittlich zu bewertenden Knoten kein Algorithmus besser als α - β zur Minimax-Berechnung sein kann



- Lohnt es sich dann noch, über Optimierungen nachzudenken?
- Vielleicht können die hier getroffenen Annahmen günstiger gestaltet werden?



Es geht noch besser!

Wir besprechen nachfolgend **drei Optimierungen** von α - β :

- 1) Spekulative Suchfenster
- 2) Last Move Improvement
- 3) Nullfenster-Suchverfahren

Bei **1)** müssen nur im ungünstigen Fall (Pech gehabt!) mehr Knoten als beim α - β -Algorithmus analysiert werden; **2)** und **3)** analysieren nie mehr, sondern meist **signifikant weniger Knoten als α - β**

→ Im Mittel kann damit eine **beachtliche Beschleunigung** erreicht werden; es kommt dabei auf eine gute Wahl der Parameter bzw. eine geeignete Reihenfolge der Unterbäume an

1) Spekulative Suchfenster („aspiration search“)

- Idee: langsame **Schrumpfung** des Suchfensters **vorwegnehmen**
 - Dadurch bereits früh die **Wahrscheinlichkeit für Schnitte erhöhen**
 - Also: mit einem engeren Suchfenster $(\alpha, \beta) \neq (-\infty, +\infty)$ starten!
 - Gute α, β -Werte hat man z.B. aus der Vergangenheit gelernt 
-

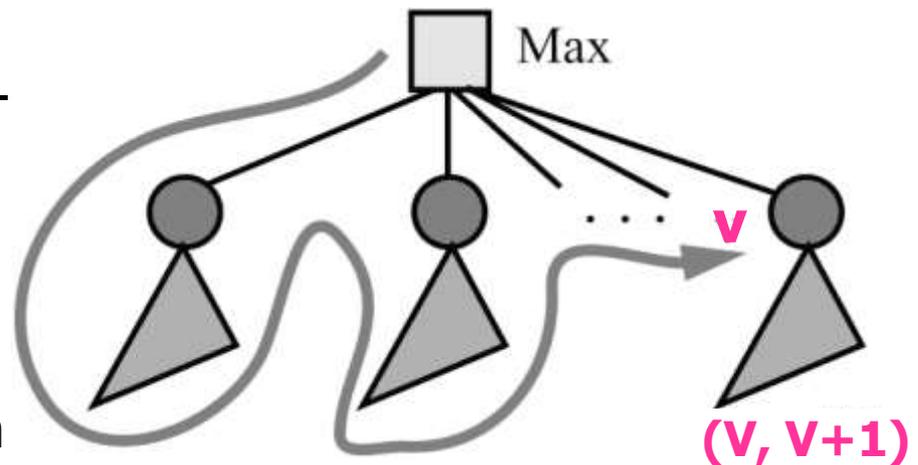
- Was tun, wenn man sich „**verspekuliert**“ hat?
- Kommt hoffentlich selten vor – aber **wie stellt man das fest?**
 - Bei einem initialen Suchfenster (a, b) wird exakt der „**Grenzwert**“ a geliefert
→ Minimaxwert ist $\leq a$ (also vermutlich leider tatsächlich $< a$)
 - Es wird der **Wert b** geliefert → analog (d.h. vermutlich tatsächlich $> b$)
- Man **wiederholt** dann notgedrungen das Ganze mit einem (halbseitig) **erweiterten Suchfenster**
 - Denkübung: und wenn dabei wieder genau a bzw. b geliefert wird?

2) Last Move Improvement

- Es kommt i.Allg. gar **nicht** auf den genauen **Minimaxwert** an, sondern nur auf den **besten Zug** aus der ggw. Stellung 

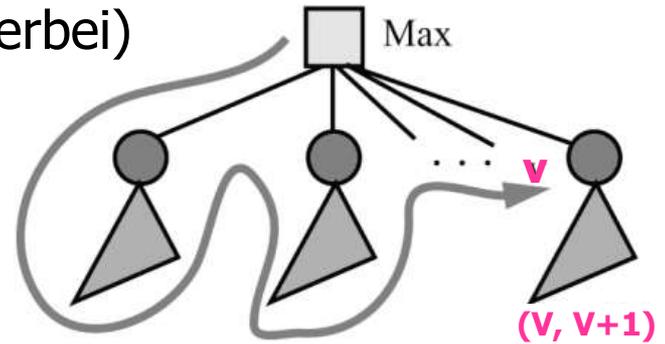
- Skizze des Algorithmus:

- Untersuche alle direkten Nachfolger eines Knotens wie gehabt, **bis auf den letzten**
- Sei **v** der dabei ermittelte Wert für „Max“
- „Reduce to the max“: Für den Baum des **letzten Nachfolgers** verwende das „maximal enge“ **Suchfenster (v, v+1)**



2) Last Move Improvement (2)

- Dabei ist $(v, v+1)$ ein sogenanntes **Nullfenster**; es ist von vornherein klar, dass das Ergebnis ausserhalb des Suchfensters liegt (Es werden ganzzahlige Werte vorausgesetzt; die Randwerte selbst führen schon Schnitte herbei)
- Von Bedeutung ist nur, ob das Ergebnis (bzgl. Max) $\leq v$ oder ob es $\geq v+1$ ist
 - $\leq v \rightarrow$ **rechtster Zug ist uninteressant**, da schlechter als einer der anderen Züge
 - $\geq v+1 \rightarrow$ **bester Wert liegt im Unterbaum ganz rechts** (genaue Lage und Wert allerdings unbekannt!), daher wähle diesen Zug
- Vorteil: Durch das sehr enge Fenster kommt es im letzten Unterbaum ganz rechts zu viel **mehr Schnittmöglichkeiten**

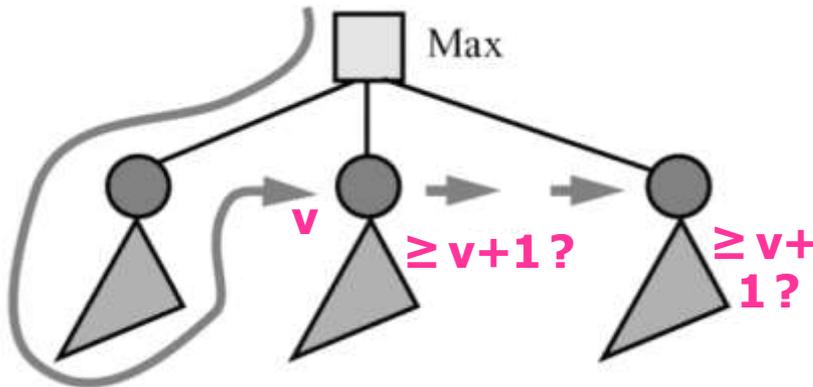


Denkübung: Idee rekursiv auf den vorletzten Zug anwenden etc.?

3) Nullfenster-Suchverfahren

Andere Bezeichnungen: „principal variation search“ oder „NegaScout“

- Im **linken Unterbaum** den **Minimaxwert v** als Referenzwert ermitteln
- Mit dem **Nullfenster $(v, v+1)$** zu „beweisen“ versuchen, dass (bzgl. Max) alle anderen Unterbäume keinen besseren Wert $\geq v+1$ liefern
 - Hier wäre eine unabhängige **Parallelauswertung** der Unterbäumen gut möglich



Falls der Beweis für einen Unterbaum T nicht gelingt, abwarten, ob noch ein **anderer Unterbaum** einen Wert $>v$ liefert; dann mit wiederholter Suche T's genauen Minimaxwert ermitteln und als neuen Referenzwert für weiter rechts stehende Unterbäume verwenden (sonst ist T als beste Zug ja eindeutig!)

- Von Vorteil, wenn der **Zug ganz links** der **beste** oder zweitbeste ist
 - Ist oft der Fall, wenn man (z.B. für Bestensuche oder α - β) die Nachfolger einer statischen Bewertung unterzieht und entsprechend anordnet
 - **Viele Schnitte** durch das enge Suchfenster → bei einem Reversi-Spielprogramm wurde so ca. **63% der Zeit** gegenüber Standard- α - β **gespart!**



Es geht noch besser!

Drei Optimierungen von α - β :

- 1) Spekulative Suchfenster
- 2) Last Move Improvement
- 3) Nullfenster-Suchverfahren

Die **Moral** der Geschichte?

Programming Techniques and Data Structures M. Douglas McIlroy*
Editor

The Solution for the Branching Factor of the Alpha-Beta Pruning Algorithm and its **Optimality**

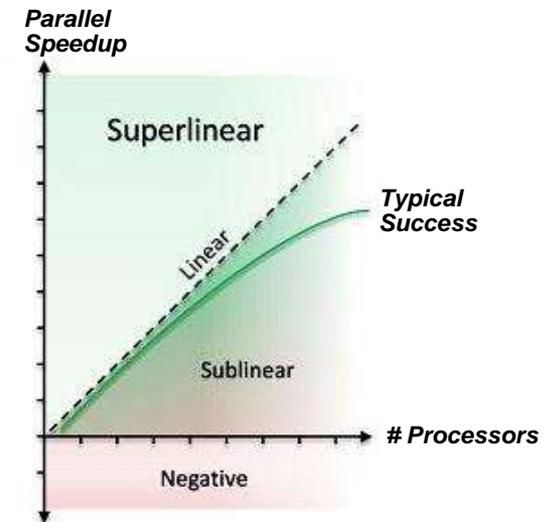
Judea Pearl

University of California, Los Angeles

This paper analyzes $N_{n,d}$, the average number of terminal nodes examined by the α - β pruning algorithm in a uniform game tree of degree n and depth d for which the terminal values are drawn at random from a continuous distribution. It is shown that increasing the search depth by one extra step would increase $N_{n,d}$ by a factor (called the *branching factor*) $\mathcal{R}_{\alpha-\beta}(n) = \xi_n/1 - \xi_n \approx n^{3/4}$ where ξ_n is the positive root of $x^n + x - 1 = 0$. This implies that for a given search time allotment, the α - β pruning allows the search depth to be increased by a factor $\approx 4/3$ over that of an exhaustive minimax search. Moreover, since the quantity $(\xi_n/1 - \xi_n)^d$ has been identified as an absolute lower bound for the average complexity of all game searching algorithms, the equality $\mathcal{R}_{\alpha-\beta}(n) = \xi_n/1 - \xi_n$ now renders α - β asymptotically optimal.

Parallele Auswertung eines Suchbaums?

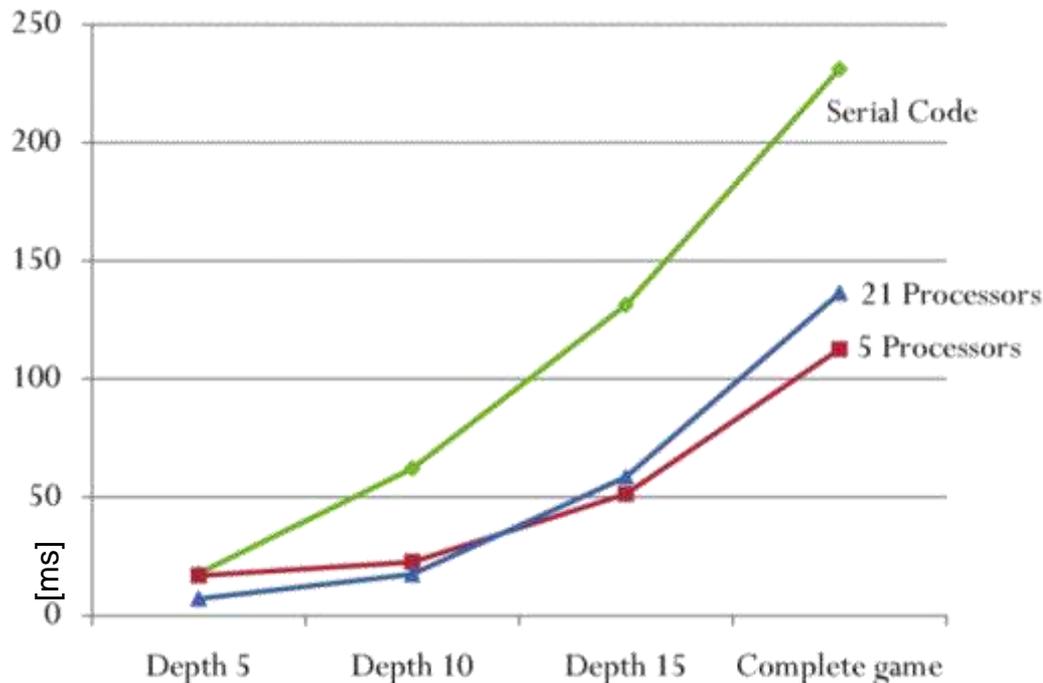
- Naheliegende Idee: **Gleichzeitige Auswertung mehrerer Unterbäume**
- Die adäquate Verwaltung und Nutzung von **globalem Wissen** (z.B. der α - β -Werte) sowie generell die **Koordination** der parallel arbeitenden Einheiten ist allerdings nicht einfach und erfordert zeitkostenden **Zusatzaufwand**
- Wir gehen auf dieses an sich spannende Thema in dieser Vorlesung nicht näher ein
 - Allerdings später: Generelles Thema Multithreading / Concurrency bei Java
- Bei Interesse – Hinweise zur **Forschungsliteratur** finden sich hier:
 - www.chessprogramming.org/Parallel_Search



Parallele Auswertung von Reversi im Endspiel

Hier ein Versuch, **Reversi im Endspiel parallel zu berechnen**

- Menge von **Slave**-Prozessen, die von einem **Master** die jeweilige Aufgabe (Auswertung eines Unterbaums) zugewiesen bekommen
- Unterbäume werden entsprechend „**Monte Carlo Tree Search**“ ausgewertet: Wiederholte zufällige Zugwahl und Parallel Variant Splitting („an average of 4 possible moves, one move per processor“ → 1+4 [+16] processors)



Das Ergebnis ist ernüchternd: Man erreichte so (gegenüber der sequentiellen Version) eine Beschleunigung um den Faktor 2 bei 5 Prozessoren, bei noch mehr Prozessoren (21) war der Zusatzaufwand dann allerdings wieder grösser als der Nutzen.

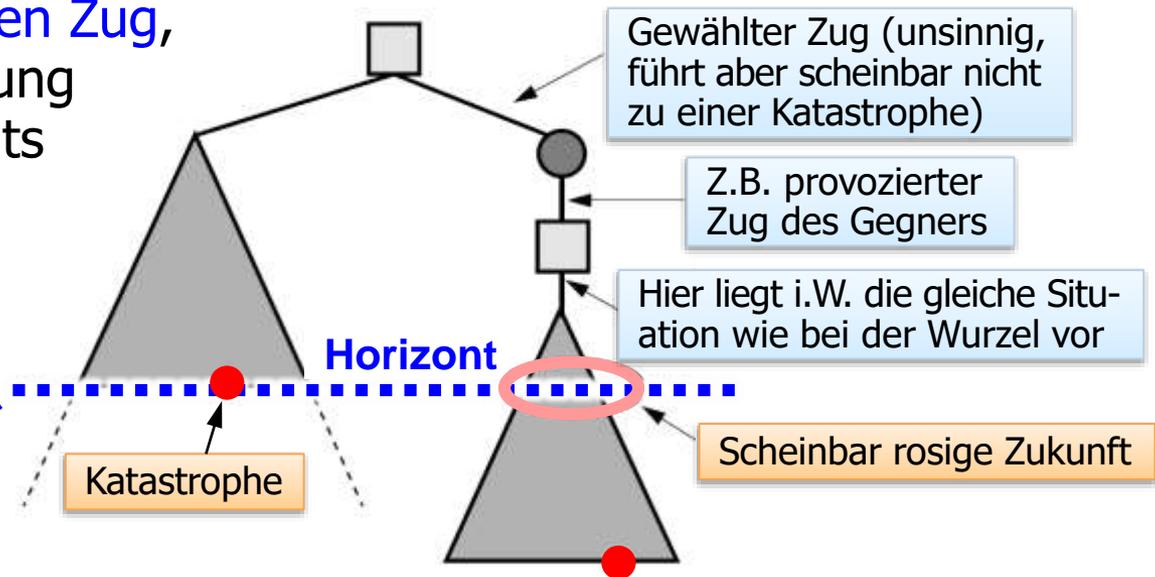
Eine höhere parallele Skalierbarkeit zu erzielen ist nicht unmöglich, erfordert aber eine genaue Analyse, Erfahrung und einige Experimente.

Der Horizont-Effekt

Typisches Spielverhalten: Eine unausweichliche **Katastrophe** wird immer wieder um einige Züge **hinausgeschoben**

- Über den **Horizont** (= **maximale Suchtiefe**), dadurch sieht die Zukunft zunächst wieder einigermassen rosig aus
- Z.B. durch **irrelevanten Zug**, der mit der Vermeidung der Katastrophe nichts zu tun hat, aber den Gegner zunächst zu einer unmittelbaren Antwort zwingt

Spielprogramm optimiert die Schönheit seines Horizontes!



→ Übergang des Spielprogramms in einen Modus ziemlich **unsinniger „Übersprunghandlungen“**, weit entfernt vom Brennpunkt des Geschehens

Christopher Strachey und der Horizont-Effekt

Die Entdeckung des Horizont-Effektes durch Christopher Strachey (1916 – 1975), seinerzeit Mathematiklehrer in Harrow, beschrieb sein damaliger Schüler Michael Jackson. (Die bildhafte Bezeichnung „Horizont-Effekt“ wurde aber erst 1973 von Hans Berliner kreiert.) In seiner Freizeit entwickelte Strachey ein Programm für das Damespiel, das er zunächst für den „Pilot ACE“ (für „Automatic Computing Engine“), einen der ersten britischen Computer, programmierte, dann aber 1951 / 1952 für den Ferranti Mark I der Manchester-Universität fertigstellte. Angeregt dazu wurde er Mitte 1950, analog zu Dietrich Prinz, durch den Artikel „A Theory of Chess and Noughts and Crosses“ von Donald Davies. Jackson berichtet:

At the beginning of the 1950s Christopher Strachey was teaching mathematics at Harrow, a traditional English public school. At the age of fourteen I, along with some 20 other boys in the Classical Lower Fifth, was fortunate enough to be among his pupils. [...] We explored binary notation and other number representations; we analysed the game of Nim, and we went to see Nimrod, the Ferranti Nim-playing computer exhibited at the Festival of Britain in 1951. [...]

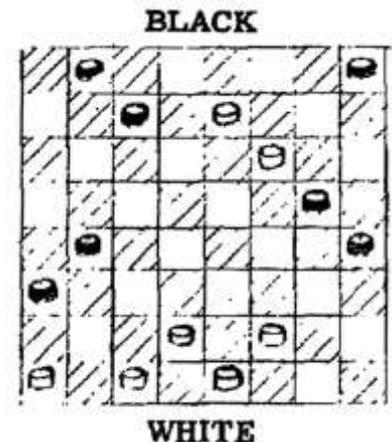
At the time, he was writing experimental programs for the computer at Manchester university: neat columns of numeric machine-code instructions, the jumps carefully annotated with pencilled arrows leading to their targets. [...] He wrote a program to play draughts (or checkers). The program was punched into 5-hole paper tape in London; loaded into the machine in Manchester, it ran perfectly first time. But it had a serious defect. It evaluated each possible move by a one-level look-ahead procedure: the value of the move was the net gain in material strength after the opponent's best possible reply. This strategy had a consequence that Christopher had not foreseen. When the opponent was about to promote a piece to king, gaining one piece in strength, the program might choose to postpone the promotion by a futile sacrifice of one of its own pieces, thus forcing the opponent to take the program's piece instead of promoting its own.

Horizont-Effekt: „To postpone the evil day“

Strachey beschreibt sein Dame-Programm und den Horizont-Effekt 1952 (Auszüge aus dem Konferenzbeitrag „Logical or non-mathematical programmes“ beim ACM national meeting):

The game of draughts occupies an intermediate position between the extremely complex games such as chess, and the relatively simple games such as Nim or Noughts-and-Crosses. [...] The moves are relatively simple, but it is still necessary to make the machine look ahead and choose its moves by a valuation scheme. I have succeeded in making a programme for the Manchester Machine which will in fact play a complete game of Draughts at a reasonable speed. [...] The machine considers moves at the rate of about 10 a second, so that looking three moves ahead (those of its own and one of its opponent's), which takes between one and two minutes, represents about the limit which can be allowed from the point of view of time.

This is not sufficient to allow the machine to play well, though it can play fairly sensibly for most of the game. One **wholly unexpected difficulty** appears. Consider the position in fig.3. In this position, the machine is aware that its opponent is going to King next move. Now a King is more valuable than a man – the actual values were 3 for a King and 1 for a man – so that if the opponent Kings the machine effectively loses 2 points. The only way it can stop this is by offering a man for sacrifice, because then, by the rules of the game the sacrifice must be taken at once. If it does this, it will lose only one point, and **as it is not looking far enough ahead, it cannot see that it has not prevented its opponent from Kinging but only postponed the evil day.** At its next move it is still faced with the same difficulty which it tries to solve in the same way, so that **it will make every possible sacrifice of a single man before it accepts as inevitable the creation of an opponent's King.** This, of course is a fatal flaw in the strategy – and not one it would have been easy to detect without actually trying it out.



I sat in front of this enormous machine with four or five rows of 20 switches and things, in a room that felt like the control room of a battleship. -- Christopher Strachey

Christopher Strachey:

Das erste Programm mit graphischem Display

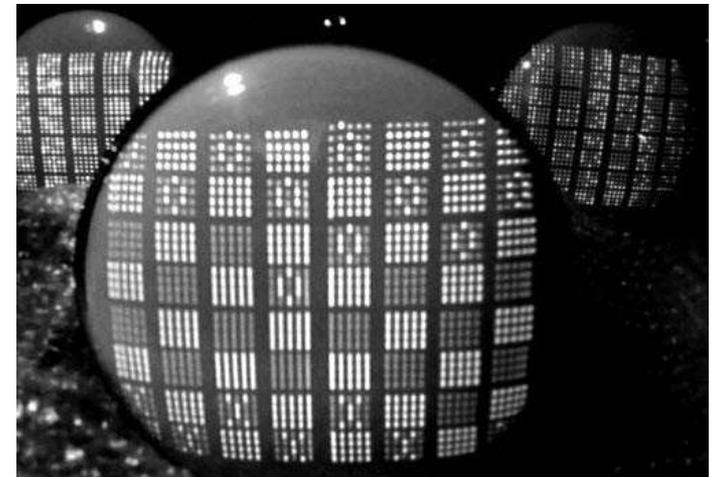
David Link analysierte und rekonstruierte Software des Ferranti Mark I, insbesondere auch das [Dame-Programm von Christopher Strachey](#) von 1951 / 52. Er schreibt dazu u.a.:

The human and machine made moves alternately, the latter by [printing them on the teletype](#), the former by [setting the hand-switches on the console](#) and hitting KAC. The complete game was printed out, and two consecutive situations could always be inspected in parallel graphically on cathode ray tubes 3 and 5, which were part of the working memory of the machine. The software very probably constitutes the [first usage of a graphical display in a computer program](#).

Strachey had coded an additional "preview feature": after the user had announced his move by setting it up on the switches, the machine showed the resulting position on cathode ray tube 3. If he then answered NO by composing ///T on the console (bit 19 on), the algorithm reverted to the previous situation on the board and he could try something else. [...]

To write a program that could handle the rather complex task of playing draughts must have been sensational at the time. [...] The game-playing routine proper [...] consisted of eight pages, while for the service part occupied another ten sheets, with four containing auxiliary functions. So, [18 or 22 pages in total](#), depending on the method of counting – [incredibly long for the time](#).

[www.computerconservationsociety.org/resurrection/res60.htm; auch Bildquelle]



Die Kathodenstrahlröhren dienten eigentlich dazu, den Speicherzustand sichtbar zu machen und wurden an anderer Stelle so beschrieben: *Each binary digit of either program or data was represented by an electrostatic spot on the surface of the cathode-ray tubes and the store could be viewed on monitor tubes on which the 'ones' glowed more brightly than the 'zeros' and the actual data and instructions being currently used glowed more brightly than the rest.*

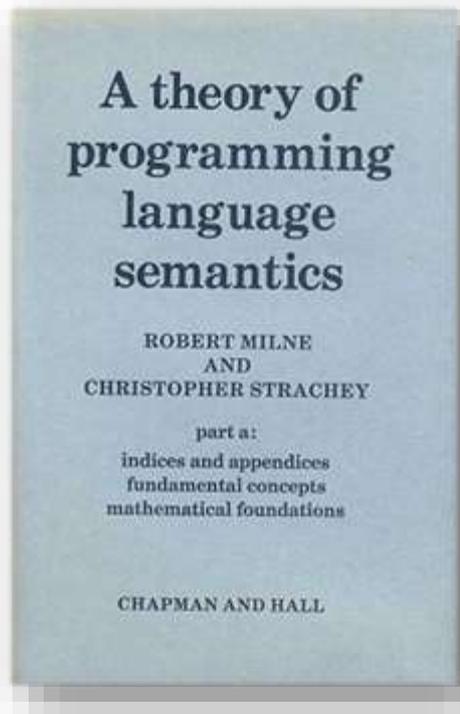
Christopher Strachey (1916 – 1975)

Without him and CPL, BCPL would not have been developed and it would not have been seen by Ken Thompson. Ken's language B would not have been developed. His collaboration with Dennis Ritchie would not have created C. Even C++ and Java might not have been created. -- Martin Richards

Christopher Strachey war ein britischer Informatiker und Pionier im Bereich Computersysteme und Theorie der Programmiersprachen. Er entwickelte Konzepte für **maschinenunabhängige Betriebssysteme** (darunter Ideen für time-sharing); insbesondere aber interessierte er sich für mathematische Prinzipien, um die **Semantik von Programmiersprachen** exakt zu definieren. Zusammen

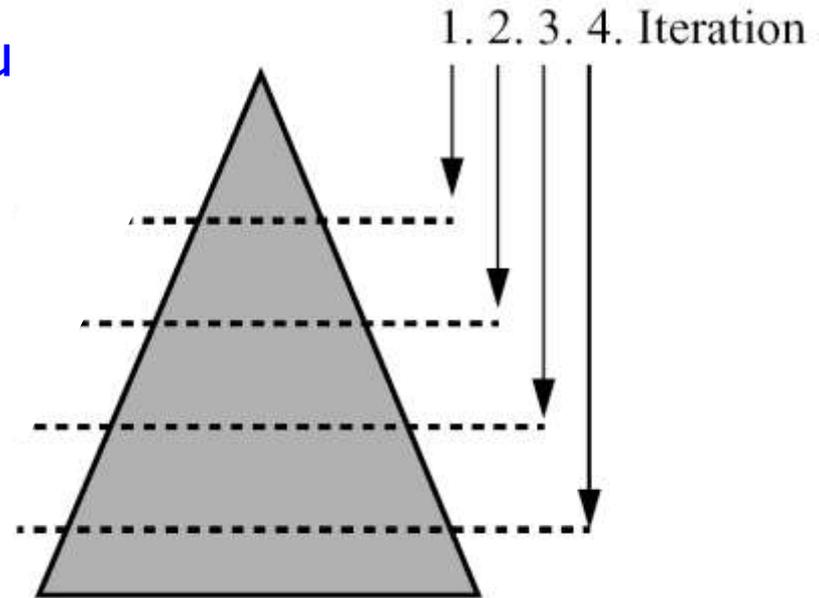
mit Dana Scott (amerikanischer Mathematiker, *1934, Turing Award 1976) begründete er die Theorie der **denotationellen Semantik** von Programmiersprachen.

Erst mit 35 Jahren entdeckte er (am National Physical Laboratory und der Manchester-Universität) das Programmieren von Computern; ab 1962 war er in Cambridge, ab 1965 in Oxford (Gründer der „Programming Research Group“).



Iterative Vertiefung

- Der Spielbaum wird **zunächst bis zu einer Tiefe n** ausgewertet; wenn dann noch genügend Zeit bleibt, wird er **wiederholt** ausgewertet, dann aber **bis zur Tiefe $n+1$**
- Eine Auswertung bis zur Tiefe n ist billig im Vergleich zur Auswertung bis zur Tiefe $n+1$ (→ **Wiederholung kostet nicht viel**)
 - Bei der früheren Iteration wird Information bzgl. der statischen Bewertung von Stellungen gewonnen – diese kann bei der nächsten Iteration zum Sortieren der Unterbäume oder für spekulative Suchfenster genutzt werden
 - Um Mehrfachauswertungen von Knoten zu verbilligen, können evtl. einige Information aus früheren Stellungsbewertungen aufbewahrt werden



Endspielanalyse

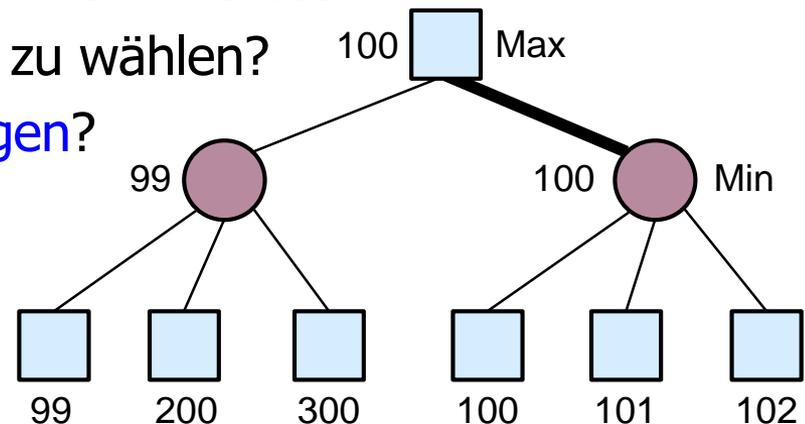
- Wenn das Spiel nur noch wenige Züge dauern kann:
 - Evtl. kann dann der **Baum vollständig analysiert** werden
 - Falls es auf die Höhe des Gewinns nicht ankommt, genügt dafür die zweiwertige Menge {**gewonnen, verloren-oder-unentschieden**}
 - Zweiwertige Bäume können durch **boolesche Operatoren besonders effizient** analysiert werden (→ Und-Oder-Bäume!); es gibt **mehr Schnitte**, daher wird man das Endspiel zunächst damit analysieren; wenn man dann noch näher am Spielende ist, wird auch noch die Gewinnhöhe maximiert

Kritik an den Grundannahmen

- (1) **Gegnermodell**: Ist es eigentlich realistisch, dass der Gegner
- das Minimax-Prinzip anwendet? (Und bis zu welcher Tiefe?)
 - **rational** spielt und **unfehlbar** ist? (Sollte man auf Nachlässigkeit spekulieren?)

- (2) **Schätzfehler**: Bei den Werten künstlicher Blätter handelt es sich nur um Schätzwerte des echten Minimax-Wertes

- Ist es z.B. klug, hier den **rechten Zug** zu wählen?
- Helfen **Wahrscheinlichkeitsüberlegungen**?



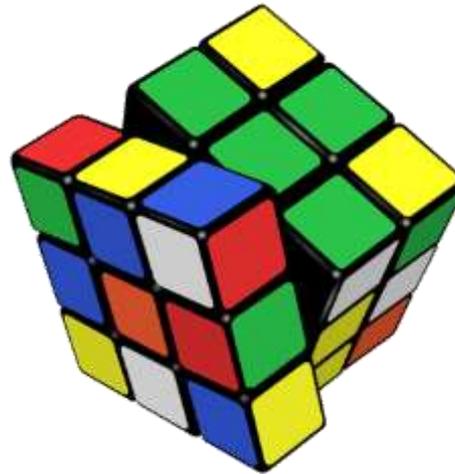
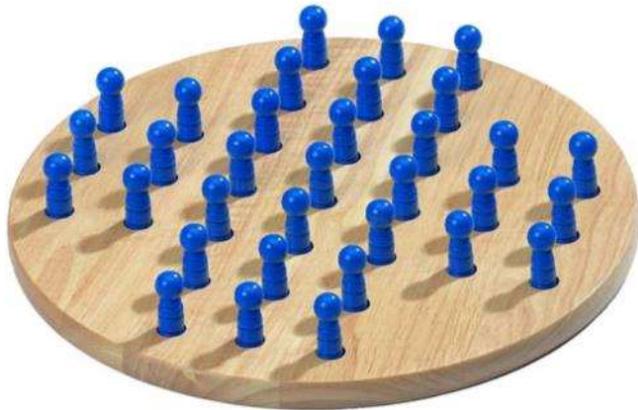
Das tun z.B. die Programme von Geldanlageberatern: Für eine Gewinnmaximierung unter **akzeptablem Risiko** werden Wahrscheinlichkeitsannahmen über die unsichere Marktentwicklung getroffen.

Systematisch wird dies beim „**Monte-Carlo tree search (MCTS)**“ betrieben; dies lässt sich gut parallelisieren, und sogar beim schwierigen Spiel „**Go**“ erzielt man damit gute Erfolge

Und was ist mit Solitärspielen?

Oft auch „Geduldsspiele“ genannt, im Gegensatz zu den „Gesellschaftsspielen“

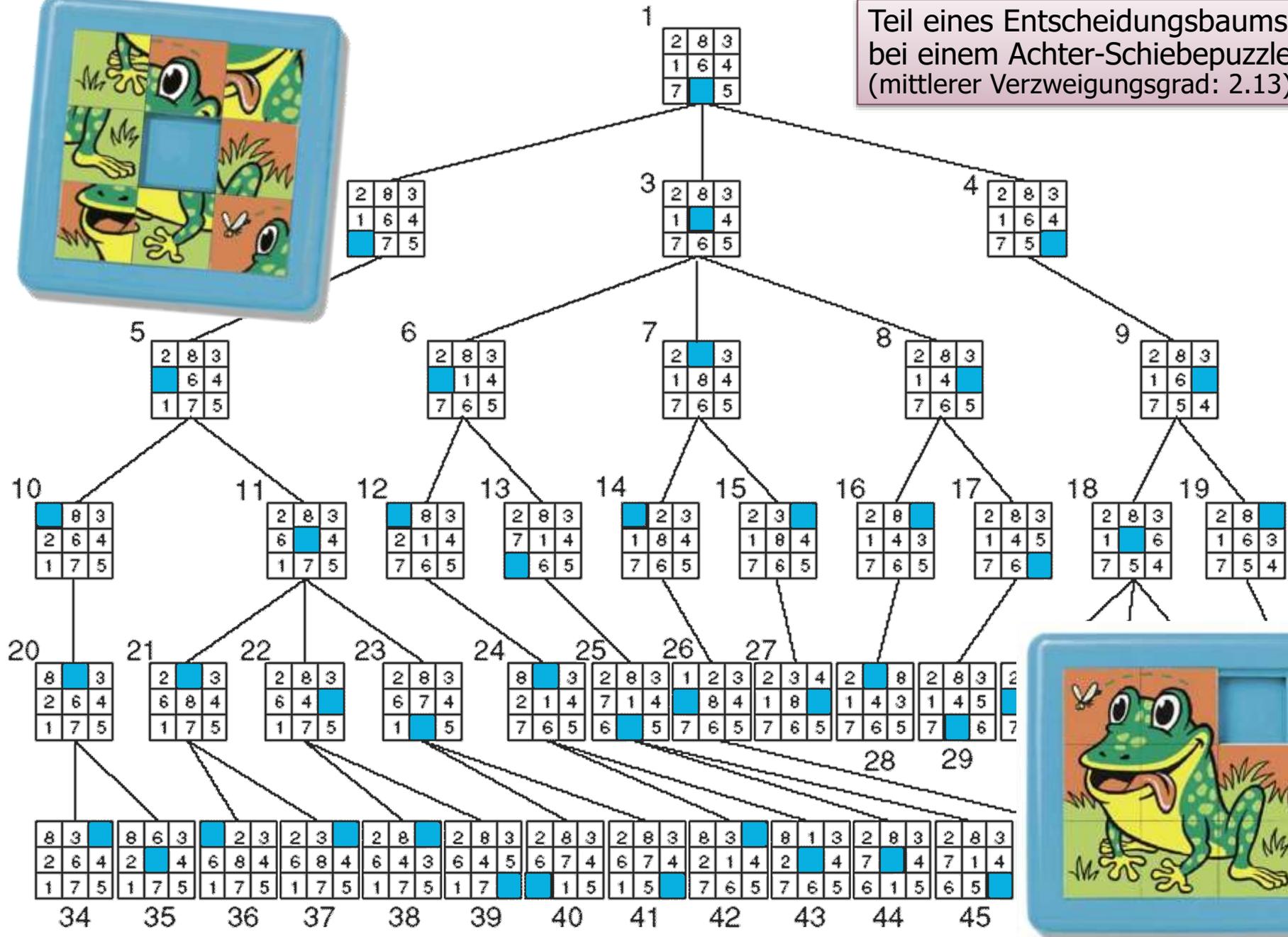
- Da hat man **keinen maliziösen Gegner**, aber es ist schwierig genug, gegen die „inhärente Komplexität“ zu spielen...
 - Und man möchte auch schnell „gewinnen“

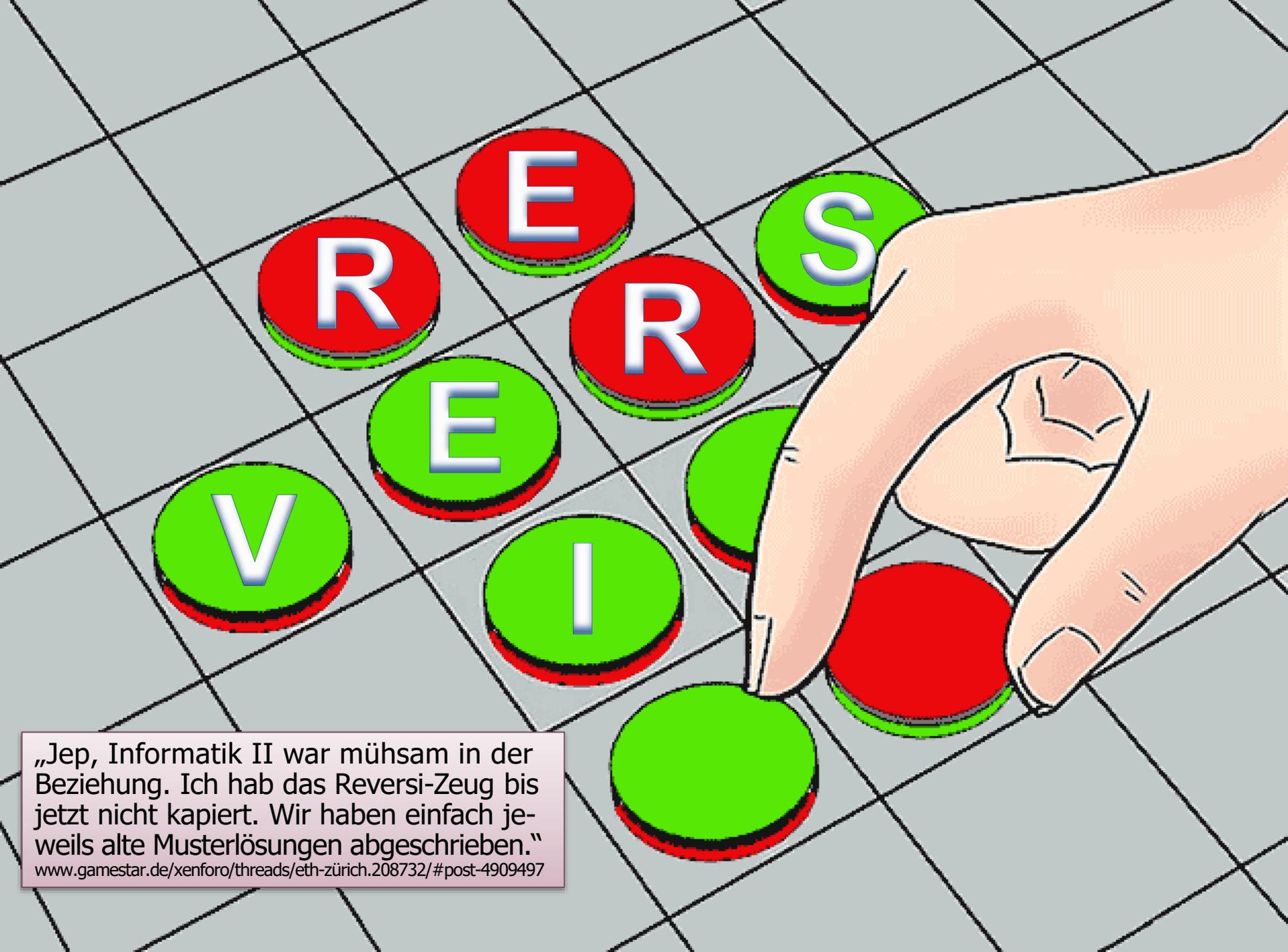


- Man könnte diese als Zweipersonenspiel modellieren, wo der **Gegner stets passen muss** oder nur einen einzigen Zug hat
 - Aber man sieht: Es läuft auf eine Klasse von **Suchproblemen** heraus, die wir früher bereits mit **Backtracking** behandelt haben (Labyrinth-Probleme, Schildkrötenpuzzle, n-Damen-Problem etc.)



Teil eines Entscheidungsbaums bei einem Achter-Schiebepuzzle (mittlerer Verzweigungsgrad: 2.13)





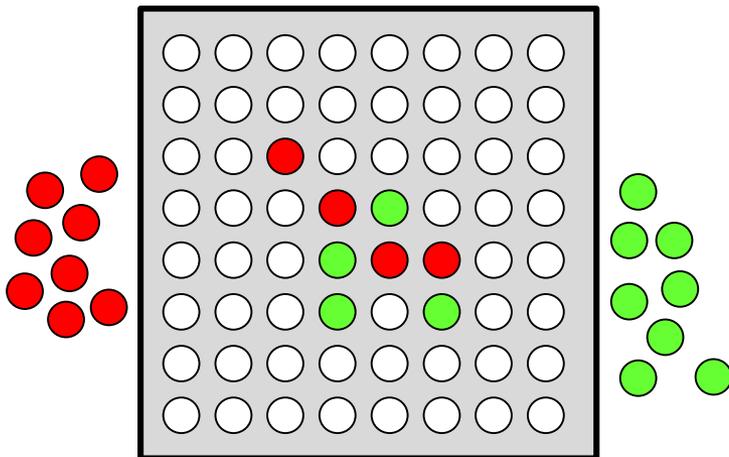
„Jep, Informatik II war mühsam in der Beziehung. Ich hab das Reversi-Zeug bis jetzt nicht kapiert. Wir haben einfach jeweils alte Musterlösungen abgeschrieben.“

www.gamestar.de/xenforo/threads/eth-zürich.208732/#post-4909497

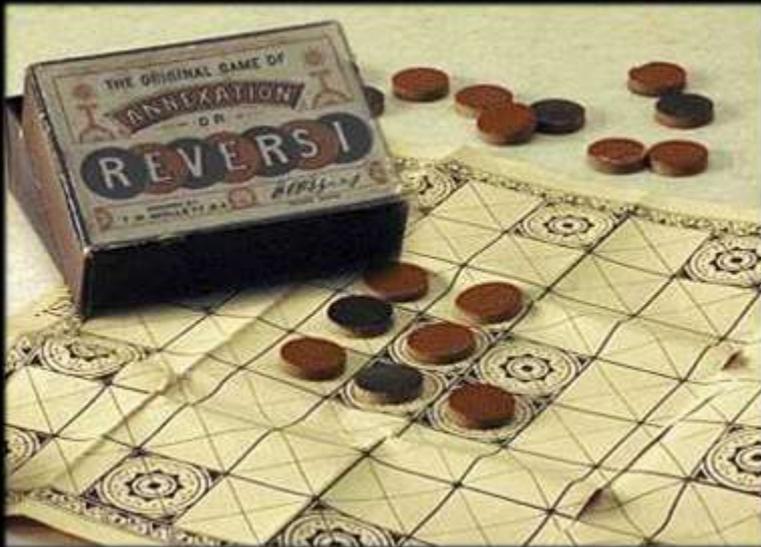
Reversi



- Programmierung des Spiels „**Reversi**“ in den Übungen
 - Auch als „**Othello**“ bekannt
 - Für uns: Gelegenheit, Teile der Theorie anzuwenden (→ **Turnier!**)
- **Spielregeln sind einfach**, gute **Strategien** aber **schwierig**
 - Ca. **10^{28} Spielzustände**; vollständiger Spielbaum hat ca. **10^{54} Knoten**
 - Man vermutet, dass ein **Unentschieden erzwingbar** ist (man weiss: auf einem 6x6-Feld kann der *nachziehende Spieler* den Sieg erreichen!)



- **Um 1880** von Lewis Waterman bzw. John Mollet erfunden
 - Die beiden haben sich deswegen heftig gestritten (und duelliert?)
 - Erste deutsche Version 1893
 - Ältere chinesische Vorläufer?



„Turn-Over“ (1898), eine Reversi-Variante



Reversi-Spiel von Waterman, 1882

Reversi-Spielregeln

Ein Spieler legt seinen Stein immer mit der roten Seite nach oben, der andere entsprechend mit der grünen. Zu Spielbeginn befinden sich vier Steine in der Brettmitte. Ein Spieler muss seinen Stein auf ein leeres Feld legen, das horizontal, vertikal oder diagonal an ein bereits belegtes Feld angrenzt. Wird ein Stein gelegt, werden alle gegnerischen Steine, die sich zwischen dem neuen Spielstein und einem bereits gelegten Stein der eigenen Farbe befinden, umgedreht. Spielzüge, die zu keinem Umdrehen von gegnerischen Steinen führen, sind nicht erlaubt. Das Ziel des Spiels ist es, am Ende eine möglichst grosse Anzahl von Steinen der eigenen Farbe auf dem Brett zu haben. [Wikipedia]

a1	b1	c1	d1	e1	f1	g1	h1
a2	b2	c2	d2	e2	f2	g2	h2
a3	b3	c3	d3	e3	f3	g3	h3
a4	b4	c4	d4	e4	f4	g4	h4
a5	b5	c5	d5	e5	f5	g5	h5
a6	b6	c6	d6	e6	f6	g6	h6
a7	b7	c7	d7	e7	f7	g7	h7
a8	b8	c8	d8	e8	f8	g8	h8

a1	b1	c1	d1	e1	f1	g1	h1
a2	b2	c2	d2	e2	f2	g2	h2
a3	b3	c3	d3	e3	f3	g3	h3
a4	b4	c4	d4	e4	f4	g4	h4
a5	b5	c5	d5	e5	f5	g5	h5
a6	b6	c6	d6	e6	f6	g6	h6
a7	b7	c7	d7	e7	f7	g7	h7
a8	b8	c8	d8	e8	f8	g8	h8

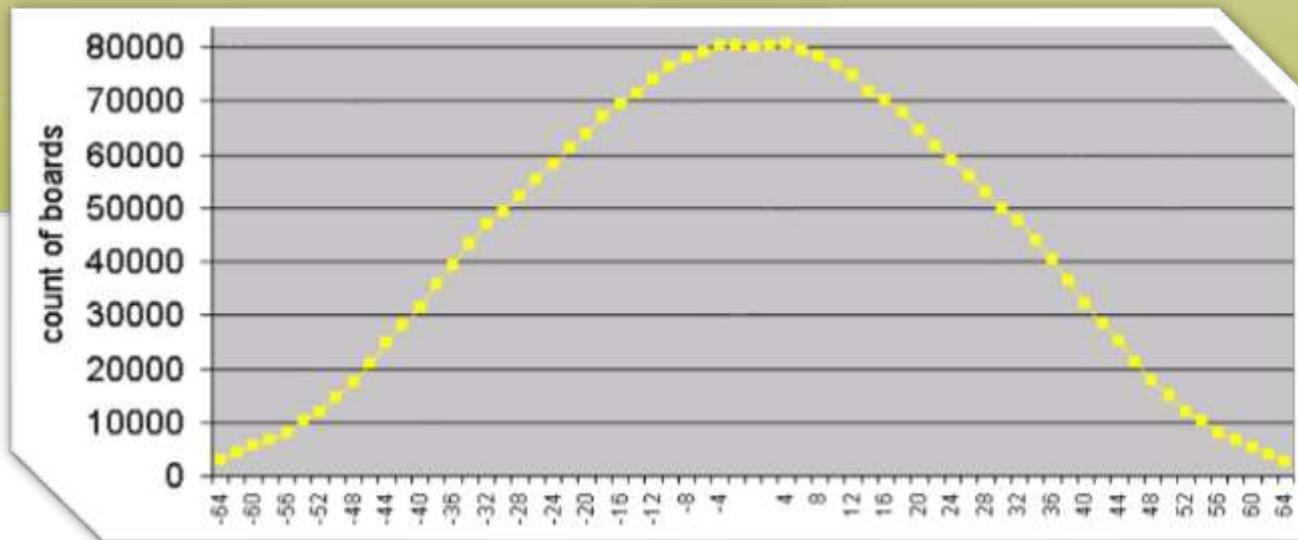
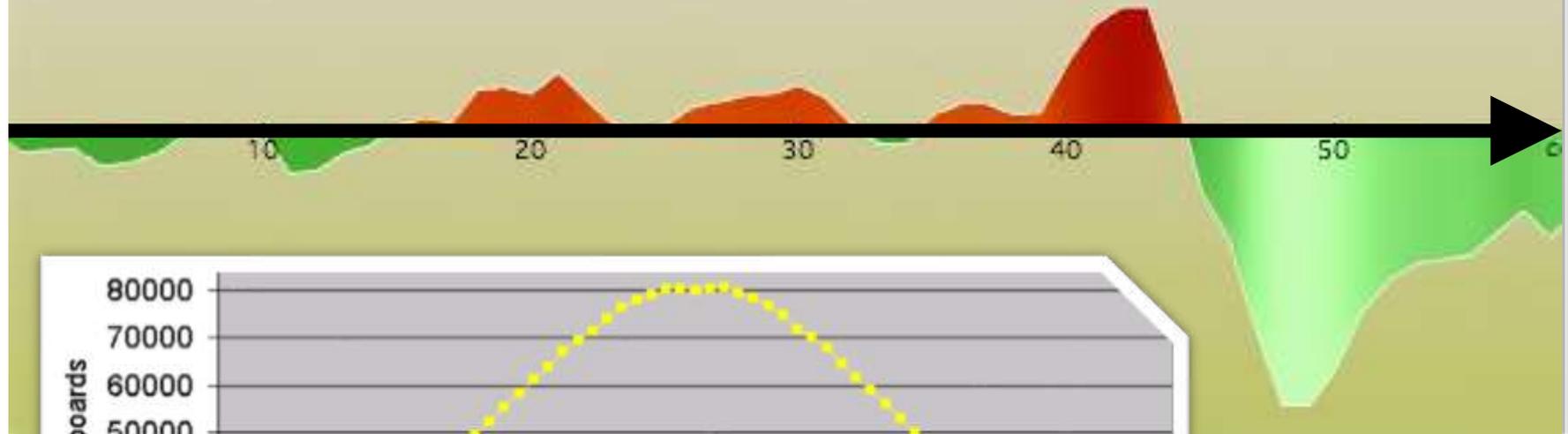
Bildquelle: Leo Merholz, Pascal Schärli (Semester Project "Reversi Platform Enhancements")

Die beiden Spielbretter zeigen die Wirkung eines einzigen Zuges. Der rote Spieler belegt e6, wodurch e4 und e5 horizontal sowie c4 und d5 diagonal durch rote Steine eingeschlossen sind und umgedreht werden.

Reversi-Spielverläufe

Das Glück kann sich schnell wenden – hier abgetragen über den Verlauf einer Beispielpartie, wer momentan im Vorteil ist

<http://cassio.free.fr/cassio/images/CassioGraphExample.jpg>



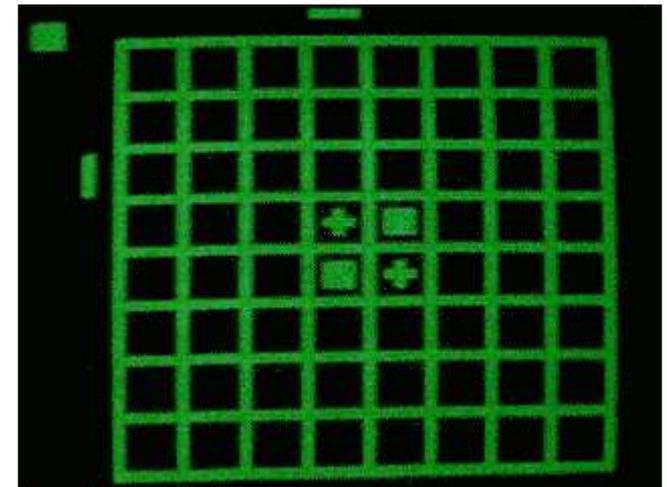
Verteilung des Endresultats, empirisch ermittelte aus vielen Einzelspielen

www.tothello.com/html/some_theory.html

Der Reversi-Spielautomat von Nintendo (1978)

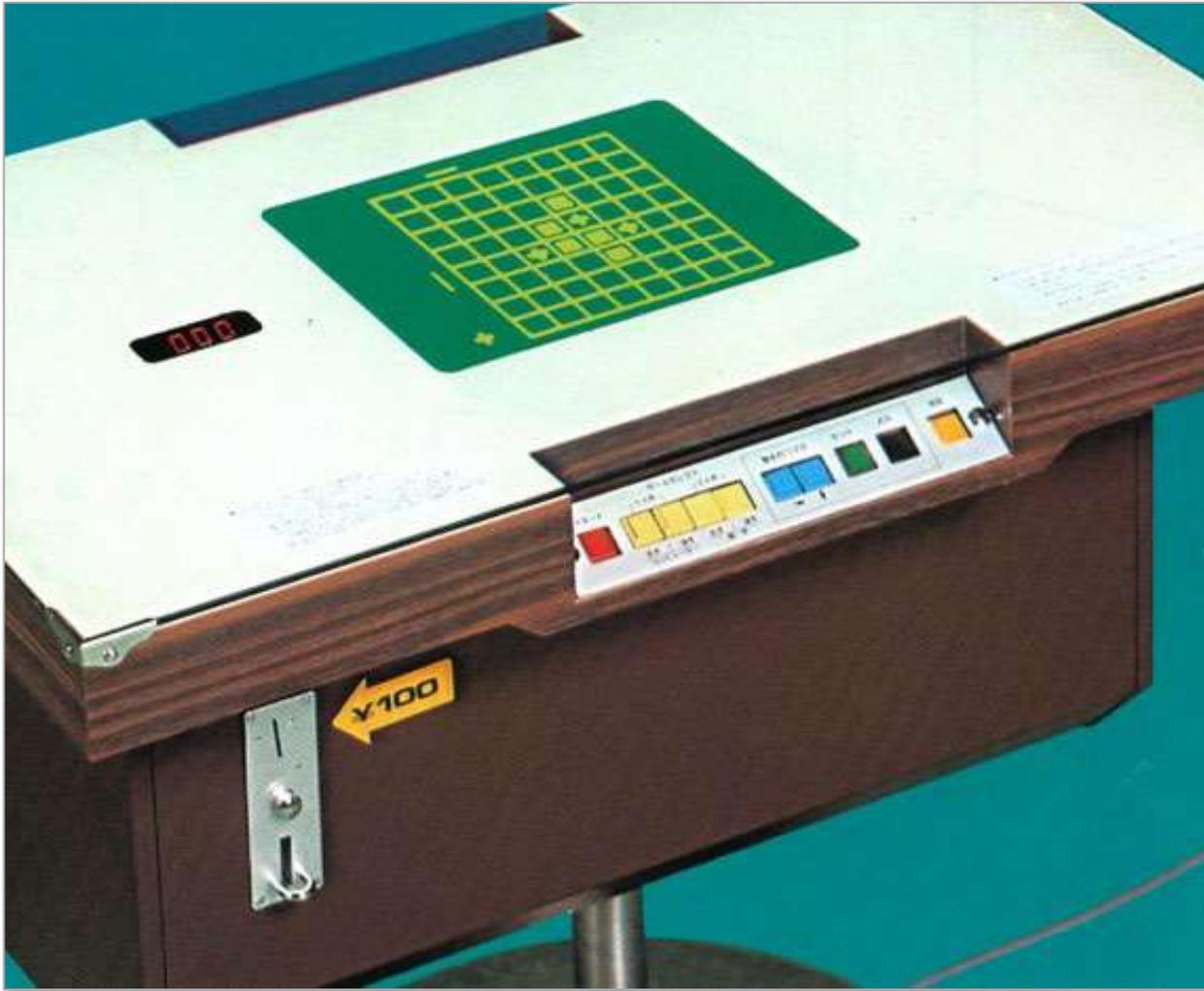


Ab 1978 fertigte Nintendo einen **Spielautomaten** für Reversi; man konnte alleine gegen den Automaten oder alternativ gegen einen menschlichen Mitspieler antreten



Bildquelle: http://en.wikipedia.org/wiki/File:ComputerOthello_arcadeflyers.png

Der Reversi-Spielautomat von Nintendo (1978)



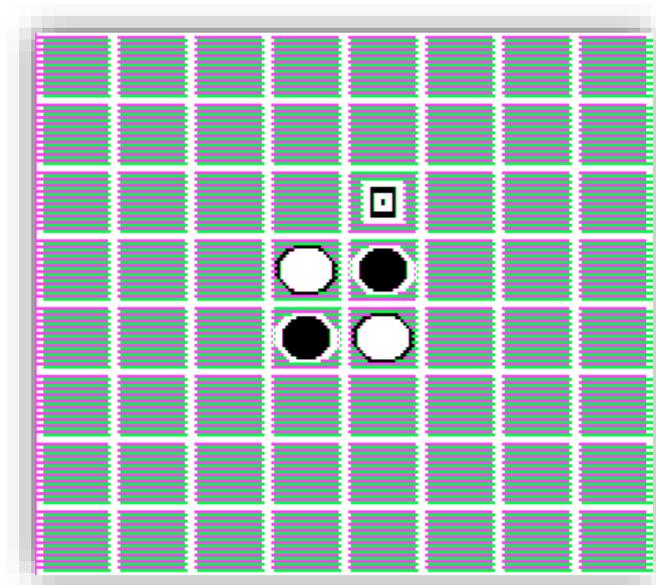
Bildquellen: http://en.wikipedia.org/wiki/File:ComputerOthello_arcadeflyers.png

Reversi auf dem Apple-Computer (1979)

1979 erschien das Reversi-Spiel (unter dem Namen „Super Othello“) für den seinerzeit weit verbreiteten Apple II-Heimcomputer. Als Datenträger fungierte wie üblich eine Magnetbandkassette.



Die Instruktionen auf der Begrüssungsseite nach dem Laden des Programms von Kassette sind kurz und klar (Kleinbuchstaben kannten Computer nicht!): THE COMPUTER WILL PLAY BLACK. THE RIGHT AND LEFT ARROW KEYS MOVE THE CURSOR. HIT RETURN TO MAKE YOUR MOVE. WOULD YOU LIKE TO GO FIRST? Und nach der Antwort geht es gleich los:

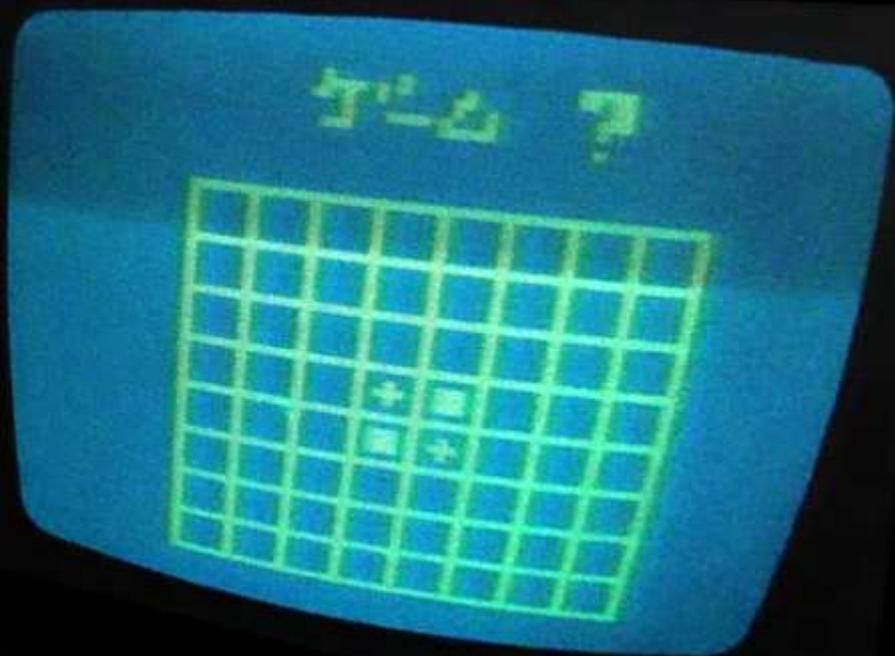


Reversi als TV-Spiel (1980)

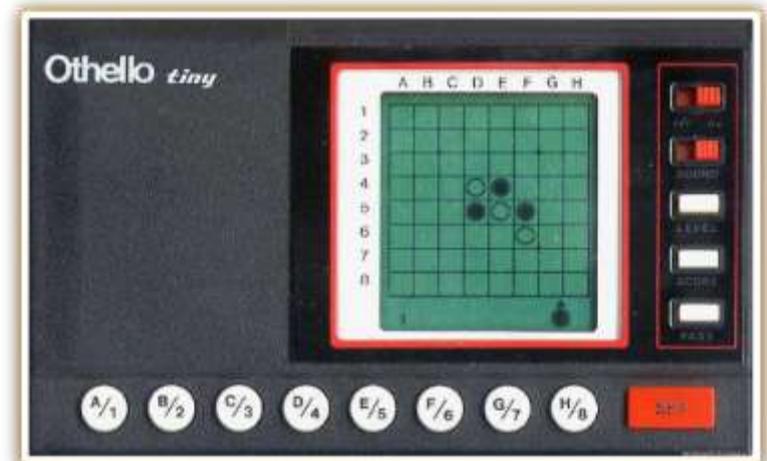
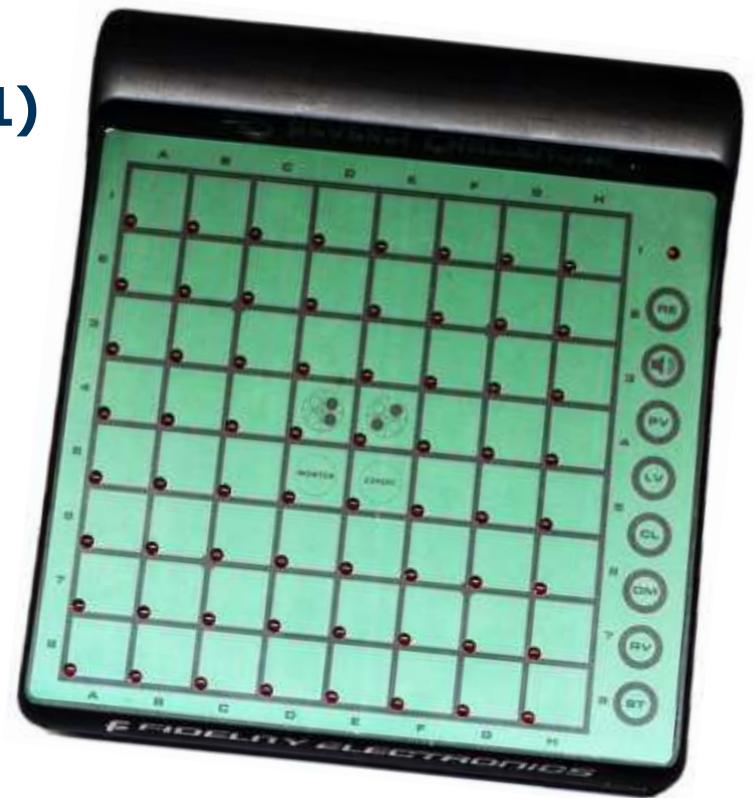
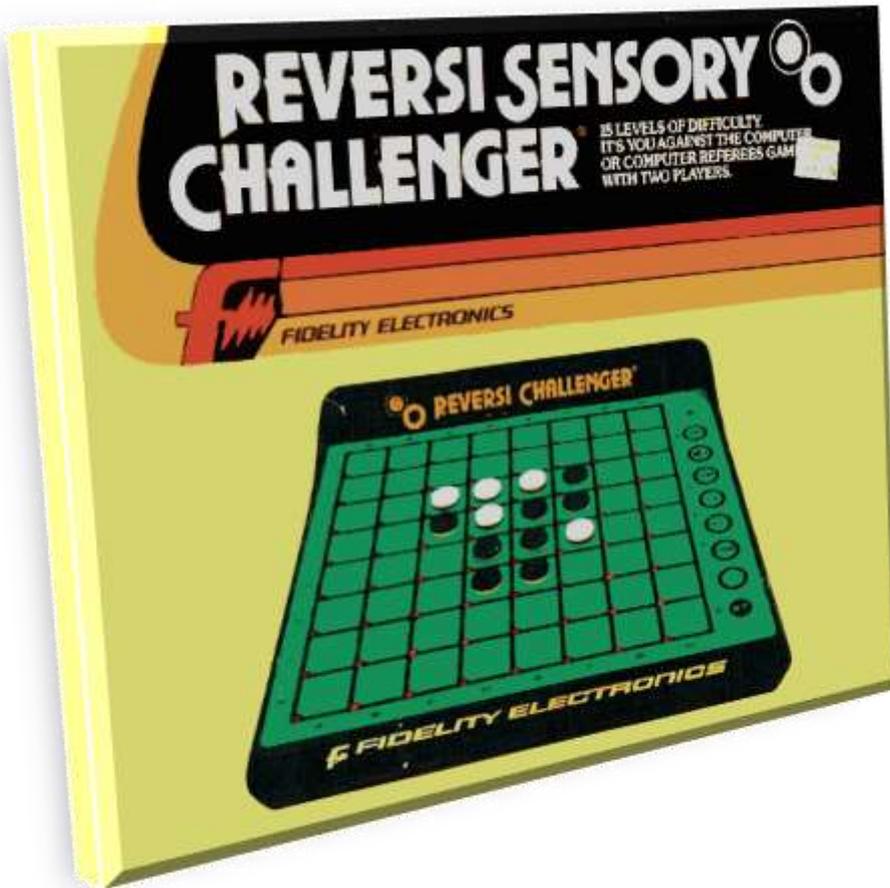


1980 brachte Nintendo auch eine Version als **TV-Spielkonsole** heraus – Reversi war fix eingebaut, man konnte damit keine anderen Spiele spielen, und es gab keine Schnittstellen für Erweiterungen (auf ROM-Kassetten etc.) oder für andere Spiele. Das Spiel kostete 48000 Yen (was heute ca. \$630 wären); alleine das Netzteil wog 2kg.

Bildquelle: <http://blog.beforemario.com/2011/02/computer-tv-game-tv-1980.html>



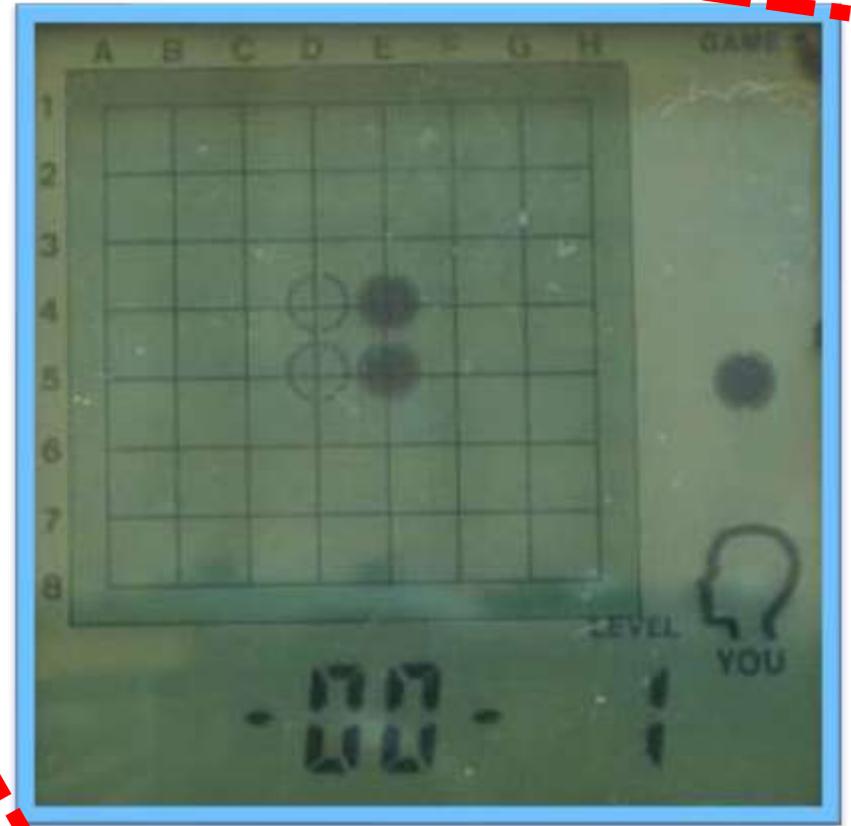
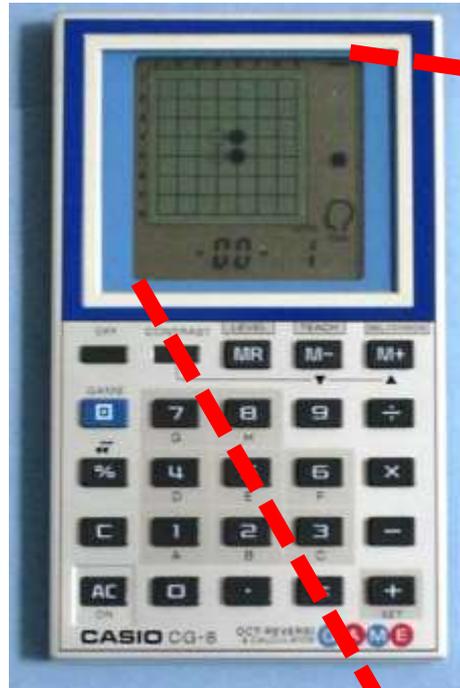
Reversi-Spielkonsolen (1981)



Reversi auf dem Taschenrechner (1983)

Bevor es Handy- oder Smartphone(spiele) gab!

Casio Game Calculator CG-8



Kontrastarm, träge, langes Nachleuchten,...

Reversi auf mobilen Plattformen

Klar, heute ist natürlich alles viel besser und moderner...



Reversi als „active content“
und „casual game“ auf dem
[Kindle-E-Book-Reader](#)



9 of 10 people found the following review helpful:

Beginner level!?! If anything, at this level the game should be practically setting me up to win. It's not as if I'm somehow intellectually challenged; I've played my wife and beat her, and certainly haven't lost to my son. But I feel continually humiliated by this game. Not exactly encouraging.

www.amazon.com/Reversi-Deluxe/dp/B004RCEYMM

Reversi auf mobilen Plattformen (2)



„I've played this game for years but I can't beat the game on Beginner! I'm not Einstein, but I should be able to win at that level.“

→ „On the lowest level (beginner) it plays for short-term gains, without considering longer term strategy at all. On each turn, the beginner level plays the move that flips as many of the opponent's pieces, taking a corner if one is available and avoiding squares that would give the opponent a corner on the very next move. This reflects the basic manner in which most novices would tend to play Reversi. ... I pitted beginner level against a bot playing random (valid) moves on every turn; beginner level managed to win 82% of the games against the random bot, suggesting that it is fairly weak. Adding two very simple rules to the random bot, which are to play a corner if one is available and to avoid playing squares that give away a corner to the opponent on the very next move (otherwise, just to play randomly as before) changes the results to: 85 games won by beginner (40 as black, 45 as white); 111 games won by random (53 as black, 58 as white); 4 games draw.“

Ende der historischen Notiz

Schön blöd Ein Brettspiel-Computer ist in Japan ein Renner – weil er so wunderbar verlieren kann. [Süddeutsche Zeitung, 13. Dez. 2019]

Es begann damit, dass Takuma Yoshida an das Naheliegende dachte: Der Programmierer einer Tokioter Software-Firma wollte einen möglichst starken Computer für das Brettspiel Othello erschaffen. Einen Gewinnertypen sozusagen. Aber dann kam ihm eine kühnere Idee: Warum nicht **einen Verlierer in die Welt setzen**? So entstand „Der schwächste Othello-Computer“, ein Programm, das sich in Japan als Renner erweist. Binnen vier Monaten haben 400000 Menschen dagegen gespielt und bis Ende November 1,29 Millionen Mal gewonnen.

Viele Menschen scheinen solche Siege nötig zu haben. So zumindest deutet Takuma Yoshida selbst den Erfolg seiner Schöpfung. Normalerweise sei es schließlich umgekehrt: Maschinen mit Künstlicher Intelligenz stehen für mühelose Perfektion, gegen die sich der Mensch vergeblich abstrampelt. „Genau deshalb finden viele die Erfahrung so erfreulich, den Computer zu bezwingen“, sagt Yoshida [...] Das schwache Othello-Programm zeigt den **Computer als fehlbares Wesen** und gibt dem Menschen das gute Gefühl, der digitalen Welt nicht ausgeliefert zu sein. Gönnerhaft blickt mancher Nutzer auf den unterlegenen Computer herab. „Mir tut er langsam leid“, wird einer zitiert. [...]

Yoshidas Othello-Computer verliert nur deshalb, weil er so programmiert ist, als wäre es das Ziel des Spiels, am Ende nicht mehr, sondern weniger Steine zu haben. Er findet immer einen Weg, dieses Ziel zu erreichen. Er ist **perfekt im Verlieren**, man fragt sich fast, wie er in den ersten Monaten seines Bestehens trotzdem noch auf 4000 Siege kommen konnte. Für seine Gegner ist es **wirklich schwierig, gegen ihn unterlegen zu sein.** [...]

Othello ist erst zu Ende, wenn das Brett voller Steinen ist. Deshalb kommt durchaus ein Spiel zustande, auch wenn der Computer nur seine eigene Niederlage inszeniert. Aber die Siege, die er vergibt, sind eher **Dienstleistungen für Menschen, die Erfolgserlebnisse brauchen.**

„Solange die KI verlieren will, kann man nur gewinnen“

A perpetual loser at Othello, and players love it!

您正在挑戰的是史上最弱的人工智慧，
所以這個黑白棋othello的比試，
你是要想辦法輸給人工智慧，而不是贏了他！

Fordern Sie die schwächste künstliche Intelligenz
in der Geschichte heraus. In diesem Othello-Match
müssen Sie einen Weg finden, **gegen die künstliche Intelligenz zu verlieren, nicht zu gewinnen!**

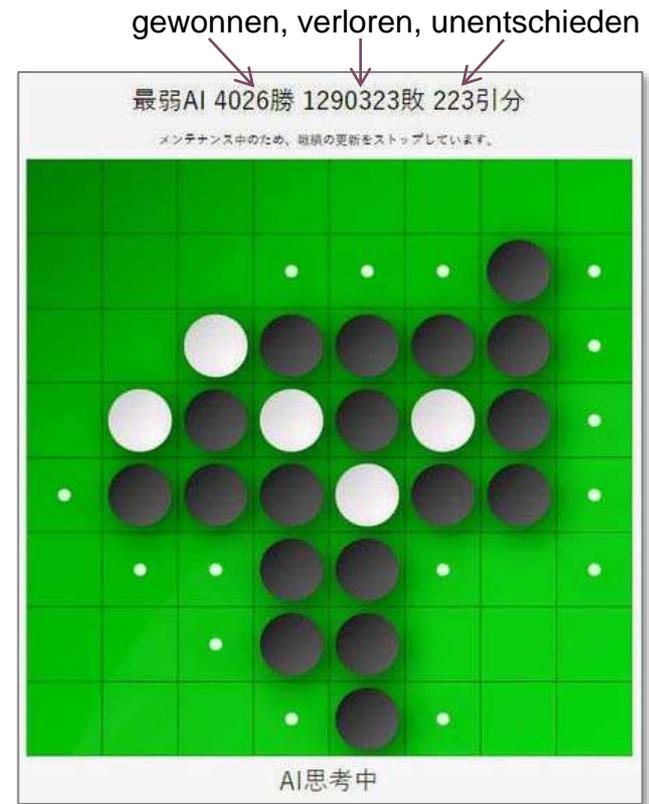
Die antimetaphysische Herausforderung: Kann ich verlieren? 你可以敗給它嗎？



<https://othello.to-kei.net/weak/>

VTuber Miya Kimino: AI Kaminari kam zum Spielen!
Wir haben versucht, nicht zu gewinnen, sondern
gegen die „schwächste Othello-KI“ zu VERLIEREN!
Sie ist ein aber verflucht schwacher Gegner...

www.youtube.com/watch?v=XWXmaLaqRVE



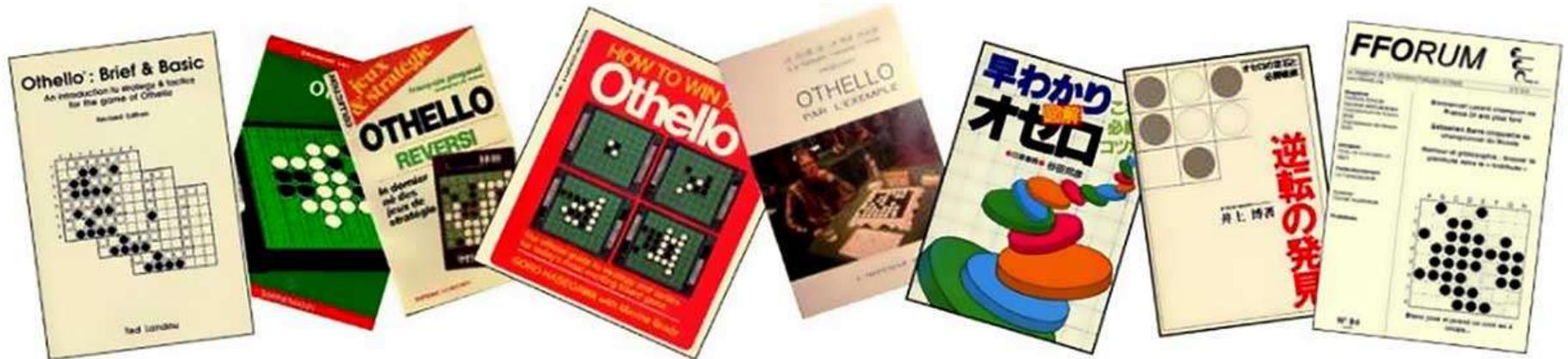
Ressourcen zu Reversi

Von den vielen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu Reversi-Spielprogrammen hier nur zwei „Klassiker“:

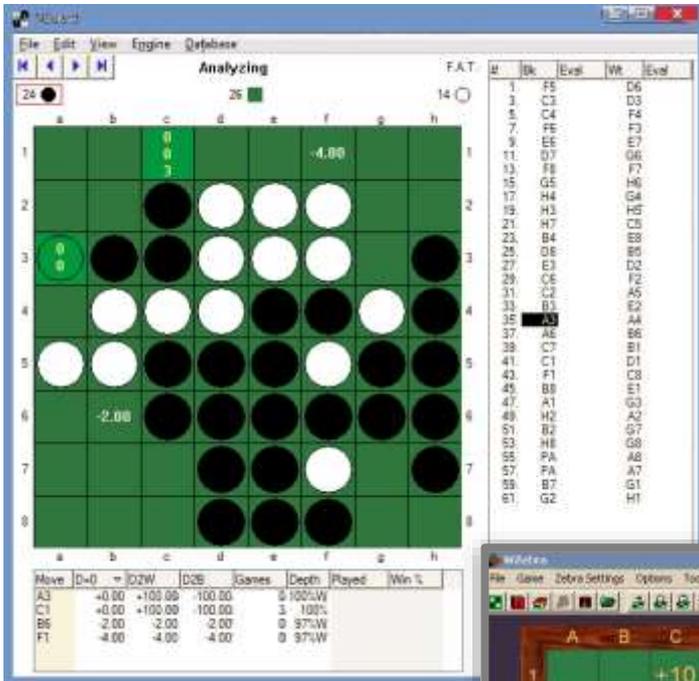
- Kai-Fu Lee, Sanjoy Mahajan: *The Development of a World Class Othello Program*, Artificial Intelligence 43(1), pp. 21-36, 1990 [https://dx.doi.org/10.1016/0004-3702\(90\)90068-B](https://dx.doi.org/10.1016/0004-3702(90)90068-B)
- Michael Buro: *Techniken für die Bewertung von Spielsituationen anhand von Beispielen*, Dissertation (Paderborn), 1994 www.cs.ualberta.ca/~mburo/ps/mics_dis.pdf bzw. https://skatgame.net/mburo/ps/mics_dis.pdf (Beschreibt u.a. das Reversi-Spielprogramm „LOGISTELLO“, bis über das Jahr 2000 hinaus eines der weltweit besten Spielprogramme)

Mehr bei [Wikipedia](#): *Computer Othello* (engl.) bzw. *Computer-Othello* (deutsch).

Vgl. auch die allg. [Spielplattformen](#)
<https://playok.com/>
<http://wars.fm/reversi>
<https://skatgame.net/mburo/ggs/>



Reversi-Spielplattformen



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Ntest_computer_othello.jpg

Beschreibung der Plattformen zitiert aus: Leo Merholz, Pascal Schärli "Reversi Plattform Enhancements" (Semester-Projekt)

Es gibt im Internet einige **Reversi-Plattformen**. Typischerweise implementieren sie Spielalgorithmen, die besser als menschliche Gegner sind; bieten oft aber auch Möglichkeiten, Spiele zu analysieren und zu verwalten. Zwei Beispiele:

NTest by Chris Welty is an open source Othello program running on Windows, Linux and Mac OS [<https://github.com/weltyc/ntest>]. It evaluates all possible moves and the evaluation score represents the expected disk difference of the finished game. This gives the user an intuitive understanding of what the evaluation score means.



<https://xpil.eu/wp-content/uploads/2016/08/wzebra-01.png>

WZebra is a popular Reversi program by Gunnar Radgast running on Windows [<http://radagast.se/othello/>]. The user can play against different player strengths. It allows you to see the evaluation of the engine while playing a game, in the form of ratings for all currently possible moves. It is also possible to import move lists in any reasonable text format to analyze them.

Die Spielplattform des Reversi-Turniers

Reversi Live Ladder Tournament FAQ Statistics username password ETHZ-Login

r.Missandei vs. mbjd.BasicPlayer

a1	b1	c1	d1	e1	f1	g1	h1
a2	b2	c2	d2	e2	f2	g2	h2
a3	b3	c3	d3	e3	f3	g3	h3
a4	b4	c4	d4	e4	f4	g4	h4
a5	b5	c5	d5	e5	f5	g5	h5
a6	b6	c6	d6	e6	f6	g6	h6
a7	b7	c7	d7	e7	f7	g7	h7
a8	b8	c8	d8	e8	f8	g8	h8

reversi1.TreeSearchPlayer2 vs. ik2.TaktikPlayer

bitPlayer.BitPlayerMIDf vs. bitPlayer.BitPlayerNoBookNoPC

v7.Player vs. bitPlayer.BitPlayerNoBookNoPC

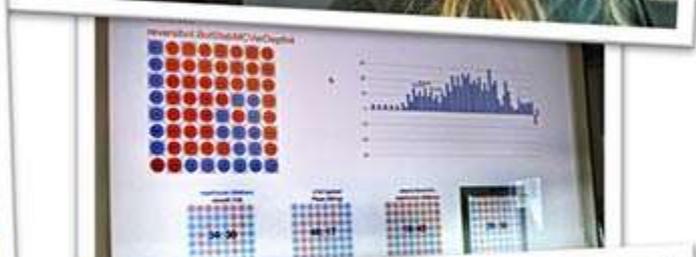
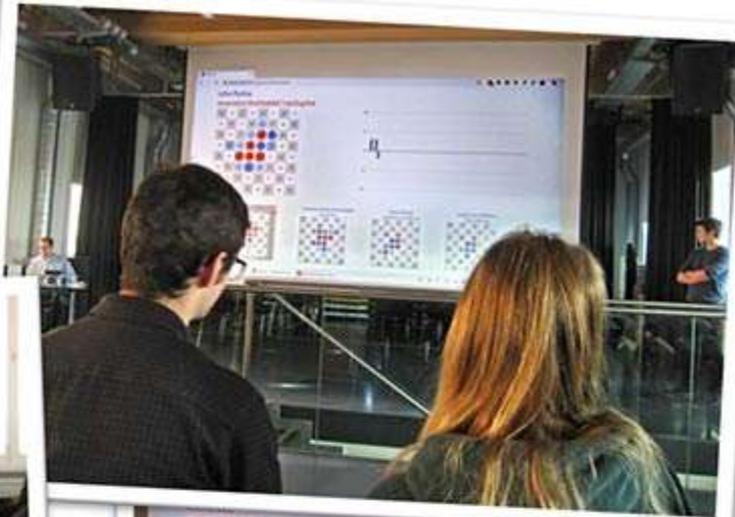
Fullscreen Live

Die Reversi-Plattform dient als Trainingsarena für Reversi-Spieler. Jeder kann einen oder mehrere Reversi-Spieler hochladen und gegen andere Teilnehmer der Plattform antreten. Ein Ratingsystem, das sogenannte ELO-Rating, bewertet die Spieler nach ihrer Stärke, basierend auf den bisher absolvierten Spielen und deren Ausgängen.

<https://reversi.ethz.ch>

Display im Turniermodus

Reversi 2019



Das Reversi-Turnier zur Vorlesung

Zitat aus dem Semester-Projekt "Reversi Platform Enhancements" von Leo Merholz und Pascal Schärli

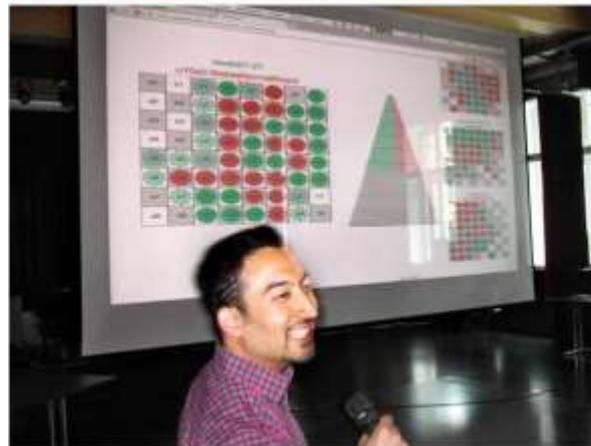
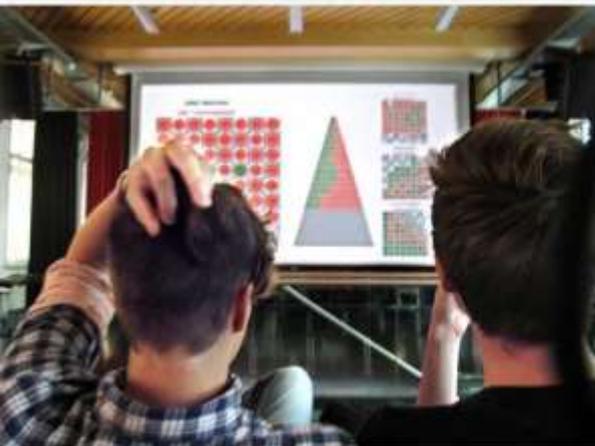
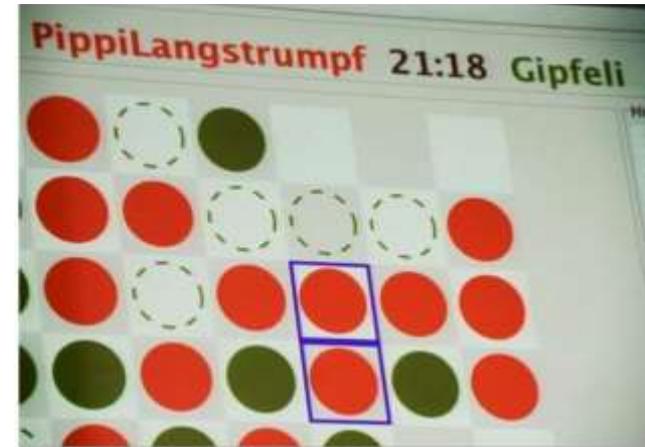
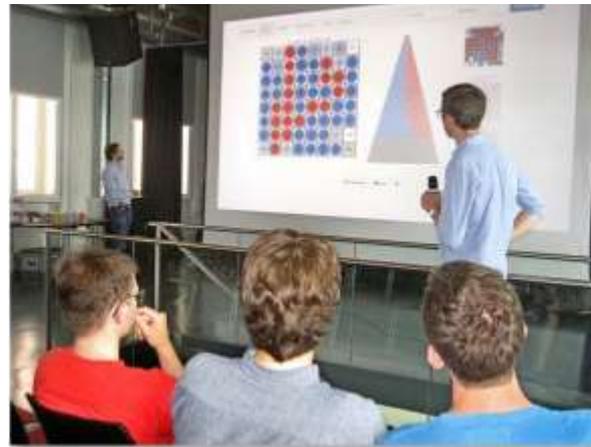
Because of its simple rules and accessibility, the strategy game Reversi is featured as part of the "Computer Science II for D-ITET" lecture held by Prof. Mattern. Students develop their own computer player as part of weekly exercises during the term. This project helps the students to substantiate their knowledge of the algorithms discussed in the lecture. The participants start with simple algorithms leading up to robust alpha-beta implementations. From this point, motivated students can voluntarily extend their player towards a more state-of-the-art approach. This usually involves researching existing Reversi algorithms, implementing all or some of their ideas, and improving the performance of the implementation. Finally, students can submit their player to a Reversi tournament, competing against their fellow students' players for a variety of prizes.

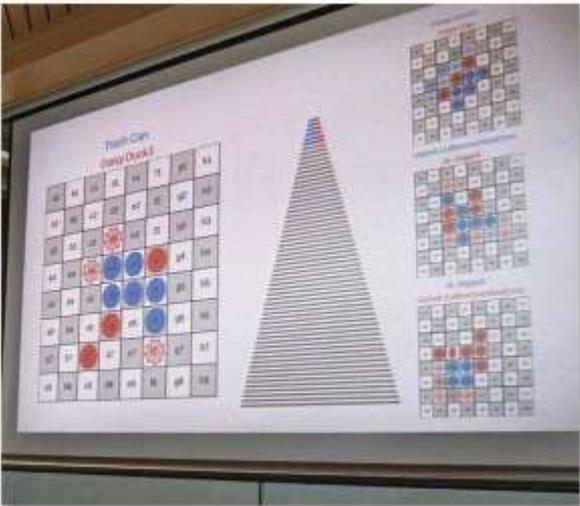


Das Reversi-Turnier (2)

Zitat aus dem Semester-Projekt "Reversi Platform Enhancements" von Leo Merholz und Pascal Schärli

In order to support the students in this project, there exists a framework and a dedicated web platform that allows students to develop their players against a common interface and compare them with players of other students. The framework is responsible for handling the game logic and enforcing the Reversi rules. The website handles the ranking of all submitted players across all years and also serves as a host for the tournament of the current year.







Top 8 of Reversi Turnier 2018

Rank	Player	Disc difference
1	janninj ComputerPlayer	18
2	shallow Yellow	-18
3	stinebu Lock	8
4	go Tubes	-8
5	alpha AlphaZeroRS	-12
6	MyReversi.Hidebrand	-48
7	CHROLL.SUERMU	-50
8	Invent TheLastReversi.Bomder	-80

Bei der Wahl des Themas und der Durchführung des Projektes sollte u.a. auf folgende Punkte geachtet werden:

a) Motivation: Ist bei einem (nicht zu einfachen) Spiel wohl gegeben: Spiele gegen den Computer stellen in zweifacher Hinsicht eine Herausforderung dar: Erstens versucht man als menschlicher Spieler gegen ein ("mechanisch" und deterministisch ablaufendes) Programm dieses mit seiner Intelligenz zu überlisten und zweitens versucht man als Programmierer einen nahezu perfekten Algorithmus zu finden. Durch ein Turnier am Ende des Semesters (vielleicht in den letzten beiden Wochen?), bei dem die Programme gegeneinander spielen (oder auch Gruppenmitglieder gegen das Programm einer anderen Gruppe...) kann der beste Algorithmus ermittelt werden. lichen Anreiz bietet.

4) Reversi (2 Personen)

Dies scheint mir das geeigneteste Spiel zu sein. Zu den Regeln v.l.

Die Idee zu einem Reversi-Programmierprojekt entstand 1978.

Damals programmierte man noch mit Lochkarten, die Ausgabe erfolgt nicht an einem Bildschirm, sondern wurde auf Papier ausgedruckt – darauf wartete man oft mehrere Stunden lang.



1978:
F. Mattern

Ein Schnappschuss vom Reversi-Turnier 1997. Es gab nun Schwarz-weiss-Röhrenbildschirme, aber die Digitalkameras hatten noch eine recht geringe Qualität...



Resümee des Kapitels

- Strategische Computerspiele: Historischer Rückblick
- Spieltheorie
 - Endliche strategische 2-Personen-Nullsummenspiele mit perfekter Information
 - Spielbaum
 - Strategie
 - Auszahlungsmatrix
- Optimale Strategie
 - Gewinnstrategie
 - Gewinnposition

		Σ (Max)			
		σ_1	σ_2	σ_n
Σ' (Min)	σ'_1	<i>Werte der Auszahlungsfunktion $A[\sigma, \sigma']$</i>			
	σ'_2				
	\vdots				
	\vdots				
	σ'_m				

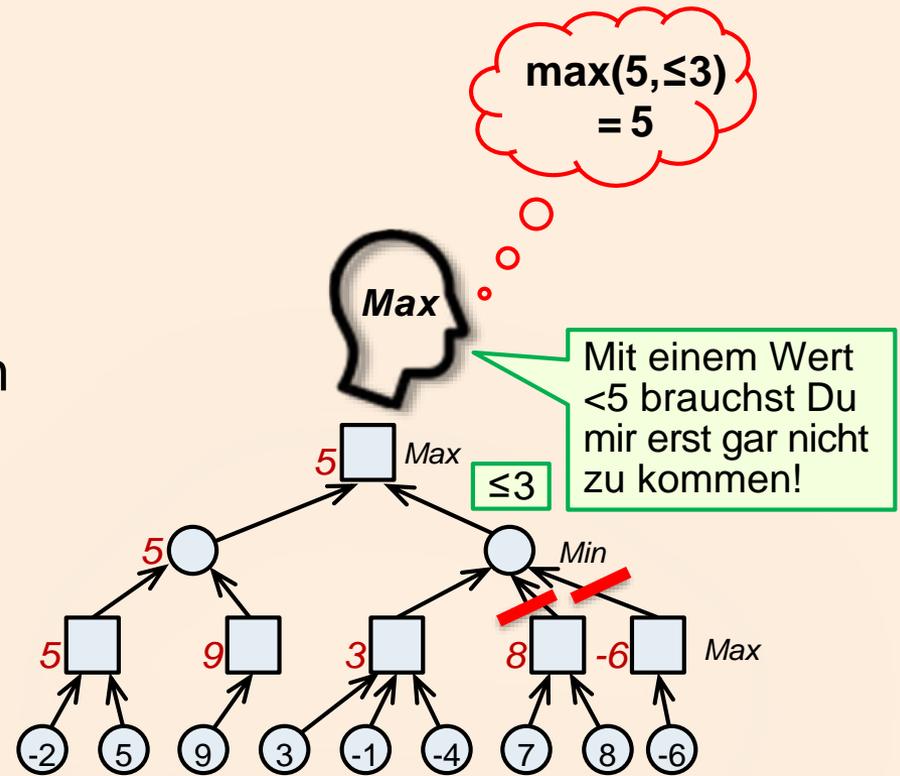
Resümee des Kapitels (2)

■ Minimax-Prinzip

- Berechnung des garantierten Mindestgewinns
- Analogie zur Auswertung von Operatorbäumen von Ausdrücken

■ Auswertung von Spielbäumen

- Zweiwertige Und-Oder-Bäume
- NOR-Bäume
- Tiefensuche, Breitensuche, Bestensuche (mit statischer Positionsbewertung)
- Shortcut-Auswertung → Baumschnitte

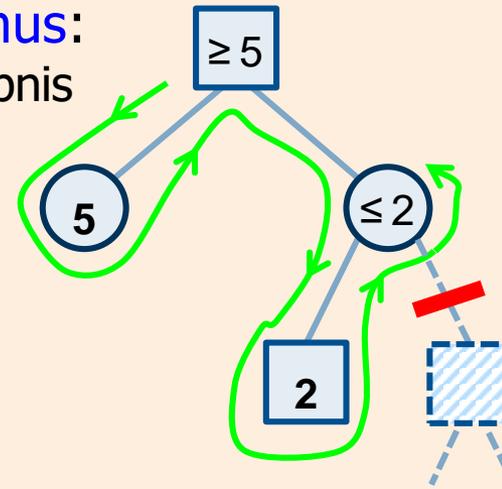


Resümee des Kapitels (3)

- Wie hoch kann ich gewinnen?
- Welcher Zug führt zur besten Nachfolgesituation?

■ α - β -Algorithmus

- Optimierung des **Minimax-Algorithmus**: Hoher Effizienzgewinn bei gleichem Ergebnis
- Schnitte (Verallgemeinerung boolescher Shortcut-Operatoren '&&', '||')
- α - β -Schranken: Interpretation als schrumpfendes Suchfenster (α , β)



■ Optimierte α - β -Spielbaumanalyse

- Spekulative Suchfenster
 - Last move improvement
 - Nullfenster-Suche
- } Weitere deutliche Effizienzgewinne