

# Wissenschaft und Technik 2009?



© **Friedemann Mattern, ETH Zürich**

*„Vorhersagen sind sehr schwierig, vor allem wenn sie die Zukunft betreffen“  
-- Nils Bohr*

Allerdings existiert das, was bis 2009 wirksam wird, heute (im Prinzip) schon in den Labors

# Wie gut waren alte Prognosen?

- Mondkolonie
  - --> zu teuer?
- Unterwasserstädte
  - --> ... + zu ungemütlich?
- Fliegende Autos
  - --> ... + zu gefährlich?
- Papierloses Büro
  - --> zu früh?
- Magnetschwebebahn
  - --> zu teuer?
- Überschallflugzeuge
  - --> und die Concorde?
- Kontrollierte Kernfusion
  - --> zu optimistisch?
- Haushaltsroboter
  - --> zu früh?

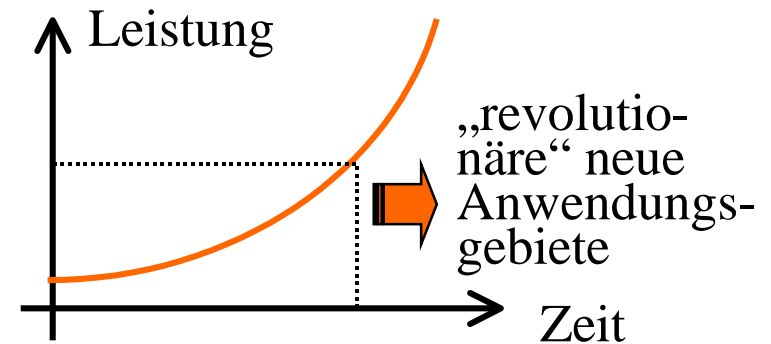
---

Ist nicht fast alles machbar, auch ohne wiss. Durchbruch?

Vgl. auch Steven Schnaars: Forecasting and the Myth of Rapid Technological Change

# Einfluss von Technik

- Technik beeinflusst und ändert die Welt / die Gesellschaft wesentlich
  - **historisch**: Mechanisierung, Elektrizität, Zug und Auto, elektronische Massenmedien
  - impliziert also letztlich **ethische** Fragestellungen
  - soziale **Adaption** an Auswirkungen braucht Zeit, ist ein **evolutionärer Prozess** (Arbeitsplatz, Lernbereitschaft, Generationenaspekt)



- exponentielle **Leistungszunahme** insbesondere bei I+K
- **Erwartungen** werden durch Wirtschaft und Gesellschaft ständig erweitert und hochgeschraubt

# Innovative Bereiche mit hoher kurz- und mittelfristiger Wirkung

## ■ Informations- und Kommunikationstechnik, z.B.

- e-commerce, distance learning,...
- ubiquitous computing

## ■ Materialwissenschaft, z.B.

- Energietechnik
- Mikrosystemtechnik

## ■ Biotechnik, z.B.

- Gentechnik

Globalisierung,  
Virtualisierung



kulturelle, soziale,  
wirt. Auswirkungen



ethische und poli-  
tische Dimension

# Schwerpunkt hier: Informationstechnik

---

- Kurzfristig (--> 2009) **grössten Einfluss**
  - auf Arbeitswelt und andere Lebensbereiche
- Davon **verstehe ich** am meisten
- **Betrifft uns** alle (auch beruflich) am meisten
  - daher in diesem Kontext besonders interessant

# Trends: Gebiete mit kontinuierlichem Fortschritt und Bedeutung

## ■ Energietechnik

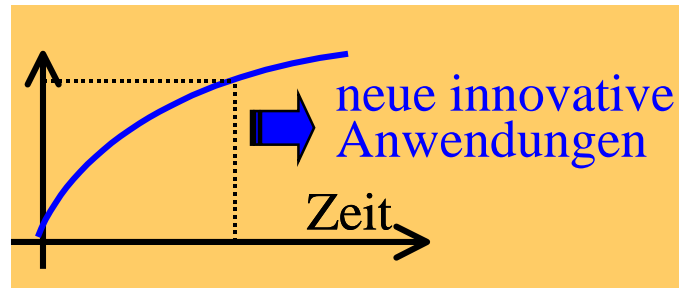
- Solartechnik, H<sub>2</sub>, Brennstoffzelle, Elektro- / Hybridauto
- Energiespeicherung

## ■ Medizin / Biologie

- Biochemie (z.B. Signalübertragung)
- Gentechnik (z.B. neue Medikamente)
- Medizintechnik

## ■ Informationstechnik

- Spracherkennung
  - | nicht: Sprachverstehen!
- Handschrifterkennung
- automat. Übersetzung
  - | aber: nur langsam!
- Realzeitbewegtbilder via Internet etc.
- Biometrische Identifikation
  - | Finger, Auge, Gesicht, Stimme



# Weitere klare Trends

- **Fortschritte** bei Werkstoffen, Produktionstechnik, Transportwesen
- **Minimierung** von Energieeinsatz, Rohstoffverbrauch, Umweltbelastung...
- Durch I+K wesentlich **geförderte Trends**:
  - **Globalisierung**, Virtualisierung, Flexibilisierung, Mobilität
  - **Outsourcing**, virtuelle Firmen, dynamische Vernetzung, mobile Arbeitsplätze, Telearbeitsplätze
  - kleinere dezentrale (Dienstleistungs)einheiten
  - **Kundenorientierung**, Customizing
    - z.B.: massgeschneiderte Kleidung

# Materialwissenschaft

---

- Neue **Werkstoffe** sind bedeutsam
  - ganze Zeitalter wurden dadurch geprägt („Eisenzeit“)
  - „kürzlich“: **Halbleiter, Glasfaser** (--> I+K-Technik); hierbei noch weitere Fortschritte zu erwarten

---

- **Korrosions-** und **hitzebeständige** Materialien
  - geringerer Verschleiss, höhere Effizienz
  - Anwendungen: Luftfahrt, Energiegewinnung
- **Biokompatible** Materialien (z.B. Polymere)
  - organisch, körperverträglich --> z.B. Wundheilung



# Materialwissenschaft (2)

- Neue Membranen

- Wasseraufbereitung; Süßwasser aus Meereswasser?

- „Intelligente“ Textilien

- Photovoltaik

- Materialien z.B. für

- Supraleitung (Raumtemperatur ??)
- kleinere Kondensatoren hoher Kapazität
- bessere Energiespeicherung (Batterien)
- höhere Speicherdichte von Information

•ständige Optimierung  
•innovative Durchbrüche  
in der Forschung möglich

# Materialwissenschaft (3)

## ■ Leuchtendes Plastik (Elektrolumineszenz)

- organische Leuchtdioden
- Plastikbildschirme

- derzeit Forschung mit Laborprototypen
- Anwendungen innerhalb von 10 Jahren wahrscheinlich

## ■ Plastiklaser

- Anwendung u.a.: Optoelektronik, flexible Displays

## ■ Smart paper, smart ink (--> später mehr)

---

## ■ Molecular Engineering

- selbstorganisierende Atome
- --> Nanotechnik

- Grundlagenforschung
- teilweise spekulativ

# Energie

## ■ Brennstoffzelle

- $O_2 + H_2 / \text{Erdgas} \rightarrow H_2O (+CO_2)$
- verschiedene Typen
- hoher Wirkungsgrad (50% - 95%)
- interessant für dezentrale Energiegewinnung
  - einige Watt bis ca. 100 MW
  - konkurrenzfähige Strompreise in ca. 10 Jahren
- prinzipiell auch für Handys, Laptops etc. geeignet
  - Polymerbrennstoffzelle

## ■ Bessere Folienbatterien und Kondensatoren

## ■ Massenproduktion billiger Solarzellen

## ■ Fusionskraftwerke noch Science Fiction (> 50 Jahre)

# GPS / Ortslokalisierung

- Für **mobile Geräte** zunehmend interessanter
  - Empfänger werden kleiner und billiger
- Verbesserung der GPS-**Genauigkeit**
  - derzeit ca. 150 m
  - **differentielles GPS** (erfordert Infrastruktur): 0.5 - 5 m
    - Bsp: Containerlokalisierung im Hamburger Hafen: 50 cm genau
  - Freigabe des militärisch verschlüsselten Korrekturcodes?
    - sollte mindestens Faktor 10 an Genauigkeit liefern
  - ziviles europäisches **Galileo-System** bis 2008?
  - neues **Phasendifferenzverfahren**
    - theoretisch 0.2 mm, praktisch 1 cm Genauigkeit
    - erfordert noch sehr hohen Rechenaufwand

Probleme: Abschottungen; Gebäudeinnenräume (--> „Radiobaken“)

# Moore's Law (1965)

- Gordon Moore, Gründer von Intel (1968)
- Prozessorgeschwindigkeit und Speicherkapazität **verdoppeln sich alle 3 Jahre** (bei gleichem Preis)
- **Exponentielles Wachstum** muss (bald?) abflachen
  - hält vermutlich noch 10 Jahre mit gegenwärtiger Technik
  - mind. weitere 10 Jahre mit neuer Technik (z.B. Optik)
- Noch schneller (für kürzere Zeit!):
  - **Magnetplatten** (Faktor 7)
  - **Bandbreite** (Faktor 10)
  - **Graphikchips** (für Polygon-Rendering)

so wird z.B. *ubiquitous computing* Wirklichkeit!

Problem: steigende Kosten

z.B. Generieren von Filmszenen in Realzeit (--> VR)

# Optische IT

- Bandbreite einzelner LWL z.Z. ca. **10 Gb/s**
  - Wellenlängenmultiplex: zusätzlich Faktor 32 bis 128
- 2002: ca. **20 Tb/s** mit Multiplex
  - Multiplex oft ohne neue Verlegekosten möglich
- ***Fiber to the home*** vielleicht doch flächendeckend?
  - Ausrüstung / Montage jetzt einfacher / billiger
  - sehr hohe Bandbreiten (für Video, VR, outsourcen privater Daten ?) geht eigentlich nur so
  - aber Konkurrenz: TV-Coax, xDSL, wireless local loop
- **Optische Computer** noch SF (> 2020 ?)
  - schnell, wenig Abwärme, 3-dimensionale Elemente
  - optischer Transistor bereits machbar

# IT: Trends und Erwartungen

- **Situationsbezogenes** Verhalten von Geräten
  - „**context awareness**“ (physisch und logisch)
  - bzgl. Ort, Sensor-Daten, Nutzer, Bandbreite, Historie...
  - Adaption des Verhaltens und der Schnittstelle
- Ubiquitäre und **spontane Vernetzung**
  - drahtloser, fast kostenloser Zugang zum Internet
  - ohne manuelle Konfiguration
  - **überall, immer, alles**
  - Geräte finden sich als „zusammengehörend“
  - „follow me“-Profile

Allerdings:  
- accounting  
- Sicherheit  
- Infrastruktur

IP als univ. Netzzugangsprotokoll  
(auch oberhalb von ATM etc.)

# IT: Trends und Erwartungen (2)

## ■ Smart devices

- Sprachsteuerung, ggf. Sprachsynthese, Sensoren
- z.B. digitalisierender Stift mit Schreibschrifterkennung („digital scribe“) 

Ort, Fingerabdruck etc.

## ■ Spezielle, **mobile**, **drahtlos vernetzte** Geräte

- z.B. Kamera, Spielzeug, Info-Displays
- weiterhin Multifunktionsgeräte (Handy, PDA, Laptop)

## ■ **Emanzipation vom PC** für einige Anwendungen

- Instant-on-Geräte für Kalender, Wettervorhersage...
- z.B. **e-book** (neue Flachbildschirme, e-ink) 

## ■ **Wearables** als „Uhr“, Brille,...

- Ergonomie, Akzeptanz?



# Künstliche Intelligenz?

---

- Durchbruch bei grundlegenden Problemen in nächster Zeit eher fraglich
- Weitere **langsame Fortschritte** mit pragmatischen / heuristischen Methoden z.B. bei
  - Mustererkennung (Bildverstehen, Sprachverstehen etc.)
  - Robotik
- Neue **Anwendungsgebiete**, z.B.:
  - business intelligence
  - Informationssuche, Ontologien im Internet
- Geräte werden eher „smart“ als „intelligent“

# Smart Anything

- Smart Devices
- Smart Toys
- Smart Paper
- Smart Labels
- Smart Home

Sicherheit, Energie-  
minimierung,  
Bequemlichkeit

- Alltagsgeräte (Haushalt, Büro, Freizeit) mit eingebautem Prozessor
  - dadurch: Verhalten + Gedächtnis
- Sensoren für Umgebungsdaten
  - z.B. Ort, Sprechererkennung,...
- Kommunizieren mit der Umgebung
  - Interface für Nutzer
  - vernetzt (z.B. drahtlos oder via Powerline) mit einer Homebase oder anderen Geräten
- „Smart“: sinnvolle Zusatzfunktionen zur normalen Funktion

# Smart Paper

---

## ■ Elektronische Tinte

- Mikrokapseln, die zur Hälfte weiss und schwarz sind
- Orientierung durch elektrisches Feld
- Substrat z.B. Array aus Plastik-Transistoren

## ■ Prinzipiell hoher Kontrast, energiearm, biegsam

## ■ Interaktiv: beschreibbar mit magnetischem Stift

## ■ Erste kommerzielle Anwendungen in 3 - 5 Jahren?

- Displays (statt LCD): **faltbar** oder auf **3D-Formen**
- e-book
- Supersmartcard
- ... ?

# Smart Paper (2)

## ■ Entwickelt derzeit u.a. von:

- MIT
- Xerox PARC („Gyricon“)
- Lucent zusammen mit E-Ink

## ■ Weitere Forschung

- bessere Auflösung (> 150 dpi)
- dünner, stabiler, billiger
- **Farbe** (z.B. mit würfelförmigen Pixeln)
- **Animation**smöglichkeit
- **Radiopapier**: Antenne aus unsichtbarer, leitfähiger Tinte, HF-Empfänger --> automatische Zeitung etc.
- „Wallpaper“: vielleicht sogar E-Tinte als Tapetenfarbe?

- Marktreife und Chancen lassen sich schlecht einschätzen
- Informationspolitik nicht durchschaubar
- Vermutlich gibt es noch andere Mitspieler
- Potential ist gewaltig!

# Smart Toys



- Fun und **Entertainment** ist wichtige Anwendung!
  - wirtschaftlich bedeutsam
  - Prozessorleistung neuer **Spielkonsolen** entspricht PC
    - vgl. **Sega Dreamcast** (Europa: Herbst 99): 360 Mips, CD-ROM, eingebautes Modem, 3 Mio Polygone/s, Windows-CE-tauglich, 26 MB, PC-Karte mit RAM + LCD + Bedienknöpfen
    - damit auch für „ernste“ Anwendungen (im Internet !)
- Spontan / drahtlos **vernetzte Spiele**, Puppen, ...
  - mit TV, Swatch-Uhr, Internet via Spielkonsole
  - update über Nacht via Internet (z.B. Phrasen der gestrigen TV-Serie für Sprechpuppen)
  - vernetzte **Fan-Gruppen** („my toy“)

# Smart Labels

- Funktionsprinzip ähnlich wie kontaktlose Chipkarte bzw. Diebstahlsicherung in Warenhäusern
- IC mit **HF-Transponder**
  - ca. 2 mm x 2 mm x 10 µm (passt in 80 µm-**Papier!**)
  - Energieversorgung drahtlos (ca. 1 m) über Leser
  - ROM oder RAM, ca. 512 Byte
  - Antenne ggf. auch mit leitfähiger Tinte gedruckt
- Neuerdings auch **Antikollisions-Protokolle**
- Typ. Chip- und Smartcardproduzenten
  - z.B. Philips, Motorola
  - Preis ca. **1 \$**; passive Technik (Fraunhofer) ca. **0.1 \$**

# Smart Labels - Anwendungen

- Klassische **Anwendungsbereiche**:
  - Warenwirtschaft
  - Bibliotheken, Videotheken
  - Ohrclips bei Tieren
  - Gepäckanhänger auf Flughäfen
  - Paket- und Brieftransport
- Hohes Potential bei weltweit einheitlichem **Produktkennzeichnungssystem** (statt Barcode)
- Neue Anwendungen bzgl. **ubiquitous computing**
  - Index für Internet-URL („Datenschatten“)
  - z.B. Rezept „am“ Fertiggericht für die Mikrowelle

# Ubiquitous Computing

- Hunderter **unsichtbarer Prozessoren** pro Nutzer
  - in fast allen **Alltagsgegenständen**
  - unsichtbare, oft unmerkliche Helferlein
- **Smart devices**, spontan **vernetzt**
  - „Vernetzung aller Dinge“
- Informationsverarbeitung tritt in der Hintergrund
- Parallele zur Schrift
  - ist heute allgegenwärtig
  - i.a. auch unaufdringlich
- Dual zur Virtuellen Realität:
  - *echte* Welt wird erweitert („**augmented reality**“)



# Ubicomp - Visionen werden wahr

## ■ Visionen

- „alles, immer, überall“
- jedes Ding hat seine Homepage (bzw. seinen „Datenschatten“)
- alle Gegenstände hängen am Internet

ermöglicht z.B.  
augmented reality

## ■ werden Wirklichkeit, dank

- billiger Hardware (--> viel, überall)
- kleiner Hardware (--> mobil, überall)
- kosten- und drahtloser Kommunikation

alles kann mit allem  
kommunizieren,  
Sensordaten  
mitteilen...

# Ubicomp - Konsequenzen



- Enorme **Konsequenzen** und **Herausforderungen**
  - wirtschaftlich, sozial, kulturell...
  - technische Infrastruktur nicht trivial
  - Sicherheit, Vertrauenswürdigkeit, Abhängigkeit
  - Politik, Gesellschaft, Recht

# Ubicomp - Zutaten, Schlagworte, Enabling Technologies

---

- wireless (bluetooth,...)
- powerline
- spontane Vernetzung
- mobile code
- Lokalisierungstechniken (GPS u.a.)
- Sensoren, Spracherkennung
- contextual / situation awareness
- wearable computing
- body area networks
- smart home, toys, devices, phone (Kamera, GPS...), labels, paper, ink
- elektronisches Buch
- augmented reality
- digitalisierender Schreibstift
- VR-Datenbrillen etc.
- Jini, XML, WAP, HAVi, mobile IP,...
- service description / localization
- etc. ...

# Nanotechnik

---

- Vision: Dinge **Atom für Atom** zusammensetzen
  - viel eleganter als grobe heutige Methoden, wo immer grosse Mengen von Atomen bewegt werden
- Noch SF: **Molekülmaschinen** mit Getrieben und Rädern mit Durchmesser weniger Atome
  - Selbstvermehrung? Energieversorgung?
  - u.a. Aufgaben denkbar wie Bakterien und Viren, z.B.:
    - Zerstörung von Krankheitserregern, Staub- und Rostfresser
    - Herstellung von Lebensmitteln
- MEMS: **mikroelektromechanische Systeme**
  - realistische Vorstufe zur (oft „religiösen“) Nanotechnik
  - Sensoren und Motoren auf Staubkorngrösse

# Science Fiction konkret (>2009)

---

- Transparente Solarzellen statt Fensterglas
- Gezüchtete Organe
- Künstliche Netzhaut
- Roboter für Hausputz und in der Medizin
- Molekulare Maschinen
- Aquakulturen in industriellem Massstab
- Biochips
- Personenidentifikation in Alltagssituationen
- Grössere Raumfahrtprojekte
- Substitution von Erdöl (durch Wasserstoff?)

# Science Fiction spekulativ

- Raumtemperatur-Supraleiter
- Kontrollierte Kernfusion
- „Echte KI“, z.B.
  - Verstehen von Texten, Sprache und Bildern
  - Lernen durch Zeitunglesen
  - automatisches Übersetzen
- Quantencomputer
- Cyberpunk-Phantasien
  - Virtuelle Unsterblichkeit (mit Bewusstseinsübertragung)
  - Virtueller Sex / Sexbots
- „Beam me up, Scotty“ (wohl leider nie)

Es gibt auch sonst noch viele wissenschaftlich ungelöste Fragen in

- Biochemie,
- Hirnforschung,
- Physik etc.,

die erkenntnistheoretisch spannend sind!

# Prognosen

- 1938 prognostizierte Arthur Train in einem Artikel für „Harper“ das **Wohnumfeld 1988**:
  - Klimaanlage, Farb-TV per Coax-Kabel und Fernsteuerung, Radiowecker, Tiefkühlkost, Handy („pocket radio“), PC / PDA („photoelectric tabulating machine“), synthetische Textilien,...
  - Aber auch: synthetische Luft, Filmrollen statt Bücher und „the roof of the house is used as the landing field for the family`s collection of airplanes of assorted sizes“,...

---

■ *„We are always very bad at predicting how a given technology will be used and for what reasons“*

-- Bran Ferren, Chief Disney Imagineer

# Resume, IT-Konsequenzen

- Wichtig: I+K, Materialwissenschaft, Energie-, Biotechnik
- I+K verstärkt Trends weiter
  - Globalisierung, Virtualisierung, Dezentralisierung...
- Prozessorleistung und insbes. Bandbreite steigen
  - schnell und noch einige Zeit
- Neu: Kontext- / Situationsbezogenheit von Anwendungen
- Mobilität, Ortslokalisierung (GPS)
- Ubiquitäre / spontane Vernetzung
- Geräte (und Spielzeuge) werden „smart“
- Elektronische Tinte + smart paper
- Smart labels

**ubiquitous  
computing**