

Vorlesungsmaterial
von
Prof. Dr. Horst Völz

Künstliche Intelligenz

Dieses Material beruht auf dem Buch

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für
Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001

Es ist u.a. auch vollständig auf der CD enthalten

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis
ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007

Der Inhalt wurde verkürzt, ergänzt, auf den neuesten Stand gebracht und die
Bilder farbig umgesetzt

Bei Angabe der Quelle ist das Material zum privaten Gebrauch voll nutzbar
Bei kommerzieller Nutzung bzw. in Publikationen usw. ist eine Abstimmung mit mir notwendig
Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr Version 12 verfügbar

Dieses Material wurde heruntergeladen von
aes.cs.tu-berlin.de/voelz bzw. <http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/vlz>
Email: [hvoelz\(at\).fpk.cs.tu-berlin.de](mailto:hvoelz(at).fpk.cs.tu-berlin.de) bzw. [h.voelz\(at\)infocity.de](mailto:h.voelz(at)infocity.de)
Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 296 31 07

Künstliche Intelligenz

1. Begriff Intelligenz

Lateinisch *intellectus* Verstehen, Erkenntnisvermögen, *intelligere*: innwerden, verstehen, erkennen

Wichtige Bedeutungen für Intelligenz

- **menschliche Eigenschaft**, bezogen auf Klugheit, Kreativität, Ideen usw., „natürliche Intelligenz“
- **spezielles Maß** im Sinne des IQ ↔ EQ (Intelligenz- bzw. emotionaler Quotient)
- **wissenschaftliches Forschungsgebiet** „Künstliche Intelligenz“ (KI), ähnlich Mathematik, Chemie usw.
- spezielle **Berufsgruppen**: Technische, Künstlerische usw. Intelligenz
- Was könnte eine **außerirdische Intelligenz** sein und leisten?
- Intelligenz bei **Lebewesen**, z.B. Tiere
- (Messbare) Eigenschaft von **technischen Geräten**, auch **Technische Intelligenz** genannt, gemeint ist eigentlich funktionelle und/oder strukturelle Komplexität
- **Roboter-Intelligenz**

Psychologie nimmt heute an, dass natürliche Intelligenz wesentlich durch die Fähigkeit bestimmt ist, neue Probleme durch analoges Schließen auf Bekanntes zu lösen

JAMES CLERK MAXWELL (1831 – 1879) **Gleichungen**: Wasser ↔ Elektrizität

FRIEDRICH AUGUST KEKULÉ (VON STRADONITZ, 1829 – 1896) **Benzolring**: Affen ↔ C-Atome

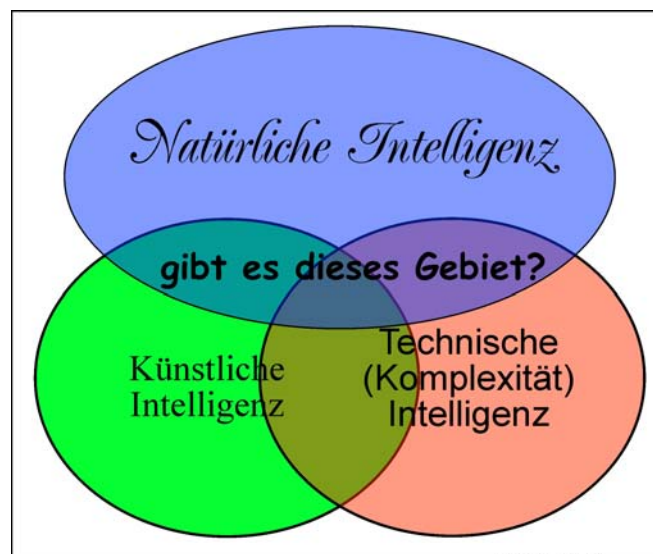
JOSEPH WEIZENBAUM (1923 – 2008) stellte die Frage nach einer **Obergrenze von Intelligenz**

Ähnlich wie bei Information (SHANNON). Er kam jedoch zum Ergebnis,

Sie ist für jedes (Lebe-) Wesen entsprechend seinen **Bedürfnissen** und **Interessen** qualitativ verschieden

Unbegründet stellen wir so der „Schlauheit“ des Fuchses die „Dummheit“ des Huhnes gegenüber

Dies ist bei künftigen „intelligenter“ Roboter (als Lebewesen besonderer Art denkbar) zu beachten



3. Forschung Künstliche Intelligenz (KI)

1956 JOHN MCCARTHY (*1927) ruft die Dartmouth-Konferenz ins Leben. Hier wird KI definiert. Eine wesentliche Grundannahme der KI ist, dass unser Geist im Wesentlichen einem Computer gleiche. D. h. Die Informationsverarbeitung bei Mensch und Computer seien vergleichbar. Typische Frage: „Können Maschinen denken?“

Hauptrichtungen sind heute:

- 1) Schaffung von Rechnern mit qualitativ neuen Eigenschaften, u.a. Groß- und Parallel-Rechner
 - Rechnersprachen, wie PROLOG, LISP, Smalltalk usw.
 - Automatisiertes Programmieren
- 2) Simulation von menschlich intelligentem Verhalten
 - Kognition, kognitive Prozesse, abgeleitet von der Psychologie, u.a. Lernen
 - Objekterkennung u.a. Bilder, Sprache, Musik
 - natürlich sprachliche Systeme und Formale Sprachen
 - Problemlösen, automatisches Beweisen, Formelmanipulation,

- Expertensysteme als Frage-Antwort- und Diagnosesysteme
 - Neuronale Netze
- 3) Intelligente Roboter
 - 4) Strategische und lernende Spiele, wie Mühle, Dame, Schach, Go, Turm von Hanoi
 - 5) Virtuelle Welt (Wirklichkeit): Hard-, Software, u.a. Handschuhe, Helm, Wearables, Atavare, Cyber-Reisen
 - 6) Vergleich Computer $\leftrightarrow$ Mensch

4. Künstliche Intelligenz $\leftrightarrow$ Informatik $\leftrightarrow$ Psychologie

Viele Forschungen und Anwendungen der KI haben beachtliche Gemeinsamkeiten mit Informatik und Psychologie
Entsprechend den jeweiligen Fortschritten ändert sich auch der gemeinsame Querschnitt
Zum Verständnis seien hier drei vorläufige Abgrenzungen und Definitionen gegeben:

Künstliche Intelligenz

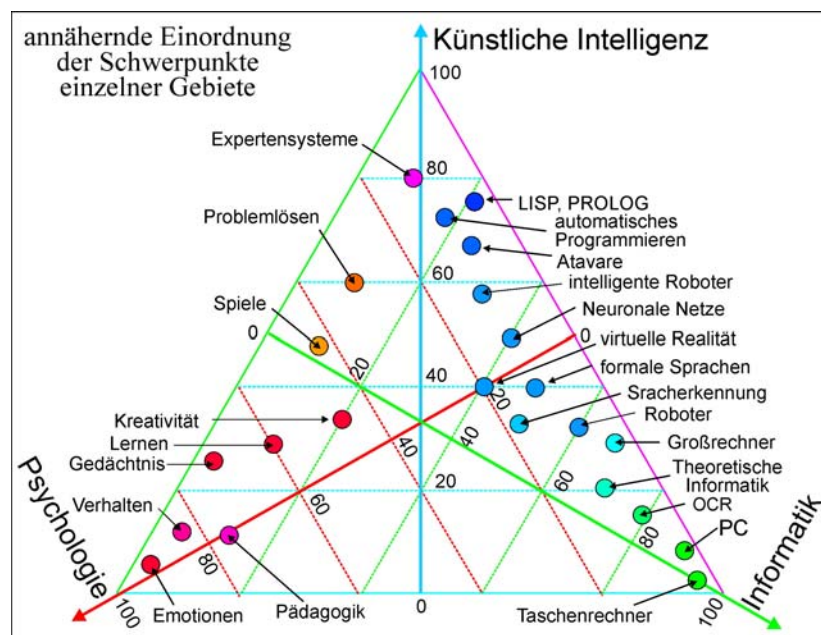
- betrifft das formale Erklären, Nachahmen und Ersetzen von typisch menschlich intellektuellen und kognitiven Leistungen (*lateinisch cognitio* Kennenlernen, Erkennen) sowie menschlichem Verhalten (s. Psychologie)
- Eine wesentliche Grundannahme der KI ist, dass unser Geist im Wesentlichen einem Computer gleiche. d. h. die Informationsverarbeitung bei Mensch und Computer seien vergleichbar. Typische Frage: „Können Maschinen denken?“ MARVIN LEE MINSKY (*1927) sagte sogar: Das Ziel der KI sei die Beseitigung des Todes
- Vorrangig beruht die KI auf speziell entwickelten Rechnern, Programme und Sprachen
- Als Anwendungen der KI werden meist nur Lösungen verstanden, die aus den jeweiligen Untersuchungen entstanden.
- Das Ersetzen von menschlichen Leistungen durch Lösungen, welche nicht aus den spezifischen, o.g. Analysen hervorgingen, wie z.B. Taschenrechner, gelten (erstaunlicher Weise) nicht als Anwendungen der KI

Informatik

- Betrifft Hard- und Software der automatischen (elektronischen) Datenverarbeitung, insbesondere der dazugehörenden Rechner, einschließlich von „embedded systems“
- Vielfältige Anwendungen, insbesondere in der gesamten Technik, Mathematik, Forschung und Entwicklung, Kultur, Wirtschaft usw.
- Die Hardware betrifft elektronische Schaltkreise (u.a. CPU und Speicher) sowie die Peripherie, wie Monitor, Maus, Tastatur, Lautsprecher, Drucker, Scanner und Schnittstellen
- Zur Software gehören hauptsächlich Programmiersprachen, Betriebssysteme und Anwendungsprogramme
- Die Theoretische Informatik betrifft allgemeine Grundlagen, wie Sprachen, Programmierung und Grenzen und ist vorrangig mathematisch orientiert.

Psychologie

- Betrifft bewusste und unbewusste seelische Vorgänge (kognitive Prozesse) des Menschen, wie Erleben, Wahrnehmen, Denken und Erkennen sowie sein Verhalten
- Einschließlich deren individuelle und kulturelle Entwicklung sowie der Förderung, z.B. in der Pädagogik
- Hierzu gehören u.a. auch Persönlichkeits- und Charakterkunde sowie Macht und Ohnmacht des Menschen



6. Vergleich: Mensch $\Leftrightarrow$ Roboter, Computer bezüglich Aufbau und Entwicklung

Kriterium	Mensch	Roboter, Computer
Ursprung und Entwicklung	Im Laufe der <i>Evolution</i> entstanden	<i>Vom Menschen</i> zu seinem Nutzen entwickelt
Verhalten wurde optimiert	zum erfolgreichen <i>Überleben</i> in der realen <i>Umwelt</i>	als praktikable, dem Menschen <i>nützliche</i> Lösungen mittels <i>Modellen</i>
Ablauf der Informationsverarbeitung	<i>top-down</i> : von ganzheitliche über komplex trial-error, Erfahrungen und Ursache-Wirkungs-Analysen zu logischen Einzelschritten	<i>bottom-up</i> : vom logischen Einzelschritt über strukturelle, funktionelle Einheiten und Programmierung zu komplexen Verhalten
Verhältnis von Struktur und Funktion	Die erforderliche Funktion bestimmt überwiegend die Strukturen	Strukturen dienen der Realisierung von Funktionen
Zustand und Änderung der Informationsträger	chemisch, biologisch, physikalisch, neuronal, physiologisch, psychologisch, kognitiv, soziologisch	elektronisch, physikalisch, chemisch, optisch, strukturell
System	Gehirn und Nervensystem	Vorwiegend elektronische Schaltkreise
Methoden, Verfahren	assoziativ und logisch neuronale Verknüpfungen	Programmiersprachen, wie LISP, PROLOG und SMALLTALK

7. Vorteile $\Leftrightarrow$ Nachteile für Mensch $\Leftrightarrow$ Computer, Roboter

	Mensch	Computer, Roboter
Vorteile	- Verschiedene Methoden für <i>Wissen</i> und <i>Schlussfolgerungen</i>: z.B. assoziativ, prozedural, funktional, logikorientiert, objektorientiert, heuristisch und nicht formal logisch: Alltagswissen, ganzheitliche Betrachtung, kein vollständiger Algorithmus erforderlich, Insekt fliegt kollisionsfrei ohne Berechnung <i>Zusammenhang</i> und <i>Kontext</i> wird erkannt, ermöglicht Ausnutzen von Erfahrungen, Analogieschlüsse, qualitative Entscheidungen, Erkennen ungewöhnlicher Fälle, Ausnahmen und Grenzfälle <i>Intuition</i> ermöglicht Umgang mit neuen Problemen und gewinnen neuer Ideen, Lösungen und Algorithmen, erfordert kreativen Menschen. Umfang recht gering, daher besonders wertvoll <i>Umgangssprache</i> ist universell, Denken in <i>Bildern</i> möglich, <i>Abstraktions</i>vermögen	- Sehr viel schneller im <i>Zugriff zu Daten</i> - Extrem <i>schnelle Rechnung</i> - Höhere <i>Genauigkeit</i> und <i>Zuverlässigkeit</i> - Umfangreiche <i>Speicher</i>-Möglichkeiten - Gute <i>Wiederholbarkeit</i> der Rechnungen - Vielfältige und neue <i>Ausgabe</i>-Varianten: Text, Grafik, Video, Sound usw. <i>Algorithmen sofort lauffähig</i> und immer leicht <i>kopierbar</i> Vorteile von Modellen (Computerexperiment): <i>Zeitraffer, -Lupe</i>: für Menschen einiges zu langsam (Evolution: Leben/Weltall) anderes zu schnell (Kernphysik) <i>Originalgeschehen</i> der Beobachtung nicht zugänglich, zu gefährlich oder zu weit entfernt (Supernova-Ausbrüchen) <i>Voraus-, Rückschau, hypothetische Welten</i> <i>geringere Kosten</i> <i>leichte Änderbarkeit</i> des Modells
Nachteile	<i>Umfang der Rechnungen</i>, Vielfalt der Kombinationen, Menge der verfügbaren Daten sind stark begrenzt. - Mensch denkt und handelt vergleichsweise <i>sehr langsam</i> - Jeder einzelne Mensch muss <i>mühsam</i> Verfahren, Methoden und Algorithmen <i>erlernen</i>, um sie anzuwenden. Sie sollten dazu möglichst einfach sein. Er kann sie außerdem irgendwie wieder vergessen	- Die Technik tut im Wesentlichen <i>nur was der Mensch vorschreibt</i>. Neue Probleme, Ideen, Lösungen und Algorithmen kommen nur vom Menschen. - Im Prinzip muss <i>jeder Schritt</i> im Voraus vorgeschrieben sein. Ausnahme Pseudozufalls-Algorithmen. Dann trial-error möglich (Z.Z.) <i>nicht formalisierbar</i> sind Alltags-(graues) Wissen, Bewusstsein, Intuition und (weitgehend) Emotionen

8. Einige Schlussfolgerungen

- Die Tabellen zeigen, dass eine *Kombination von Computer und Mensch* sehr vorteilhaft sein. Dies ermöglicht dann völlig neue und effektive Lösungen
- Dabei müssen jedoch *Computermethoden „durchschaut“* werden; sorglos unverstandene Software zu verwenden ist oft nutzlos, zuweilen sogar gefährlich

- Eigentlich ist es nicht sinnvoll, eine **Aufgabe numerisch zu lösen, bevor feststeht**, dass eine Lösung existiert. Dann entspricht Rechnen mit Computer zumindest z.T. Probieren
- Dies wird zuweilen aber dann erzwungen, wenn dringende Probleme zu behandeln sind, **bevor eine theoretische Absicherung** existiert. Dabei können sich wertvolle **Hinweise für eine Theorie** ergeben
- Vielleicht ist es interessant in Analogie zu anthropomorph (Menschen gemäß) für die KI **computer-promorph** einzuführen

9. TURING-Test 1950

Er wurde 1950 von ALAN MATHISON TURING (1912 – 1954) vorgeschlagen

Sollte entscheiden ob „Maschinen denken können“

Ein simulierter Beispieldialog lautet (P = Prüfer; ? = Computer oder Mensch):

P: In der ersten Zeile Ihres Sonetts „Soll ich dich einem Sommertag vergleichen“, würde da nicht ein „Herbsttag“ genauso gut oder besser passen?

?: Das gäbe keinen Rhythmus.

P: Wie wäre es mit einem „Wintertag“? Da wäre der Rhythmus in Ordnung.

?: Sicher. Aber wer will schon mit einem Wintertag verglichen werden?

P: Aber Weihnachten ist ein Wintertag, und ich glaube nicht, dass Herrn Pickwick dieser Vergleich stören würde.

?: Das meinen Sie wohl nicht im Ernst. Bei „Wintertag“ denkt man an einen typischen Wintertag, nicht an Weihnachten."

Heute wäre es leicht mit einer komplizierten Rechnung zu entscheiden. Computer ist viel schneller

Menschlich sehr hohe Rechenleistung: Bauernsohn MARTIN ZACHARIAS DASE (1824 – 1861) konnte im Kopf multiplizieren: 8-stellig eine Minute, 20-stellig 6 Minuten

Dachte TURING beim Test an GOETHE: „Der Mensch ist das Maß aller Dinge“?

Wäre ein Computer ein **Wesen**, so müsste man durch seinen Kauf auch **moralische Verantwortung** übernehmen!

Angenommen - Computer hätte **Bewusstsein** – höchst wahrscheinlich wäre es ein uns ganz fremdartiges

Rechner hat vorwiegend ein Ergebnis **wenn er hält**, denn sonst kann sich ja noch alles ändern.

Beim Menschen würde **Finalität** ja nur **nach dem Tod** gelten!

10. Eliza von JOSEPH WEIZENBAUM (1923 – 2008)

ELIZA von 1963 war in Lisp programmiert und verfolgt beim „Dialog“ **nur drei Strategien**:

- 1) Sucht nach **Schlüsselwörtern** und erzeugt daraus Fragen, *wenn das nicht gelingt*
- 2) Gibt E: **ausweichende Wendungen**, die per Zufall aus einer Menge ausgewählt werden *oder*
- 3) Stellt zufällig aus einer Liste **ausgewählte Fragen**

Typischer Dialog, E = Eliza: M = weiblicher Mensch:

M: Männer sind alle gleich

E:: Inwiefern?

M: Sie drängen uns immer zu etwas.

E: Können Sie mir ein Beispiel sagen?

M: Ja, mein Freund hat mich überredet, hierher zu kommen.

E: Ihr Freund hat Sie überredet, hierher zu kommen?

M: Er sagt, ich bin immer depressiv.

E: Das tut mir leid, dass Sie immer depressiv sind.

M: Das ist wahr, ich bin unglücklich.

E: Glauben Sie, ich kann Ihnen helfen, nicht mehr unglücklich zu sein?

M: Ich brauche etwas Hilfe, das ist wenigstens sicher.

E: Was würde es Ihnen bedeuten, wenn Sie Hilfe bekämen?

M: Vielleicht würde ich lernen, mit meiner Mutter besser auszukommen.

E: Erzählen Sie mir mehr über ihre Familie.

Armee-Offizier der DDR: Glaubst Du an Gott? E: **Du scheinst Dir Deiner Frage nicht sicher zu sein!**

Dialog einer Frau: Ich **denke** Du bist ein ganz dummer Computer! E: Was **denkst** Du von Dir?

Ich bin eine emanzipierte Frau! E: **Meinst Du das interessiert jemand?**

Als WEIZENBAUM seine Sekretärin bat, ELIZA als erste auszuprobieren übergab, bat sie ihn nach den ersten 7 Frage-Antworten den Raum zu verlassen, da der Rechner jetzt an ihre Privatsphäre käme.

Später wollten Psychotherapeuten das Programm kommerziell nutzen

Dies und vieles mehr, u.a. Nutzung im Krieg bewirkte, dass Weizenbaum zum starken Kritiker falsch angewendeter Rechentechnik wurde.

11. Automatisches Problemlösen

Ein **Problem** ist die Abweichung des Istzustandes vom Ziel (oft ein anzustrebendes Optimum)

Es kann ein Konflikt gemäß unterschiedlichen, manchmal antagonistischen Auffassungen, Einschätzungen sein

Problemlösung verlangt die Kenntnis eines durchführbaren Weges zum Ziel

Beim **Entscheidungsproblem** wird nur gefragt, ob eine Lösung existiert

Beim **Optimierungsproblem** wird auch der Weg zum Ziel verlangt

Im Gegensatz zu einer **Aufgabe** sind hierbei aber nicht die Methoden bekannt oder vorhanden

Gemäß THOMAS KUHN (1922 – 1996) besteht Wissenschaft vorwiegend aus Problemlösen

1900 vermutete DAVID HILBERT (1862 – 1943), dass jedes hinreichend exakt formulierte Problem algorithmisch lösbar sei. Dies führte zur Suche nach algorithmischen Entscheidungsverfahren

1931 bewies KURT GÖDEL (1906 – 1978) seinen Unvollständigkeitssatz. Er sagt aus, dass eine wahre Aussage in einem beliebigen formalen symbolischen System innerhalb dieses Systems nicht zwingend beweisbar oder widerlegbar ist

Generell werden drei Arten von **Problemlösen** unterschieden:

- **Tätigkeit** eines intelligenten Wesens, u.a. heuristisch, situativ durch Einsicht, graues Wissen
- Forschungsbereich der **Psychologie** bzw. Kognitionswissenschaft
- Anwendungsgebiet der **KI, automatisches Problemlösen** genannt

Den **General Problem Solver** (GPS ≠ Global Positioning System) für alle möglichen Problembereiche der KI entwickelten 1956 A. NEWELL u. HERBERT A. SIMON (1916 – 2001)

Dabei wird von allen Axiome und Ableitungsregeln des formalen Systems ausgegangen

Durch folgerichtiges Schließen mit logischen Operationen und mittels Graphen (Entscheidungsbäumen) werden Lösungen generiert, aus denen dann auch noch umfangreichere Sätze abgeleitet werden

Bald stellte sich jedoch heraus, dass bei zahlreichen Fragestellungen nur sehr dürftige Ergebnisse erzielt werden

Die Weiterentwicklung führte zu den Expertensystemen

12. Expertensysteme (XPS)

Theoretischen Grundlagen werden seit 70er Jahren erarbeitet, ab den 80er sind XPS kommerziell eingesetzt

Vorwiegend betreffen sie medizinische Diagnosen und Analyse wissenschaftlicher Daten

Für die Entwicklung und den Aufbau existieren besondere Softwaretools

Für XPS sind zwei Komponenten grundlegend:

1. Expertenwissen wird zu einer **Wissensbasis** (englisch **knowledge base**) aufbereitet. Sie enthält fortlaufend gepflegte Fakten und Regeln
2. Mittels **Schlussfolgerungs-Mechanismen (Inferenz-machine, lateinisch ferire schlagen, treffen)** in Hard- oder Software werden neue Ergebnisse mit vielen Tausend Regeln abgeleitet.
 - Seine Leistungsfähigkeit wird in LIPS (logische Inferenzen je Sekunde) gemessen
 - Ein Mensch kann etwa 10 LIPS erreichen, die typischen System mehrere Millionen
 - Wenn keine exakte Ableitung gefunden wird, kommt eine probabilistische Variante zum Einsatz

Es gibt hierfür drei bevorzugte Modelle:

- **Fallbasierte Systeme** suchen für das Problem in der Wissensbasis einen möglichst ähnlichen Fall finden und die dortige Lösung anzupassen. Etwa von Krankheitssymptomen zur Diagnose
- **Regelbasierte Systeme** arbeiten mit ziemlich allgemeinen Regeln, wie „wenn A, dann B“. Auch diese Regeln sind weitgehend aufbereitetes Expertenwissen
- Mittels **Entscheidungsbäumen** wird **eigenständiges Lernen** auf der Basis vieler Beispiele versucht. Annähernd erfolgt also eine Klassifizierung.

Für die Arbeit mit dem XPS existieren noch folgende Komponenten:

- **Dialogteil** (dialog management) als intelligente Benutzerschnittstelle mit der Möglichkeiten zum **Experimentieren** (Szenarios). Hierbei ist der Zielabstand eine wesentliche Kenngröße
- **Erklärungskomponente** (explanation component) soll dem Nutzer begründen, wie das Ergebnis entstand
- **Wissenakquisition** befähigt das XPS zum automatischen Lernen und Erweitern

MYCIN ist ein seit 1972 an der Stanford University entwickeltes XPS zur Diagnose und Therapie von Infektionskrankheiten durch Antibiotika. Trotz seiner gewaltigen Größe und dem Beispielcharakter für die KI erlangte es in der medizinischen Praxis nur mäßige Bedeutung. Ein ähnliches XPS ist INTERNIST. U.a. leitet es bei gegebener Anzahl von Symptomen aus sich nicht wechselseitig ausschließende Diagnosen die wahrscheinlichste her.

13. Künstlich Wesen

Gott schuf den Menschen nach seinem Bilde

So war es schon immer Ziel des Menschen: Wesen nach seinem eigenen Bilde herzustellen

Das ist teils nützlich, teils mit großen Gefahren, z.B. Strafen wegen Gotteslästerung verbunden

J. CRAIG VENTER (*1946) sagte bzgl. der Genetik: „Wir lernen die Sprache, in der Gott Leben schuf“

Künstliche Wesen können etwa folgenden Etappen zugeordnet werden:

- **Altertum:** vorwiegend in Mythen und Literatur, z.B. Kentauren, Sirenen, Sphinxen, z.B. AISCHYLOS, OVID HOMER
- **Mittelalter:** u.a. Homunculus (Al-Chemie), doch meist religiös geprägt ≈ Hexe, Teufel, Zauberer
- **Technische Entwicklung:** in **Literatur** z.B. Golem, Roboter, **technisch realisiert:** z.B. Android, Automat, Roboter (mittels Mechanik, Hydraulik, Elektronik)
- **Computertechnik:** **Hardware** von Roboter bis Tamagotschi; **Software:** Avatar, künstliches bzw. virtuelles Wesen, vor allem für Spiele und virtuellen Raum
- **Genetik:** Klon
- **Außerhalb der Erde:** Allianz, Außerirdischer, Dritte Art

Verwandte Begriffe sind noch: Automaten-, Gliederpuppe, Maschinen-, Retorten-Mensch, technoides Doppelwesen, virtuelles Wesen, Wachsfigur, Zwitterwesen

Im erweiterten Sinn können einbezogen werden: Artificial Life ≈ Künstliches Leben, Bodybuilding, Metamorphose

14. Etymologie

Allianz: lateinisch *alligare* an-, verbinden etwa die mit uns Verbundenen

Android: griechischen *anér* Mann, Mensch und *éidos* Aussehen, Gestalt; etwa des Menschen Abbild

Avatar: sanskrit *avatara* Herabkunft (*altindische* noch heute verwendete Sprache: *samskrta* geregelt, genormt)

Homunculus: lateinisch *homo* Mann, Mensch: Menschlein

Klon: griechischen *klon* Zweig, Schößling (durch künstlich ungeschlechtliche Vermehrung genetisch identische Kopien von Pflanze oder Lebewesen)

Metamorphose: griechisch *metá* ver-, *morphe* Gestalt, ≈ Gestalt verändern

Roboter: tschechisch *robota* (Fron-) Arbeit

15. Altertum

In der ersten Tragödie des AISCHYLOS (525 – 456 v.Chr.) hatte sich **Prometheus** mit Zeus gegen die Titanen verbündet, dann aber das von Zeus zum Untergang bestimmte Menschengeschlecht gerettet, indem er ihm das Feuer und die Kultur brachte. Dafür wurde er an einen Felsen im Kaukasus geschmiedet, wo ihm ein Adler die immer wieder nachwachsende Leber aushackte, bis ihn *Herakles* befreite. Prometheus war Abkömmling der Titanen, Bruder des *Atlas* und des *Epimetheus* formte zuvor jedoch gemäß OVID (43 v. -18 n.Chr.) Menschen aus Ton und Regenwasser.

Der attische Baumeister **Daidalos** erzeugte gemäß der Mythologie bewegliche Statuen (≈ Mechanikerschule von Alexandrien) sowie seinen Sohn Ikaros. Als beide von der Insel Kreta aus dem Dienst des Königs Minos zu fliehen versuchte, kam er mit seinen durch Wachs zusammengehaltenen Flügeln der Sonne zu nah und stürzte unweit von Samos ins Meer.

Hephaestus war Sohn des Zeus und der Hera, Gemahl der Aphrodite (Römer → Gott Vulcanus) war der griechische Mythologie zufolge Gott des Feuers und der Schmiedekunst, meist als kräftiger, hinkender Mann in Handwerkertracht, oft mit Hammer oder Zange dargestellt. Auch er war für die Anfertigung künstlicher Geschöpfe zuständig, u.a. Dreifüße auf Rädern, die selbstständig für Zeus Dienste leisteten.

Der sagenhafter König von Kypros (Zypern) **Pygmalion**, schuf sich nach OVID das Standbild einer idealen Jungfrau und verliebte sich in sie. Die Göttin Aphrodite erweckte die Gestalt zum Leben und Pygmalion nahm sie zur Gemahlin.

Bei HOMER schützte z.B. ein Mann aus Eisen die Insel Kreta

OVID zeigt in »Metamorphosen« eine Welt unaufhörlicher Verwandlungen. Allgemein u.a. Götter, die sich in Tiere verwandeln, Menschen werden zu Pflanzen oder Steinen sowie Zwitterwesen, wie Sirenen, Sphinxen, Kentauren

16. PARACELSUS → Homunkulus

Der Arzt PHILIPPUS AUREOLUS PARACELSUS (eigentlich Philippus Aureolus Theophrastus Bombast von Hohenheim, 1493 - 1541) wollte ernsthaft Menschen schaffen (Gedankenexperiment)

Ca. 1530: Aus männlichem Samen, genährt von Blut, gewärmt von Pferdemit und bemuttert von einem Kürbis
Nach vierzig Tagen entsteht „ein recht lebendig Kind“, jedoch viel kleiner, deshalb „Homunculus“

JOHANN WOLFGANG GOETHE (1749 – 1832) parodiert dies im „Faust II“ von 1832 mit seinem Wagner:

*„Es leuchtet! Seht! – Nun lässt sich wirklich hoffen,
Dass wenn wir aus viel hundert Stoffen
Durch Mischung – denn auf Mischung kommt es an
den Menschenstoff gemächlich komponieren
In einen Kolben verlutieren [mit Lehm verschließen]
Und ihn gehörig kohobieren [mehrfach destillieren],
So ist das Werk im stillen abgetan.“*

17. Mechanisches Leben

Im 17. und 18. Jh. haben viele Urmacher mechanische Lebewesen und Menschen gebaut

JACQUES DE VAUCANSON (1709–1782) u. a. 1738 eine gehende, schnatternde, fressende und verdauende **Ente**

JOHANN WOLFGANG RITTER VON KEMPELEN DE PÁZMÁND (1734 – 1804) zeigt 1769 einen **Schachautomaten**,
(Schach spielender kleiner versteckte Türke)

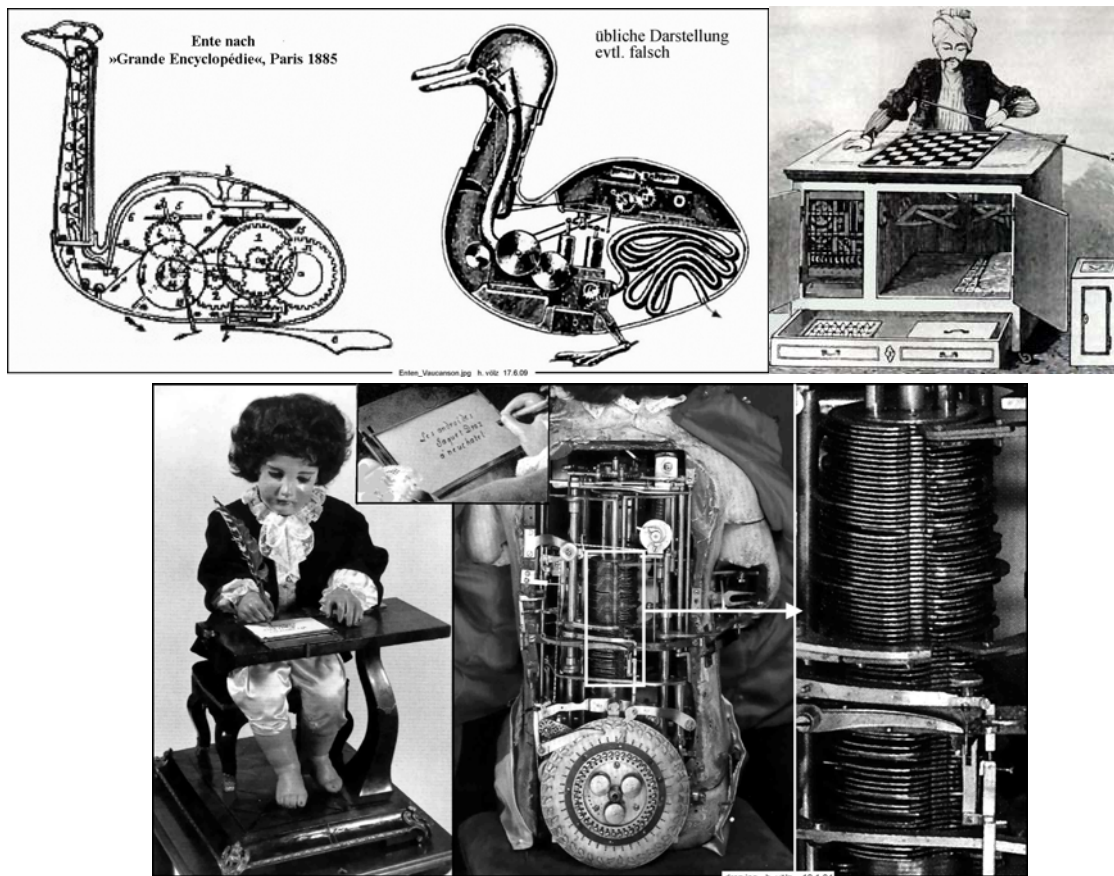
PIERRE JACQUET DROZ (1721 – 1790) und Sohn HENRI-LOUIS JACQUET DROZ (1752 – 1791) erfanden
schreibende, malende und Cembalo spielende Automaten (Androiden)

JULIEN OFFRAY DE LA METTRIE (1709 – 1751) in 1748 erschien „Der Mensch als Maschine“

Menschen bestehen danach aus **Körpermaschine** (res extensa) und **Seele göttlichen Ursprungs** (res cogitans)

JEAN PAUL (1763 – 1825) bemerkte dazu bereits 1789:

*„Schon von jeher brachte man Maschinen zu Markt, welche die Menschen außer Nahrung setzten,
indem sie die Arbeiten derselben besser und schneller ausführten. Denn zum Unglück machen die
Maschinen allezeit recht gute Arbeit und laufen den Menschen weit vor.“*



21. Beispiele aus der Literatur

1817 besuchten MARY WOLLSTONECRAFT SHELLEY (1797 – 1851) und ihr Mann PERCY den Landsmann Lord BYRON und Madame DE STAEL in deren Villa am Genfer See. Hier schreibt Mary **1818** – also 19-jährig – die Erzählung „Frankenstein, oder der moderne Prometheus“ („Frankenstein or the modern prometheus“). Es ist die Geschichte des Arztes Baron **Frankenstein**, der sich auf dem Friedhof von Ingolstadt die Leichenteile zusammensucht, um – Gott gleich – ein Wesen zu schaffen. Was jedoch zu einem bösen Ende führt.

Im 2. Akt der Operette „Hoffmanns Erzählungen“ (Les Contes d'Hoffmann) von JACQUES (JACOB) OFFENBACH (1819 – 1880) kommt die entzückende tanzende und singende Puppe **Olympia** vor, die von dem Physiker Spalanzani gebaut wurde. Durch ein Lorgnon des Optikers Coppélius verliebt sich Hoffmann in sie. So wird er zum Spott der Gesellschaft. Dieser Inhalt geht auf „Der Sandmann“ (**1817**) von Ernst Theodor Amadeus (eigentlich Wilhelm, E. T. A.) HOFFMAN (1776 – 1822) zurück, der schon damals die Gefahr empfand, welche Automaten und Maschinen für die menschliche Persönlichkeit darstellen können.

1915 erscheint der Roman „**Der Golem**“ von GUSTAV MEYRINK (1868 – 1932). Er spielt im Prager Ghetto des 16. Jhs. Der Rabbi Löw erzählt wie hier die polnischen Juden mittels der wunderkräftigen Schemhamphoras (Gebet) eine aus Lehm geformte Figur als Golem zum Leben erwecken. Er kann nicht reden, versteht aber fast alles und führt aus, was man ihr befiehlt. An seiner Stirn steht semath (Wahrheit, Gott). Weil er täglich größer wird, besteht bald Gefahr. Aus Furcht löschen sie daher den ersten Buchstaben aus. Es bleibt nur maeth (er ist tot) und zerfällt wieder in Lehm.

1920 KAREL ČAPEK (1890 – 1938) führt das Wort **Roboter** ein mit dem Roman „WUR Werstands Universal Robots“ (auch „R.U.R.“ Rossums).

In ALDOUS HUXLEY (1894 – 1963) „**Schöne neue Welt**“ von **1932** werden alle Menschen synthetisch erzeugt.

ISAAC ASIMOV (1920 – 1992) (Biochemiker) schreibt **1947** in seinen Robotergeschichten **Gesetze für menschenähnliche Roboter**

1. Ein Roboter soll ein menschliches Wesen nicht verletzen oder durch Untätigkeit zulassen, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.
2. Ein Roboter muss den Weisungen menschlicher Wesen gehorchen, ausgenommen ist der Fall, dass diese Weisungen dem ersten Gebot widersprechen.
3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, ausgenommen sind die Fälle, wo ein solcher Schutz dem ersten oder zweiten Gebot widerspricht.

Doch was tut er wenn ein Chirurg einen Menschen den Bauch aufschneidet?

STANISLAW LEM (1921 – 2006) stellt fest: Wenn wir **keine Krüppel**, keine Degenerierten, keine Schwachsinnigen **morden**, nur weil sie menschenähnlich sind, dann dürfen wir auch dies nicht mit menschenähnlichen künstlichen Wesen tun. Dito JOSEPH WEIZENBAUM (1923 – 2008): „*Wenn man einen Hasen, einen Hund oder einen Vogel hat und für den sorgen muss, dann lernt man was Verantwortung ist. Ein Computer zu beherrschen ist dagegen verantwortungslos.*“ Vgl. Tamagocchi.

Doch „realer“ ist:

OSKAR KOKOSCHKA (1886 – 1980) ließ sich seine verlorene Geliebte ALMA MAHLER-WERFEL (1879 – 1964) als Puppe nachbauen

HANS BELLMER (1902 – 1975) konstruierte ein weibliches Wesen, das Ausdruck seiner erotomanen Phantasie war

OSKAR SCHLEMMER (1888 – 1943) kreierte biomechanische Menschapparaturen.

22. Computer und virtuelle Welt

In der Virtuellen Welt der Computer gibt es vor allem Künstliche Spielfiguren.

Bereits auf dem **Commodore 64** gab es »Little Computer People«. Mit dem Start erschien ein kleines Männchen, das aß, schlief und mit dem Nutzer kommuniziert.

Ab 1995 gab es die **Petz-Serie** (englisch **pets** Haustiere) Programme für Windows- und Macintosh-Computer. Es waren dabei Hunde oder Katzen zu betreuen.

1996 wurde von der Mitarbeiterin AKI MAITA die Idee zu **Tamagocchi** (Japanisch liebenswertes Ei) in einer Abteilungssitzung der japanischen Firma Bandai entwickelt. Bald darauf wurde es in der Größe eines Hühnereis (etwa 5,5 × 4 × 1,5 cm³) mit einem winzigen Bildschirm (32 × 16 Pixel) und wenigen Tasten produziert. Es braucht Zuneigung und lässt es sich u.a. „streicheln, füttern, pflegen“, schläft usw. Mit Geräuschen des Wohlbefindens bedankt es sich. Bei Vernachlässigung stirbt es. Es sollte Ersatz dafür sein, dass sich viele Großstadtbewohner kein Haustier halten können. Infolge der großen Nachfrage gab es bald Produktionsengpässe und Schwarzmarktpreise

als Folge. Im Internet entstanden virtuelle Friedhöfe. Später erschienen Weiterentwicklungen, die sich sogar vernetzen ließen. So konnte sie „heiraten“ und Kinder bekommen.

Software-Weiterentwicklungen sind Spiele wie »FinFin« oder »Creatures«, bei denen sogar von »**Artificial Life**« (Künstliches Leben, vgl. [Levy]) gesprochen wird. Am umfangsreichsten sind wohl die **MMORGP** (**M**assive **M**ultiplayer **O**nline **R**ole **P**laying **G**ames. Hier können viele Spieler gemeinsam mehrere Spielertypen erzeugen sowie gegen- und miteinander arbeiten.

Der Begriff **Avatar** (*sanskrit avatara* Herabkunft) von dem NEAL STEPHENSON (*1959) in seinem Roman »Snow Crash« geprägt. Als (erotisch) ansprechende, animierte Personen werden sie heute vielfältig kommerziell für Werbung, Auskünfte usw. benutzt. Solche elektronischen Berater sind auch lernfähig. Teilweise können sie sogar die Kunden nach ihrem Geschmack verändern.



24. Grenzbereiche

Wie schnell einem Computer menschliche Eigenschaften zugestanden werden zeigte GARRI KIMOWITSCH KASPAROW (*1963): 1996 hätte ich noch über die Frage gelacht, ob Computer über eine Art Intelligenz verfügt. Dass änderte sich, als ich 1997 gegen den **Schachcomputer** „Deep Blue“ verlor. Er verhielt für einen Rechner untypisch, opferte einen Bauern, ohne unmittelbar davon zu profitieren. Erst im weiteren Verlauf der Partie wurde der sich daraus ergebende strategische Vorteil offenkundig. Er erschien mir intuitiv richtig, originell und hoch intelligent. Da das, was der Mensch „aus einem Gefühl heraus“ gemacht hätte, von einer Maschine errechnet worden war, zog ich den Schluss, dass eventuell immense Quantität in Qualität umschlagen könne.

Mind-Machine 1975 Patent von ROBERT L. MONROE: Mittels Gehirnstimulation mit Frequency Following Response soll ein gleichartiges EEG erreicht werden und dadurch tiefe Entspannung auftreten, die erhöhte Intelligenz, Kreativität und Konzentration, Stärkung des Immunsystems, Abbau von Gewohnheiten und Süchten (Rauch-, Ess-, Alkohol-, Drogensucht), Schmerztherapie, Jetlag usw. bewirkt

Viele der **künstlichen Wesen** dienen heute in *Freizeitparks, auf Jahrmärkten und in Geisterbahnen* der Unterhaltung. U. a. gibt es auch schwarze Riesengorillas, für die King Kong das Vorbild war. **Automatenpuppen** faszinieren Kinder und Erwachsene gleichermaßen. Bei **Crashtests** werden tote Puppen benutzt.

Auch die Außerirdischen (als dritte Art) gehören zu diesem Thema. Bereits 1752. beschrieb VOLTAIRE (1694 – 1778) einen Außerirdischen namens Mikromegas, der so groß war, dass er die Erdbewohner nur mit der Lupe wahrnehmen konnte. 1790 ermöglichte CARL IGNAZ GEIGER mit „Reise eines Erdbewohners auf den Mars“ auf entsprechende Begegnungen hin. HERBERT GEORGE WELLS (1866 – 1946) „Krieg der Welten“ von 1898 wurde am 30.10.1938 von der CBS (Columbia Broadcasting System) in der Regie von ORSON WELLES (1915 – 1985) als Hörspiel gesendet. Es betraf die Invasion von Marsbewohnern auf der Erde und wurde als so „wahrhaft“ aufgenommen, dass es auf den Straßen in den USA durch Massenflucht eine Katastrophe bewirkte. Doch auch bis heute gibt keine wirklichen Anhaltspunkte auf Außerirdische.

Doch dagegen ist Gestaltung spezieller „Menschen“ in der Medizin angekommen. So lassen sich junge thailändische Frauen ihre Nasen operieren. Der Boom der **Bodybuilding**-Studios und für Schönheitsoperationen nimmt ständig zu. Als 1888 der Schriftsteller ROBERT HAMERLING (1839–1889) von der Übertragung eines Embryos in eine Leihmutter schrieb, war das noch eine Satire auf die Technik euphorie der Gründerzeit. Doch 1987 wurde im so genannten „Baby-M“-Prozess in New Jersey ein Kind erstmalig nicht der leiblichen Mutter, sondern der Auftraggeberin zugesprochen.

Umgekehrt schreibt 1987 ERICH FROMM (1900 – 1980) in „Die Revolution der Hoffnung“: *„Die Möglichkeit, menschenähnliche Roboter zu konstruieren, ist höchstens ein Zukunftstraum. Aber die Gegenwart führt uns bereits Menschen vor Augen, die sich wie Roboter verhalten. Wenn erst die meisten Menschen Robotern gleichen, wird es gewiss kein Problem mehr sein, Roboter zu bauen, die Menschen gleichen.“*

25. Künstliche Welten

In der Welt orientieren wir uns mittels unserer Sinne, vor allem Sehen und Hören. Zusätzlich handeln wir in ihr mit unserem Körper und Gliedmaßen

Mittels technischer „Prothesen“ (s.u.) für die Sinne können wir auch eine nicht real existente Welt erleben
Mittels weiterer technischer Prothesen können wir in ihr auch handeln und sie damit verändern
So werden Mensch und Maschine zu einer neuen Einheit (Ganzheit?) im Sinne einer Simulation verbunden.
Dabei stellt sich meist schon nach 10 Minuten die *Simulatorkrankheit* als Übelkeit usw. ein

Als einer der ersten Aufsätze gilt „The Cinema of Future“, der 1955 MORTON HEILIG stammt. Sein Kino sollte auch Schmecken, Riechen und Fühlen ermöglichen. 1962 hat er das Sensorama gebaut, mit dem eine virtuelle Motorradfahrt durch New York möglich war, aber noch ein kommerzieller Flop blieb.

Heute gibt es bereits beachtlich viele Anwendungen

Flug- und Fahr-Simulatoren

Bei der **Wartung** von Flugzeugen und komplizierten Geräten, wird dem Operateur für ein Auge per Display der Reparaturplan usw. eingeblendet.

Künftige Gebäude (Architektur) können bereits vor dem Bau virtuell durchwandert werden.

Operationen der Medizin können an anderen Orten miterlebt und teilweise von dort aus sogar durchgeführt werden.

Rehabilitation von Kranken ist u.a. mit speziellen virtuellen Räumen usw. möglich: gilt z.B. für Alzheimer-Patienten, Menschen mit unüberwindbaren Ängsten und Phobien bzgl. enger Räume (Klaustrophobie) oder Spinnen, Flugangst usw. Unfallgeschädigte, z.B. Hirnverletzte

Das **virtuelle Kaufhaus** ist heute bereits allgemein üblich

Spiele im virtuellen Raum, leider oft Kriegs- und Tötungsspiele, Gefahr für Jugendliche, Werbeslogan der Industrie: „Noch nie hat das Töten so viel Spaß gemacht“

Im Lauf der Entwicklung sind **viele Begriffe** entstanden, besonders wichtig sind:

Künstliche Realität wurde Mitte der 70er Jahre von MYRON KREUGER mit dem Buch „Artificial Reality“ eingeführt. Ursprünglich sollten nur alle Aspekte des 3-D-Fernsehens erfasst werden. Heute ist sie durch Daten und Programme im Rechner definiert. Ein einfaches Beispiel ist das 3-D-Modell eines Hauses. Fast synonyme Begriffe sind (**Künstliche**) **Umwelt, Computer-Umwelt, virtuelle Welt, virtueller Raum, Virtual Environment, Virtual World, Artificial World, Virtuality**

CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) auf der SIGGRAPH 1992 von CAROLINA CRUZ-NEIRA, TOM DEFANTI und DAN SANDIN als virtueller Raum eingeführt, auf dessen Wände, Boden und Decke Stereoprojektionen erfolgen. Die mit einer Shutterbrille als „real“ wahrgenommen werden. Später ähnlich für akustische künstliche Räume benutzt

Cyborg (Kurzform von cybernetic organism) wurde 1960 von MANFRED CLYNES für virtuelle Lebewesen eingeführt

HID (Human Interface Device) als Zusammenfassung von „Prothesen“ für die künstliche Realität, optisch z.B.: Bildschirm, Brille oder Display, speziell HMD (Head-mounted Display = Cyberhelm); akustisch: Kopfhörer, Lautsprecher; für aktives Handeln: Orts- und Bewegungssensoren, Kameras, Handschuhe (Datenhandschuh, THOMAS G. ZIMMERMANN), Kleidung (Wearable, STEVE MANN, THAD STARNER). Es sind auch Möglichkeiten für weitere Sinne z.B. für Geruch und Geschmack erprobt.

Virtuelle Realität (VR) wurde 1989 von JARON LANIER geprägt. In der Künstlichen Umwelt des Computers orientiert sich der Mensch mittels HID vor allem optisch und akustisch. Er „taucht“ in sie ein. In dieser Welt handelt er dann durch Körper-, und Handbewegungen ebenfalls über HID, welche sie an den Rechner weiterleiten.

Cyberspace wurde 1984 WILLIAM FORD GIBSON (*1948) im Roman „Neuromancer“ eingeführt. Eine Computer-Umwelt, die mehrere Rechner benutzen kann und in die mehrere Benutzer gleichzeitig agieren können.

Cyber-Reise Ablauf einer Bewegung und Handlung in der Künstlichen Realität. Zuweilen eingeeignet auch für Video-Konferenzen benutzt.

26. Eigenschaften von Maschinen

BUDDE und ZÜLLIGHOVEN versuchen 1990 die „Maschinenfunktion“ des Menschen zu systematisieren, müsste heute weiter gefasst werden.

Der Mensch ist wie eine Maschine	Maschine zu sozialen Prozessen	Technische Geräte sind Abbilder von Natürlichem
- Maschinen sind Abbilder unser Körperorgane - Maschinen funktionieren wie unsere Körperorgane - Maschinen ergänzen unseren defiziten Körper	- Maschinen bringen Arbeitsteilung - Maschinen bilden konfliktfreie soziale Prozesse ab	- Maschinen sind Nachahmungen der Natur - Maschinen verkörpern Naturgesetzmäßigkeiten

27. Beispiele für „Dummheiten“ von Rechnern

Die frühen Fehler waren eher harmlos, skurril und witzig, hier Beispiele, die sich beliebig ergänzen lassen

Ein Rechner hat einem Kunden einen Rechnungsbetrag von 0,00 M angemahnt und sich erst zufrieden gegeben, als er einen Scheck mit 0,00 M zur Verrechnung erhielt.

Ein Übersetzungscomputer hat „Der Geist ist willig, aber das Fleisch ist schwach“ ins Russische als „Der Wodka ist gut, aber der Braten ist missraten“ übersetzt.

Ein Mann fragte ein Expertensystem, wo sein Vater sei und erhält die Antwort: „Ihr Vater ist in Kanada und fischt Lachse“. Darauf der Mann: „Irrtum, mein Vater liegt schon seit zwei Jahren auf dem Nordfriedhof“. Darauf die Antwort des Rechners: „Nein das ist derjenige, mit dem Ihre Mutter verheiratet war. Ihr Vater ist in Kanada und fischt Lachse.“

Im **Kalten Krieg** wurde es sehr ernst. Nur durch Umsicht zuständiger Politiker geschah nichts Katastrophales:

Im November 1979 meldete das amerikanische Abwehrsystem NORAD 2020 angreifende Sowjet-Raketen. Das war für die Militärs so unwahrscheinlich, dass sie von einem Computerfehler ausgingen. Entstanden war der Fehler durch Zufallsbits

26.9.1983 meldete der russische Computer den Start von 5 US-International-Atom-Raketen. Oberstleutnant Stanislaw Petrow ging jedoch von einem Fehlalarm aus.

Noch anders im „**Krieg**“, z.B. schoß der US-Kreuzer USS Vincennes einen iranischen Airbus ab - 290 Tote. Das System Aegis hat ihn als angreifenden Kampfflugzeug gedeutet

Weitere Probleme, treten als „**nur sehr teure Ereignisse**“ z.B. bei der Raumfahrt und im zivilen Bereich auf, Stromversorgung, Gaspipeline, Telefonnetz, Tote durch Bestrahlungsgeräte usw. auf. (u.a. Chip 6/09, 180 - 183)

1993 erlebt **Intel** sein **Pentium-Desaster**: Ein Professor findet heraus, dass der Chip nicht richtig rechnen kann. Zahlen einer bestimmten Größe werden falsch dividiert. Letztendlich muss Intel jedem der Millionen User den Chip austauschen, der es wünscht. Der Schaden beläuft sich auf gut 475 Millionen Euro

In einem frühen **Rechenzentrum** hat folgendes **Gedicht** gehangen:

*Ich hasse dieses blöde Gerät.
Verkaufen sollte man die Plage.
Wenn es, was man will, nur tät`
und nicht nur das was ich sage.*

28. Etymologie von Spiel

8 Jh. Mittelhochdeutsch **spilon**, sich lebhaft bewegen, fröhlich sein, musizieren

9 Jh. **spil** Tanz, Zeitvertreib, Scherz, Unterhaltung, Vergnügen, Musik, Waffen-, Kampfspiel, Wettkampf
spilman fahrender Sänger, Musikant, Gaukler,

spilari, **spiler** Handpaukenschläger, Tänzer, Gaukler, Schauspieler

16. Jh. Brett-, Würfel-, Kartenspiel, auch etwas bis zu Ende bringen, die Hand mit im Spiel haben

17 Jh. von einer Vorlage abspielen

Danach schrittweise zu den heutigen vielen Varianten: **Beispiele** sind:

- Automaten-, Falsch-, Fest-, **Frutzen**-, Kasperle-, Kriegs-, **Lager**-, Liebes-, Mysterien-, **Nach**-, Natur-, Olympische, Rollen-, Schau-, **Ventil**-, Video-, **Vor**-, Wider-, Wind-, **Zwischen-Spiel**

- **Spiel**-art, -film, -mann, -raum, -sachen, -sucht, -theorie, -verderber, -zeug
- Spiel als Kunstwerk (z.B. Theater, Oper, Musik, Tanz) und beim Sport, Gespielen
- spielen, verspielt, spielend leicht; spielerisch, mit etwas spielen

Der Begriff Spiel ist so umfassend, dass *keine allgemein gültige Definition* zu geben ist

Vor allem die kulturellen Aspekte erfasst der 1938 von JOHAN HUIZINGA (1872 - 1945) „**Homo ludens**“

Es jedoch zu beachten, dass bei vielen jungen (Wirbel-) Tieren ebenfalls ein „Spielen“ auftritt

So sind auch ziemlich genau festgelegte Spiele bis um 5 000 v. Chr. nachzuweisen

Weit v.Chr. z.B. Go, Schach, Sport, Kultur

Im Mittelalter entstand z.B. Mysterienspiele, Dame und Kartenspiele

In der Neuzeit Bingo, Video- und Computerspiele, Brettspiele erleben eine Renaissance

Die umfangreiche Geschichte weist aus, dass immer die jeweiligen technischen Möglichkeiten genutzt werden

29. Bedeutung der Spiele

Spiele sind wichtig, weil mit ihnen **körperliche und geistige Fähigkeiten entwickelt** werden können

Dennoch erscheinen (sind) viele Spiele „nutzlos“, bewirken **Vergnügen, Spaß, Langeweile vertreiben,**

Aufheiterung, Selbstvergessen, Entspannung, Erholung und Freude

Vielfach bewirken sie: **Gemeinschaftserlebnisse**, erhöhen den **Selbstwert** (Das schaff' ich; krieg ich in den Griff, denen werd ich es zeigen, ich bin besser), können **Geld-Gewinn bringen** ↔ **üben Umgang mit Risiko**

Sehr Nützlich sind sie, um **Erkenntnisse über Geschehen** in Natur, Technik, Wirtschaft und im sozialen Bereich zu simulieren und zu verstehen und es dann gezielt zu beeinflussen

Hierzu entwickelten JOHN VON NEUMANN (1903 - 1957) und OSKAR MORGENSTERN (1902 – 1977) die

Spieltheorie als neuen mathematischen Zweig; Nobelpreis 1944 (Theory of Games and Economic Behavior)

1994 erhielten hierzu REINHARD SELTEN (*1930), JOHN CHARLES HARSANYI (1920 – 2000) und JOHN FORBES

NASH den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften

Die **heutigen Anwendungen** der Spieltheorie betreffen u.a.:

Märkte und Waren, Angebot und Nachfrage, Verbreitung von Gütern und Diensten, Verteilung von Eigentum und Erbschaften, Interessenkonflikten, Entscheidungen, Gewinnmaximierung, Epidemien, Immunisierung, Impfung, Test von Medikamenten, jahreszeitlichen und zyklischen Schwankungen, Machtverteilung, Gesetzgebung, Mehrheitsentscheidungen, Rollenspiele, Politische und militärische Ereignisse, Sportliche Wettkämpfe (Bestleistungen, Grenzerfahrungen). Versicherungen (Abwägung des Risikos). Wetten, Glücksspiele (Hoffnung auf Gewinn, Gefahr der Spielsucht), Evolution (Fortschritt, Artenentstehung, Möglichkeiten)

Ein beachtlicher Anteil betrifft **Computerspiele** bezüglich Simulation, Erkenntnis, Unterhaltung, Zeitvertrieb

Alle gewonnenen Ergebnisse basieren vor allem auf **Rationalität**

Da der **Mensch** aber oft **nicht** rein rational denkt und handelt und die **Natur** vielfach vom **Zufall** bestimmt, passen die Ergebnisse nur teilweise zur Realität

Untersuchungen von Spielverhalten erfolgen auch in der **Psychologie**

Nutzung gegen Leistungszwänge und Stress, durch die Psyche und Körper zunehmend Schaden nehmen können

Untersuchungen zur Spielsucht, bewirkt u.a. Kontaktarmut und finanziellen Ruin

Daher sind Spiele z.T. auch schädigend für Ansehen, möglichst meiden oder verheimlichen

30. Arten der Spiele

Einpersonenspiele: Gegner ist Zufall, komplizierte Strukturen/Regeln, Faktenwissen: Patience; Soletüde, Rubriks Würfel, Türme von Hanoi, Tangram, Kreuzworträtsel, Knocheien, Quiz, Scherzfragen, Geschicklichkeitsspiele, Weg durchs Labyrinth, Lotto, Toto, Spielkasino usw.

Gegnerische Spiele, meist Zwei- und Mehrpersonenspiele: Mühle, Dame, Schach, Go, Nimm, Knobeln, „Mensch ärgere dich nicht“. Vielfach sind es Nullsummenspiele: einer gewinnt soviel, wie der andere verliert

Kooperative Spiele, reine Form selten: Kartenhaus bauen, einige Patience, am japanischen Kaiserhof Fußball (so dass er nicht die Erde berührt). Im erweiterten Sinn auch Kultur betreffend (s.u.)

Kooperativ-gegengerische Spiele (feindliche Gruppen, Mannschaften): Fuß- und Handball, Skat

Andere Einteilungen

Kinderspiele: Brummkreis, Marmelade, Hopse, Räuber und Gendarm, Verstecken usw.

Kultur-, Zivilisationsspiele: Musik (Duo, Quartett usw.), Schauspiel, Oper, Tanz usw.

Video-, Computerspiele: Virtuelle Realität in Adventure-Games. Neuer Beruf: Spiele-Autor

Spiele gegen die Zeit: Wettlauf, kritischer Weg, Zielverfolgung, Duell, Acker gegen Friedhof

Pechspiele: Pechsituationen werden absichtlich herbeigeführt und dominieren das Spielgeschehen z. B. „Mensch ärgere dich nicht“

Bösartige Spiele, maximaler Schaden bzw. Zerstörung als Ziel: Baller-, Kriegsspiele, Viren, Rechner zum Absturz bringen usw.

Hasard- oder Glücksspiele, wenn vorwiegend Zufall

31. Kennzeichen der Spiele

Hilfsmittel beim Spiel

U.a. Karten, Würfel, Spielmarken oder Lose - Spiel-Bretter - Geräte, z.B. Spielcasino, Video-, Computerspiel

Zugzahl, persönlich und/oder zufällig:

- Es gibt nur **einem Zug** z.B. Münzwurf $\Rightarrow$ Gewinn oder Verlust, bei Zufall Glück oder Pech
- Enden nach **endlich vielen Zügen** mit Gewinn (Erfolg), Remis oder Verlust, zuweilen auch *Spieldilemma* möglich, z. B. Wettrüsten oder Gefangenen-Dilemma
- **Unendlich fortzusetzen**, evtl. auch nur **ständig wiederholbar**

Wichtige Begriffe:

- **Spielregeln**, als einzuhaltende Voraussetzung, legen die zulässigen Handlungen (Züge) fest. Wer gegen die Regeln verstößt ist ein Spielverderber!
- **Strategie** ist der Weg zum erfolgreichen Spiel, kann als Algorithmus existieren, ansonsten Heuristiken, Ersatzregelungen, wie „brute force“ oder Spiel nach „Gefühl“, kann bei jeder Stellung anders sein.
- **Stellung** ist die aktuelle Spielsituation, wenn mehrere Züge möglich sind
- **Graph** fasst Wege des Spiels zusammen, ist oft hoch komplex, lässt sich nur z.T. reduzieren
- **Gewinnmatrix** weist die möglichen Ergebnisse aus, falls sattelförmig $\Rightarrow$ Minimax-Betrachtung (Theorie)
- **Optimierungsschema** kann bei mehreren Zielen existieren
- **Erfolg im statistischen Mittel** (Erwartungswert) nur bei Zufallsspielen, setzt statistische Stabilität voraus

zur Gewinnstrategie

Sie **existiert immer** bei endlichen Spielen mit vollständiger Information und keinem Patt (Unentschieden)

Bei **Schach, Dame** ist *Unentschieden* möglich. Eine explizite Gewinnstrategie (muss nicht existieren, z.Z. unbekannt) müsste es auch ermöglichen, dass jeder Spieler unentschieden erzwingen kann

Keine exakte Strategie bei unvollständiger Information (Skat, und Poker), es ist Unentschieden möglich

Information beim Spiel

- **vollständig** z. B. bei Mühle, wer zuerst zieht, der kann immer gewinnen,
- **prinzipiell vollständig, aber nicht verfügbar**, da zu komplex, z. B. Dame, Schach, Go,
- **unvollständig**, z. B. bei Kartenspielen (skat, Poker), durch das Mischen und Verteilen,
- **statistisch**, z. B. bei mehrmaligem Würfeln oder Knobeln.
- **keine**, z. B. bei einmaligem Würfeln oder Knobeln, bzw. beim menschlichen Gegner.

Die Menge der Information kann sich während des ändern

Zuweilen wird die mögliche Information bewusst **nicht ausgenutzt**, man verlässt sich auf das Gefühl (Glück)

Man geht **kein Risiko** ein, z. B. in der Hoffnung, der Gegner wird (aus Dummheit oder Unkenntnis) schon einen Fehler (schwächeren Zug) wählen

32. Schach

Bei Eröffnung 20 Zugmöglichkeiten, im Mittelspiel etwa 30, im Endspiel weniger

Durchschnittliches Spiel dauert etwa 20 Doppelzüge

Also etwa $30^{40} \approx 10^{60}$ mögliche **Stellungen**: Vergleich Dame $\approx 10^{40}$; GO $\approx 10^{761}$

Bei jeder Stellung des Schachs gehen zur Bewertung etwa 300 Merkmale ein $\rightarrow \approx (10^{60})^{300} \approx 10^{18000}$ **Varianten**

Bei gleichmäßigem Wachsen der Rechentechnik ist daher eine **vollständige Berechnung** etwa im 24. Jh. möglich

Daher andere **Strategien**: SHANNON bewertete in jeder Stellung die Fortsetzung nur nach wenigen Kriterien

Neben der Speicherung für **Eröffnungen** und **Endspiel** wird häufig „brute force“ benutzt

Im Mittelspiel dann Strategien u.a. für Beweglichkeit, Kampfkraft und Sicherheit des Königs
Z.T erfolgt eine Verlassen auf das „Gefühl“

1769 Baron KEMPELEN DE PÁZMÁND (1734 – 1804) zeigt einen **Schachautomaten**, wahrscheinlich kleiner versteckter Türke

1890 gab es eine mechanische Maschine wobei Turm + König gegen König gespielt wird.

KONRAD ZUSE (1910 – 1995) hat nach eigenen Aussagen deshalb Schach spielen gelernt, um es als Modell für das maschinelle Rechnen studieren zu können.

1952 spielte ALAN MATHISON TURING (1912 – 1954) mit seinem Zettelkasten eine Partie gegen einen Hobbyspieler und verlor

1956 verlor in Los Alamos erstmals ein Mensch gegen die Maschine, allerdings reduziert auf 6×6 Felder und ohne Läufer

1958 wurde eine Variante zur Verkürzung der Zugfolgen entdeckt. Später wurde ein Langzeit-Gedächtnis mit Hash-Funktionen eingeführt

1997 verlor GARRI KIMOWITSCH KASPAROW (*1963) gegen den **Schachcomputer** „Deep Blue“ verlor

1999 26.6. KASPAROW spielt im Internet gegen die ganze Welt und gewinnt

32. Go

Japanisch **Igo**, Chinesisch **Wie-tschi**, Koreanisch **Baduk**. Schwarze Steine symbolisieren Ying, weiße Yang

Zwei mögliche Ursprünge [PC-Magazin 8/97, 230]

1. Verwendet zur Berechnung astronomischer Zusammenhänge
2. Kaiser YAO (2255 - 2206 v.Chr.) hat das Brett seinem Sohn mit hübschen Steinchen zur Förderung seiner Intelligenz entwickelt und dazu die einfachen Regeln erfunden.

Im 17. Jahrhundert gab es ein Ministerium für Go-Angelegenheiten, das Godokoro

1863 wurde dieses Ministerium abgeschafft. Die Go-Welt verfiel in eine tiefe Depression

Erst zu Beginn des 20. Jh. entstand in Japan eine Renaissance

Das Go-Brett besitzt 19×19 Gitterlinien und damit 361 Kreuzungspunkte

Schwarz beginnt, jeder kann einen Stein setzen, kann aber auch passen

Im Mittel sind pro Zug 10 Möglichkeiten sinnvoll, ein Spiel dauert etwa 240 Züge. Das gibt 10^{240} Spielvarianten

Wer das größte Gebiet mit seinen Steinen beherrscht und dabei die meisten Gefangenen macht, ist Sieger

Ausgleich, nicht Sieg des einen über einen anderen, führt zur Harmonie der Welt

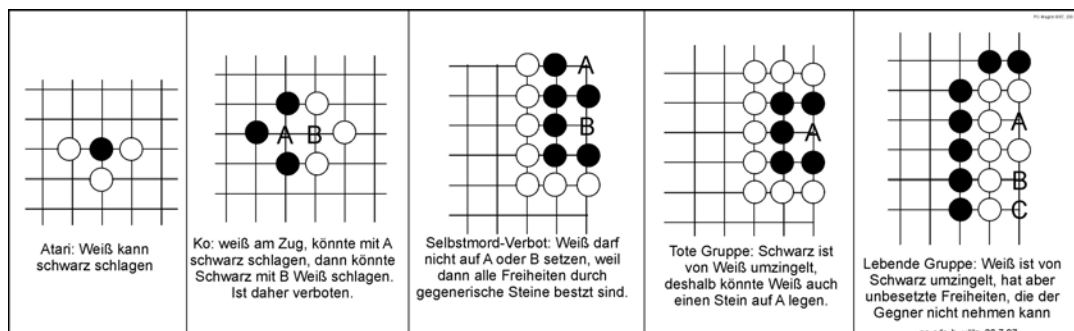
Beim Go kommt es auf Beschreiten des richtigen Weges an.

„Es gibt kein größeres Missgeschick als sich nicht begnügen zu können“

Der Spielverlauf lässt Rückschlüsse auf den Charakter des Spielenden zu.

Das Spiel ist so komplex, das bisher keine brauchbare Computervariante existiert.

Der Taiwanese ING hat bereits in den 80er Jahren einen Preis von 1,5 Mill. Mark für ein Programm ausgesetzt, das einen Profispieler schlägt



34. Türme von Hanoi

Das Spiel besteht aus drei Stäben, auf die $n \geq 3$ Scheiben unterschiedlicher Größe aufgefädelt werden können

Zu Beginn sind alle Scheiben auf einem Stab. Ziel ist alle Scheiben auf einen anderen Stab anzuordnen

Bei jedem Zug darf die oberste Scheibe eines beliebigen Stabes auf einen der beiden anderen gelegt werden

Es dürfen immer nur kleinere auf darunter liegende größere Scheiben gelegt werden



Ziel des Spiels ist es, den kompletten Scheiben-Stapel auf einen anderen Stab zu setzen.

Das Spiel wurde 1883 vermutlich vom französischen Mathematiker EDOUARD LUCAS erfunden.

Dazu erfand eine Geschichte: Indische Mönche im großen Tempel zu Benares, im Mittelpunkt der Welt, sollten einen Turm aus 64 goldenen Scheiben versetzen. Sobald sie das erreicht haben, ist das Ende der Welt gekommen.

1980 fanden BUNEMAN und LEVY den folgenden iterativen Lösungsalgorithmus

1) Stecke die kleinste Scheibe nach links (im Uhrzeigersinn) weiter

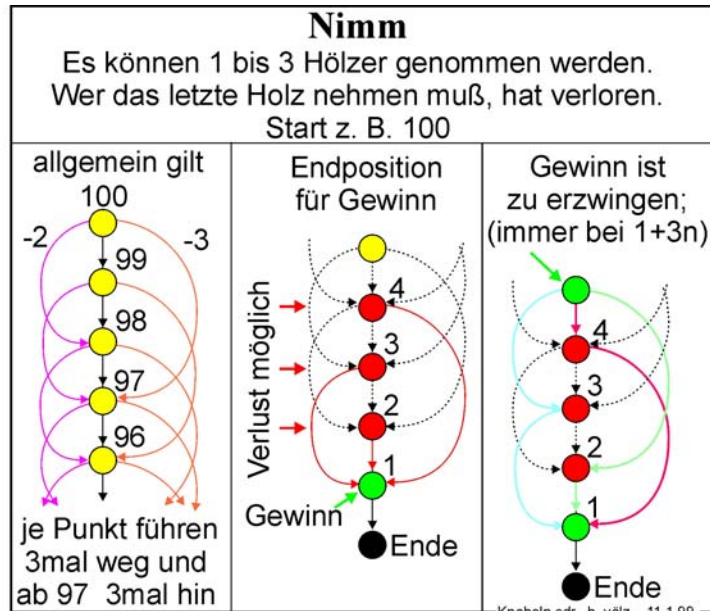
2) Stecke die andere mögliche um

Gewinnmatrix beim Knobeln und Gewinnstrategie bei Nimm

Knobeln
Schere schneidet Papier
Papier wickelt Stein ein
Stein macht Schere stumpf

A \ B			
	0	-1	1
	1	0	-1
	-1	1	0

Knobeln.cdr h. völg 11.1.99



36. Hackenbush

Es gibt (Bild a, [Mehlmann]):

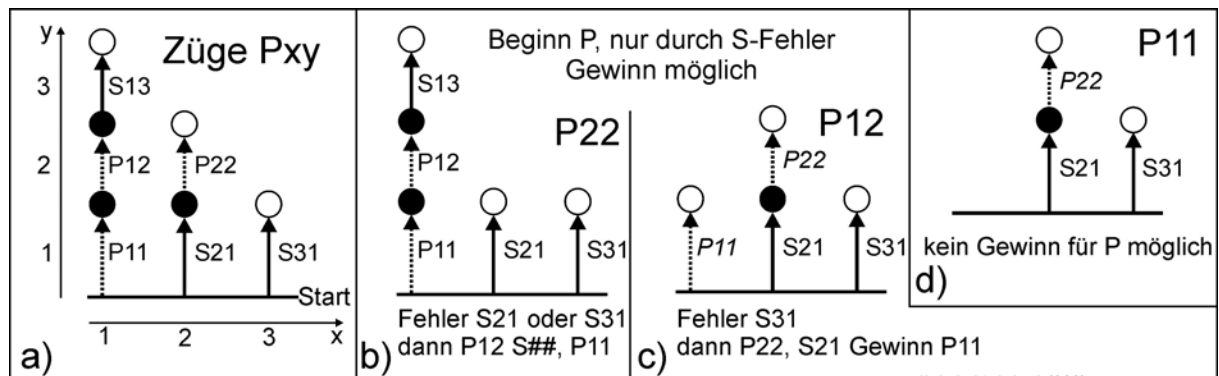
- Zwei Spieler P(unkt) und S(trich)
- Eine Startlinie, über die mehrere Linien als mögliche Züge Pxy (punktirt) bzw Sxy (ausgezogen) aufgetragen sind
- Ein Startschema mit übereinander geschichteten Linien y und nebeneinander angeordneten Linienfolgen x

Das Spiel beginnt, z.B. nach einem Losen P oder S

Bei jedem Zug wird eine zu S bzw. P gehörende Linie entfernt, dabei entfallen alle Linien die darüber sind

Derjenige, der zuletzt ziehen kann ist der Gewinner

Als optimal gelten Züge, die für den jeweils Ziehenden sich auch in der Folge als bestmöglich erweisen

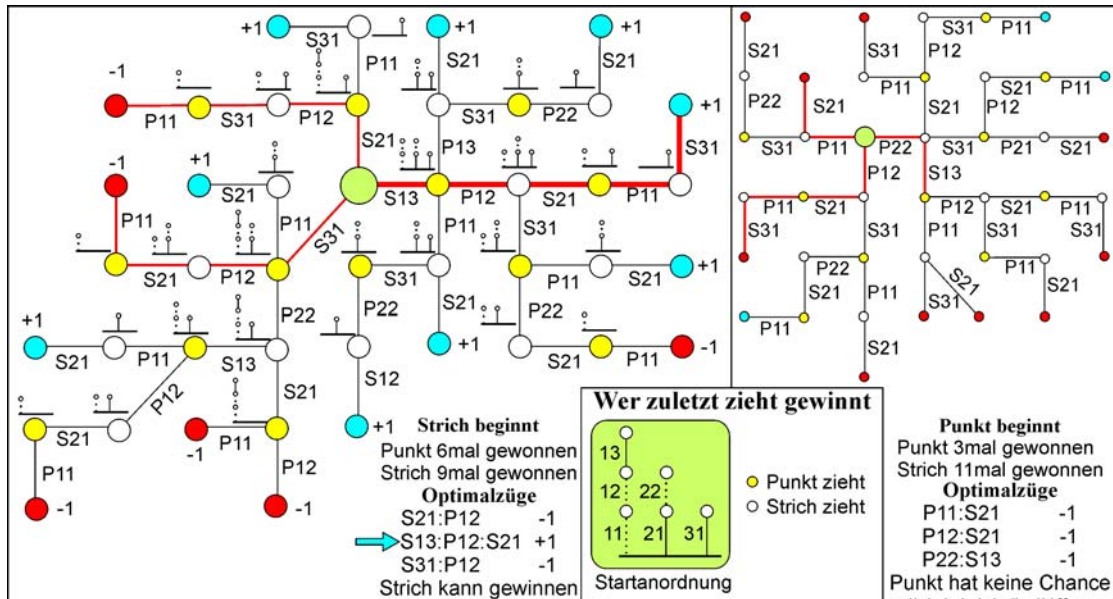


Im Beispiel soll P beginnen. Es kann nur durch nichtoptimale (fehlerhafte) Züge von S gewinnen (Bild b, c)

Beginnt P mit P11, so hat es keine Chance zu gewinnen (Bild d)

Vollständiger Graph für die gewählte Startanordnung, Links beginnt S rechts P.

Rot = optimale Wege. -1 Verlust, +1 Gewinn für Startenden



38. Solitäre

Übersprungene Steine entfallen, Besonderheit von Mehrfachzügen

Ziel: Alle Steine bis auf den letzten entfernen.

1912 findet ERNEST BERGHOLT eine Zugfolge, die nur 18 Mehrfachzüge benötigt

Es gibt $4^{31} = 5 \cdot 10^{18}$ Stellungen. Vollständiger Spielbaum besteht aus $5,8 \cdot 10^{20}$ Endstellungen

Durch Vereinfachungen ist Solitäre vollständig berechenbar ist. Es gibt $4,1 \cdot 10^{16}$ Lösungen.



39. Einige weitere Spiele

Tetris, ein ursprünglich russisches Stapelspiel, wurde auf dem batteriebetriebenen Handgerät „Gameboy“

Dame: 1959 ist es SAMUEL mit einem Programm gelungen einen **Dame**-Meister zu besiegen. Einzig bekanntes erfolgreiches Lernprogramm.

Lotterie: statistisch kein Gewinn möglich, da immer nur ein Teil der Einnahmen wieder ausgezahlt werden

Ihr Reiz ist der in Aussicht gestellte und vielfach angepriesene Gewinn.

Wird nicht als Glücksspiel bezeichnet, sondern so empfunden.

Teilnehmer stellen sich auf Verlust ein, hoffen aber auf großen Gewinn

Hierdurch deutlich: Ganz ohne Gewinn macht ein Spiel kaum Spaß

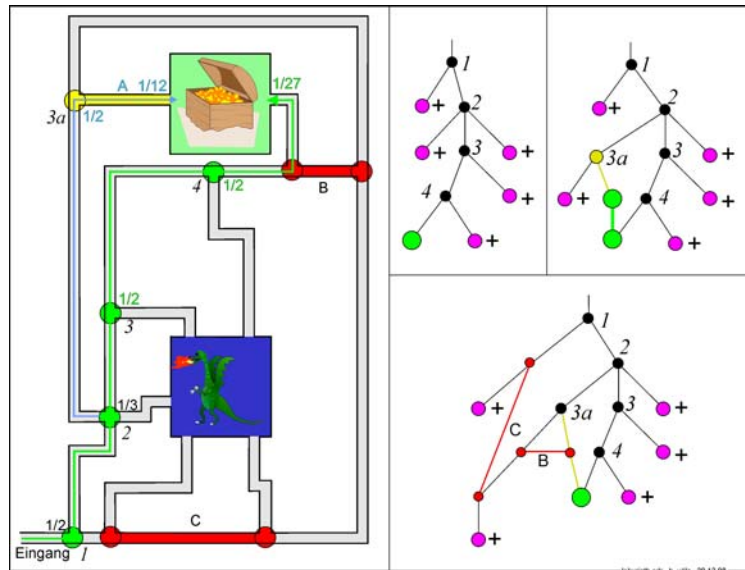
Reines Zufallsspiel ist genauso langweilig wie ein streng determiniertes, z. B. **Mühlespiel**

Mysterienspiele (*griechisch mysterion* Geheimnis), geistliches Schauspiel des Mittelalters (ab 14. Jh.) u.a. alttestamentarische Darstellungen, wie Erschaffung der Welt, Sündenfall, Kain und Abel, Sintflut, Opferung Isaaks usw. und des Neuen Testaments wie Darstellung des Antichrists, Weltgericht usw.

Witze kann man als hermeneutische Geschicklichkeitsspiele auffassen: Mit möglichst wenig Sprache soll möglichst viel kognitiv bewirkt werden. Intellektueller Aufwand und intellektuelles Vergnügen ergänzen sich: man muss um die Ecke denken“

Labyrinth, lösbar mit dem legendären **Ariadne-Faden**. Durch ihn gelangte THESEUS aus dem minoischen Labyrinth des Minotaurus wieder ans Tageslicht.

Rote Wege normal gesperrt, können zusätzlich eingefügt werden, unterer rechter Graph. + = Tod



36. Gefangen-Dilemma

Gefangen-Dilemma = Löwe-Lamm-Spiele existieren in vielen Varianten und sind u.a Grund für das Wettrüsten

Ursprung wahrscheinlich Anekdote von 1950 von ALBERT W. TUCKER

Nach einem missglückten Banküberfall werden Bonnie und Clyde festgenommen und in getrennten Zellen untergebracht. Falls sie nicht gestehen, können sie gemäß verbotenem Waffenbesitz mit drei Jahre Gefängnis bestraft werden. Wenn einer gesteht, denn wird er als Zeuge der Anklage nur mit einem Jahr bestraft und der andere erhält 9 Jahre Gefängnis. Gestehen beide, so müssen sie 7 Jahre absitzen.

		Bonny	
		gesteht	schweigt
Clyde	gesteht	7/7	1/9
	schweigt	9/1	3/3

Tosca von PUCCINI

Um ihren Liebhaber Cavaradossi zu retten, lässt sich Tosca auf eine Vereinbarung mit dem Despoten Scarpia ein. Sie ist bereit, sich ihm hinzugeben, falls er vorher dafür sorgt, dass die „Hinrichtung“ mit Platzpatronen erfolgt. Beide brechen die Vereinbarung durch strikt-dominante Strategien. Scarpia hat den Befehl heimlich aufgehoben. Tosca ersticht den Liebestollen bei der ersten Annäherung mit einem zufällig dort liegenden Messer.

Löwe-Lamm-Spiele

zwei Gegner (Partner) können sich nur zwischen zwei Strategien unterscheiden
Löwe = den ganzen Gewinn für sich allein beanspruchen, darum kämpfen
Lamm = kooperativ zusammenwirken und den Gewinn gerecht teilen

V = verbesserte Leistung (Fitneß) durch alleinigen Besitz
 D = Leistungsverlust (Schwächung) durch den Kampf um den Gewinn
 W = Leistungsgewinn (Gruppe) durch das Zusammenwirken

Gewinnmatrix für Zeilenspieler

	Löwe	Lamm
Löwe	$\frac{V-D}{2}$	V
Lamm	0	$\frac{V+W}{2}$

je Feld gilt:
Pfeile Richtung für Strategiewechsel

Spaltenspieler
 G_S
 G_Z
Zeilenspieler

Wettrüsten: $V=4; D=2; W=0$

	Löwe	Lamm
kämpfen	1	0
friedlich teilen	0	2

Wahrscheinlichkeiten = Anteil der Löwenstrategie

Nash-Gleichgewicht

Feigling (chicken): $V=2; D=4; W=0$

	Löwe	Lamm
nicht ausweichen	-1	0
ausweichen	0	1

Varianten:

- überlebender Held
- genauso feig, wie der andere
- Feigling, jedoch am Leben
- toter Held

Hirschjagd: $V=4; D=0; W=6$

	Löwe	Lamm
Hasen fangen	2	0
Hirsch erjagen	0	5

39. Krieg der Kerne

1984 kreiert Alexander. K. DEWDNEY (*1941) das Computerspiel „Krieg der Kerne“ (Core War) [Robitzsch]
Dabei werden Killer-Programme in der Programmiersprache Redcode (reduced code $\approx$ Assembler) geschrieben
Ursprünglichen gab es neun, später elf verschiedene Typen von Anweisungen. Es gibt

- ein Überwachungsprogramms MARS (Memory Array Redcode Simulator $\approx$ Schiedsrichter)
- einen geschützten RAM-Bereich, die Arena

Hierin versuchen zwei Programme sich gegenseitig zu zerstören, indem sie Code und Daten manipulieren
Ziel ist es, das generische Programm auf eine „Bombe“ laufen zu lassen = nicht ausführbare DAT-Anweisung
Daher kann „Cor War“ als eine Erweiterung, Spezialisierung von **Computerviren** aufgefasst werden

Für Weltmeisterschaften wurde eine internationale Gesellschaft geschaffen: The International Core War Society
Vereinheitlichte Spielregeln wurden 1988 als „Core War Standards '88“ publiziert

40. Spiele des „Lebens“

Das älteste Spiel hierzu stammt 1983 von MARTIN GARDNER (*1914) und ist ein in linearer **Zellularer Automat**
In einer oberen ersten linearen Zeile werden einzelne Zellen belegt (1), die anderen bleiben leer (0)
Die Belegung der jeweils darunter folgen Zeile ergibt sich aus der darüber befindlichen Zellen
Im Beispiel erfolgt die Belegung einer unteren Zelle aus den jeweils drei obern gemäß

0: wenn 0 oder 3 darüber belegt, 1: wenn 1 oder 2 besetzt sind.

Werden oben nur zwei Startzellen belegt so folgt das SIERPINSKI-Dreieck

1970 entwickelte JOHN HORTON CONWAY (*1937) **Game of Life** mit Zeittakt = Generationen

Ein quadratisches Raster der Zellen kann mit (1) oder ohne Leben (0) belegt sein

Jede Zelle hat hierbei 8 Nachbarzellen und es gilt

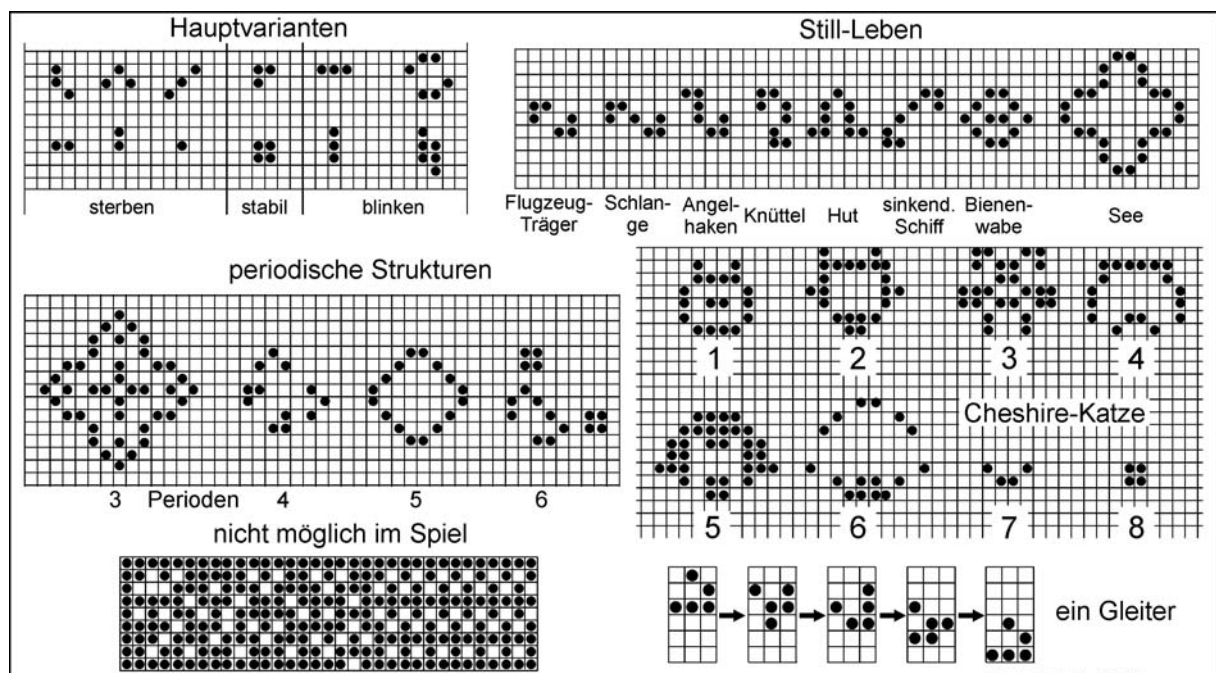
Geburt Leere (tote) Zelle hat genau 3 belebte Nachbarzellen, wird „befruchtet“: Folgegeneration Leben

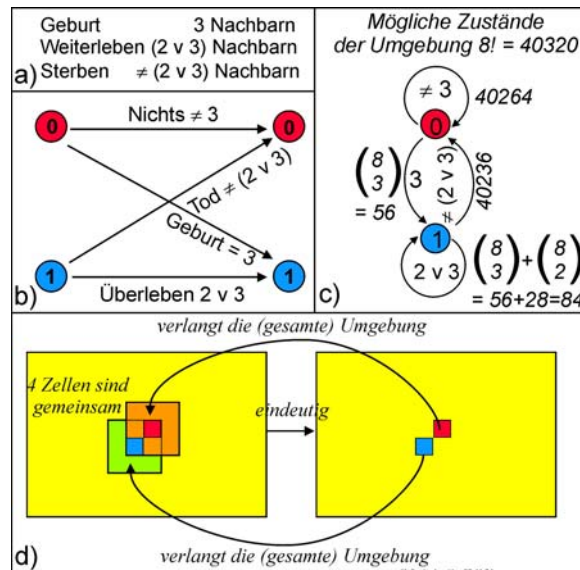
Überleben Belebte Zelle hat 2 oder 3 belebte Nachbarzellen, fühlt sich wohl und lebt weiter

Tod 1 Belebte Zelle hat 0 oder 1 belebte Nachbarzelle, fühlt sich einsam und stirbt

Tod 2 Belebte Zelle hat 4 bis 8 belebte Nachbarzellen, verhungert daher und stirbt

Das Spiel zeigt eine Vielzahl von Struktur-Varianten, darunter: Aussterbende, oszillierende, unveränderliche, sich in der Ebene bewegende (Gleiter), ständig neu gebärende (Generatoren) und vernichtende (Eater)





Eine **Weiterentwicklung mit Evolution, Mutation und Auslese** stammt von MANFRED EIGEN (*1927)

Erstes Spiel (ähnlich EHRENFEST) benötigt:

zwei Kästen (Urnen) $\{U_1, U_2\}$ (U_1 = Beobachtung); n nicht unterscheidbare Kugeln, Zufallsgenerator $\{0, 1\}$

Bei „1“ wandert eine Kugel von Kasten $U_1 \Rightarrow U_2$, sonst umgekehrt

Es entsteht Rechteckverteilung, die durch alle möglichen Zustände driftet

Zweites Spiel: Kugelsorten $\{1, 2, \dots, m\}$ mit der Anzahl n je Sorte

Zu Beginn in U_1 je eine Kugel jeder Sorte; Wiederholt zufällige Kugel aus U_1 ziehen

ungerader Zug: Kugelart wird in U_1 verdoppelt, **gerader Zug:** Kugel ohne Ersatz in U_2

eine Sorte vergrößert ihre Anzahl eine anderer stirbt aus

nur eine Sorte überlebt, welche hängt vom Zufall ab.

Drittes Spiel: zusätzlich Wahrscheinlichkeiten p :

Mit p werden neue Sorten $m+1, m+2$ usw. eingeführt

Jede Sorte stirbt aus, aber immer existiert eine Sorte besonders häufig

Viertes Spiel: Je Sorte werden zusätzlich Verlust- und Gewinnraten W_i benutzt

Je nach W_i in Bezug auf den Mittelwert W_0 : Überleben bzw. Aussterben der Sorte

Es entsteht Mutation und damit Auslese.

41. Was sind Roboter?

Üblich ist es, dass neue Begriffe aus der Wissenschaft kommen, Roboter kommt dagegen aus der Literatur

1920 beschrieb KAREL ČAPEK (1890 – 1938) in Tanks gezüchtete menschenähnliche künstliche Arbeiter

Sie wurden von ihm Roboter (*tschechisch robota* (Fron-) Arbeit) genannt, würden heute Androiden heißen

Bei STANISLAW LEM (1921 – 2006) werden sie als Automaten oder Halbautomaten bezeichnet

Im Laufe der Zeit hat sich der Inhalt von Roboter mehrfach verändert und ihre Vielfalt ständig zugenommen

Anfangs waren die Roboter vor allem menschenähnlich, dennoch zählten Puppen als **Musikautomaten** nicht dazu

Erst die recht komplex gewordenen **Handhabegeräte** hießen Roboter, Definitionen landesspezifisch später

So zählte 1983 Japan 47 000 Roboter, nach VDI wären es jedoch nur 3 000 gewesen

Vereinfacht ausgedrückt sind heute **Roboter** Maschinen, die nach festgelegten Programmen automatisch und selbstständig (autonom) Aufgaben erfüllen

Daher gehören **Marionetten**, die vom Menschen geführt werden, nicht dazu. Doch andererseits gibt es

ferngesteuerte Roboter, z.B. über Funk

Im Wesentlichen können heute folgende **Roboter-Arten** unterschieden werden:

Autonom mobile, Erkundungs-, Haushalts-, Humanoide, Industrie-, Killer-, Lauf-, Militär-, Personal-, Portal-, Service-, Spielzeug-, Transport-Roboter sowie Lander und Rover

42. Roboter in Literatur, Film und Bildende Kunst

In der Literatur sind neben KARL ČAPEK vor allem zu nennen (eine vollständige Aufstellung wäre extrem lang)

Von ISAAK ASIMOV (1920 – 1992) u.a.:

1942 „**Runaround**“ (läuft herum) mit der Begriffsbildung **Robotik**

1950 „**I, Robot**“ (Ich, der Robot), später auch verfilmt

1995 nach seinem Drehbuch der Film „**Android 2000**“ unter Regie von Richard Kletters

Von STANISLAW LEM (1921 – 2006) hauptsächlich:

1964 „**Robotermärchen**“ und 1978 „**Golem XIV**“ (Also sprach Golem)

Als **Filme** sind hervorzuheben:

1927 Im Film „**Metropolis**“ wird erstmals ein Roboter auf der Leinwand gezeigt

1951 Zum „**Der Tag, an dem die Erde stillstand**“ gehört der riesengroße Roboter „Gort“

1956 Durch „**Alarm im Weltall**“ erlangte der Roboter „Robby“ Kultstatus

1987–1994 Serie „**Star Trek – The Next Generation**“ hier ist der Androide Data ein Führungsoffizier

In der **Bildenden Kunst** z. B.:

1964 entwickelte NAM JUNE PAIK (1932 - 2006) mit dem japanischen Ingenieur SHUYA ABE den Roboter „**K456**“

Ab 1980 entstand die „**Family of Robots**“, zunächst mit „Mother“ und „Father“ (1983/86). Sie wurde u.a. durch „Aunt“ und „Uncle“ erweitert (Mutter, Vater, Onkel, Tante)

1996 entstand die österreichische Künstlervereinigung **Syntharturalistische Kunstvereinigung** (SHIFZ)

43. Grundlagen für Roboter

Roboter müssen vor allem weitgehend **autonom** arbeiten, eine gewisse **Eigenständigkeit** zeigen:

Sie müssen etwas bewegen, transportieren, verändern (fräsen, lackieren, polieren usw.), zusammenbauen, manipulieren, Wege finden usw.

Dazu wirken sie in einem **Arbeitsraum** (Kubus, Zylinder, Kugel oder Quader)

Die Einflussnahme hierin wird durch **Achsen** und **Freiheitsgrade** (Anzahl, Bewegungen) beschrieben.

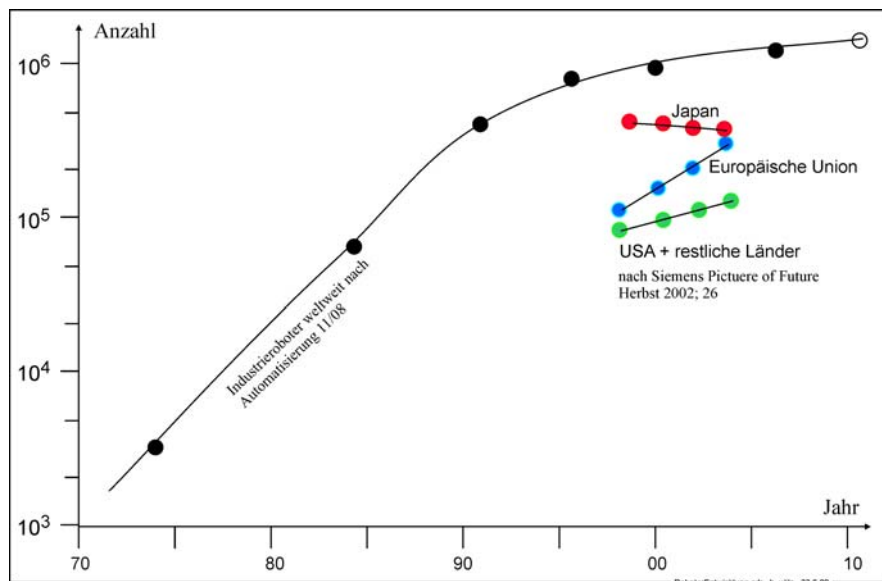
Hierzu benötigen sie, bestehen sie aus:

- **Sensoren** zur Erfassung der Umwelt mittels sehen, fühlen und hören
- **Aktive Elemente** (Aktoren) um auf die Umwelt einzuwirken (zu agieren), wie Motoren, Hebel, Schalter usw.
- Eine Zusammenschaltung beider in einer Steuereinheit, z. B. **Computer**, prinzipiell ist dabei auch eine **Fernsteuerung** möglich.

Die spezifischen wissenschaftlichen Grundlagen für Roboter werden vielfach unter **Robotik** zusammengefasst, seine **Teilgebiete** sind

Biokybernetik, Bionik, Elektrotechnik, Informatik, Kinematik, Künstlichen Intelligenz, Maschinenbau, Mathematik, Mechanik, Mechatronik (= Mechanotronik) und **Neuroinformatik**.

44. Industrie-Roboter



Das erste Patent hierzu erhielt 1954 GEORGE DEVOL

1961 wurden sie erstmals bei General Motors in Produktionslinien eingesetzt

Heute sind sie die häufigsten Roboter. Ihr jährliches Wachstum liegt bei 5 bis 10 %

Typische Einsatzgebiete sind: Handling, Palettieren, Bestücken, Fügen, Montieren, Kleben, Lackieren, Punkt- und Bahnschweißen und Messaufgaben.

Meist sind sie nicht mobil und auf einzelne Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausgelegt
Sie wirken in einem eingeschränkten Raum und verfügen über mehreren Achsen (Bewegungsrichtungen)
Sie besitzen Greifer, Werkzeuge oder anderen Fertigungsmittel (Tools), die teilweise auswechselbar sind
Ihre Bewegungsfolgen sind weitgehend programmierbar und werden teilweise durch Sensoren präzisiert
Sie sind nicht menschenähnlich. Ihr Aussehen und ihre Größe sind vielmehr durch die Aufgaben bestimmt
Typische Parameter betreffen Traglast, Geschwindigkeit, Zykluszeit und Präzision

Eingesetzte Anzahl von Industrierobotern. Wegen unterschiedlicher Definitionen sind die Werte nur bedingt zuverlässig

45. Erkundungs-Roboter

werden an Orten eingesetzt, die für Menschen (lebens-) gefährlich oder unzugänglich sind
Auch die Gefahr einer biologischen Verseuchung bei menschlichem Einsatz ist so zu vermeiden

Wichtige Einsatzgebiete sind u.a. **Vulkane, Meeresgrund, enge Räume**, z.B. in **Pyramiden, dicke Eisschichten, Trümmer** und **Unglücksorte**

U.a. dienen sie der **Suche nach** Rohstoffen, neuen Fakten, Leben (Verschützte bei Unfällen), Geräten (black-box), Waffen, Sprengstoff (ehemalige Kriegsgebiete) usw.

Sie arbeiten weitgehend autonom und können teilweise zusätzlich ferngesteuert werden

Außerhalb der Erde, wie bei Mond und Mars wird wegen der Zeitverzögerung für eine Steuerung eine sehr hohe Selbstständigkeit gefordert

Teilweise heißen sie dann auch **Rover** oder **Lander**

Beispiele sind das sowjetische Lunochod und die Zwillingsroboter Spirit und Opportunity

Die Mondrover der Apollo-Missionen wurden direkt von Menschen gesteuert, waren also keine Roboter

Z.T. sind hier auch **Militär**-Roboter einzuordnen

Sie dienen der militärischen Aufklärung, werden aber auch für Kampfw Zwecke eingesetzt

Sie können sich in der Luft, zu Land oder auf/unter Wasser weitgehend autark bewegen

Meist tragen sie „Waffen“ zur Selbstverteidigung oder zu aktiven Angriffen auf Ziele

Mittlerweile gibt es auch **Killer**-Roboter

46. Sonstige Roboter

Typische **Spielzeug**-Roboter sind der einem Hund ähnelnde Lauf- und Spielroboter „Aibo“ von Sony und der „Robosapien“ von WowWee.

Sie werden in der Four-Legged League beim jährlichen Roboter-Fußball eingesetzt

Die meisten „Spielzeugroboter“ sind jedoch infolge ihrer geringen Variabilität und fehlender Programmierbarkeit eigentlich keine Roboter

Haushalts-Roboter verrichten weitgehend selbständig Arbeiten im Haushalt.

Wichtige Anwendungen sind Staubsaugen, Rasenmähen, Fensterreinigung und einige Serviceaufgaben

Immer häufiger werden Roboter zur **Erntehilfe** z.B. für Obstplantagen eingesetzt.

Krankenhaus-Roboter sollen künftig z. B. für Krankenbettentransport, Essensausgabe, Reinigungsarbeiten usw. zur Verfügung stehen

Persönliche Roboter (PR, personal robots) kommunizieren und interagieren mit Personen und anderen PR, oft über Netzwerken

Ihren Sensoren reagieren u.a. auf Berührungen, Töne, Laute und optische Veränderungen

Weil sie die Daten und Informationen speichern sind sie häufig auch lernfähig

Es gibt öffentlich genutzte (z. B. **Service**-Roboter) und personengebundene PR

Humanoide Roboter sind erst seit etwa 2000 in Einzelexemplaren technisch realisierbar geworden

Vorher waren sie nur aus der Literatur und Film bekannt

Sie sollen auf zwei Beinen stehen und mit zwei Armen autonom auf die Umwelt reagieren und einwirken

Teilweise gehören sie zu den Lauf-, Service- und Fahrroboter

47. Sprachen

- Natürliche: besitzen Wörter sowie Syntax und Grammatik
- Averbale: z.B. mathematische, chemische Formeln, Gesten, Bilder, musikalische Noten
- Programmier: bestehen aus Befehlen, Vereinbarungen und Datenstrukturen
- Formale: werden mathematisch definiert, es gibt Elemente und Regeln

Das Verständnis einer **natürlichen Sprache** setzt einen Kontext (Weltbild) voraus

Er schlug den Jungen mit der Mütze (Junge hatte sie auf oder zum Schlagen?)
 Der Student ist selten fleißig (besonders oder nur zuweilen?)
 Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm (auch übertragen: wie der Vater so der Sohn)

WEIZENBAUM (S.49): Ein Japaner, der ein **Buch** von mir **übersetzt** hatte, sagte mir einmal „Ihr Autoren habt es sehr leicht, Ihr schreibt, was immer Euch einfällt. Aber wir Übersetzen müssen zunächst versuchen, es zu verstehen.“

48. Formale Sprachen

Sind künstliche Sprachen, die mathematischen Gesetzen folgen

Sind Grundlage für Programmiersprachen und der automatischen Sprachverarbeitung

Gegenüber den natürlichen Sprachen sind sie stark vereinfacht, lassen dennoch einige Erkenntnisse gewinnen

Begriffe und Symbole:

Basiszeichen	B	= {a, b, ..., k}
Hilfszeichen	H	= {p, q, ..., t} mit $B \cap H = \text{leer}$
→Alphabet	A	= $B \cup H$ (= Grundsymbole)
Startsymbol	s	$\in B$
Wörter	W	u, v, ..., z
Regeln	R	z. B.: $u \rightarrow v$ oder $a \& b \rightarrow ab$; (endlich viele)
→Sprache	L	$\subseteq A^*$

1914 hat AXEL THUE (1863 – 1922) die ersten Regeln für generative (formale) Grammatiken aufgestellt

Das *Semi-Thue-System* benutzt zweistellige Verknüpfungen (einseitige Halbgruppe)

Hiermit lassen sich Potenzmengen A^n bilden, z. B. als A^3 die Wörter acb, ada und bbb

Die Vereinigung aller Potenzmengen ist die Sternmenge

= Wortschatz der Sprache = Menge alle erzeugbaren gültigen Wörter u bis z

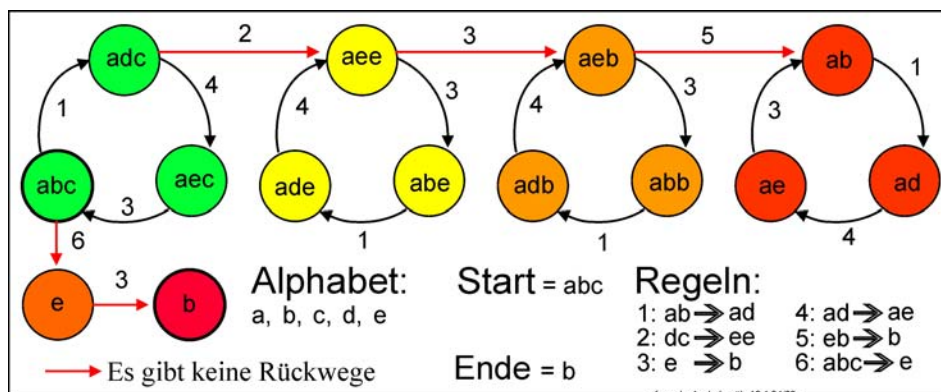
$$A^* = A^1 \cup A^2 \cup A^3 \cup A^4 \dots$$

Die obige Regel $u \rightarrow v$ ist umfassender, weil so u ganz oder teilweise durch die Zeichenkette v ersetzt wird
 Aus dem Wort „Hund“ kann dann durch die Regel R: $u \rightarrow a$ „Hand“ entstehen

Zuweilen werden statt B und H auch Terminal- (End) und Nicht-Terminalszeichen (T, N) eingeführt

Ein Beispiel hierfür ist die Erzeugung natürlicher Zahlen ohne Anfangsnullen (benötigt keine Hilfszeichen)

Nicht jedes Regelsystem muss unendliche viele Wörter erzeugen. Beispiel:



49. Beispiel nach [HOFSTADTER]

Es ermöglicht auch eine interessante Verbindung zwischen Sprache und Arithmetik (s.d.). Es gibt:

- Alphabet $A = \{ M, I, U \}$, keine Hilfssymbole und die Startkette $s = MI$
- folgenden Regeln verwendet:

R1: Wenn die Kette auf I endet, dann kann U hinten angefügt werden

R2: aus einer Kette Mx kann Mxx gebildet werden

R3: Enthält eine Kette III, so kann dies durch U ersetzt werden

R4: Tritt in einer Kette UU auf, so kann dies gestrichen werden

Zwei Beispiele für die Möglichkeiten:

$MI + R2 \rightarrow MII + R2 \rightarrow MIII + R1 \rightarrow MIIII + R3 \rightarrow MUIU \dots$
 $MI + R1 \rightarrow MIU + R2 \rightarrow MIUIU + R2 \rightarrow MIUIUIIU \dots$

Um die Sprache zu erhalten, müssen auf jedes neu erzeugte Wort, alle zulässigen Regeln angewendet werden. Das führt zu einem Baum mit rückläufigen Zweigen.

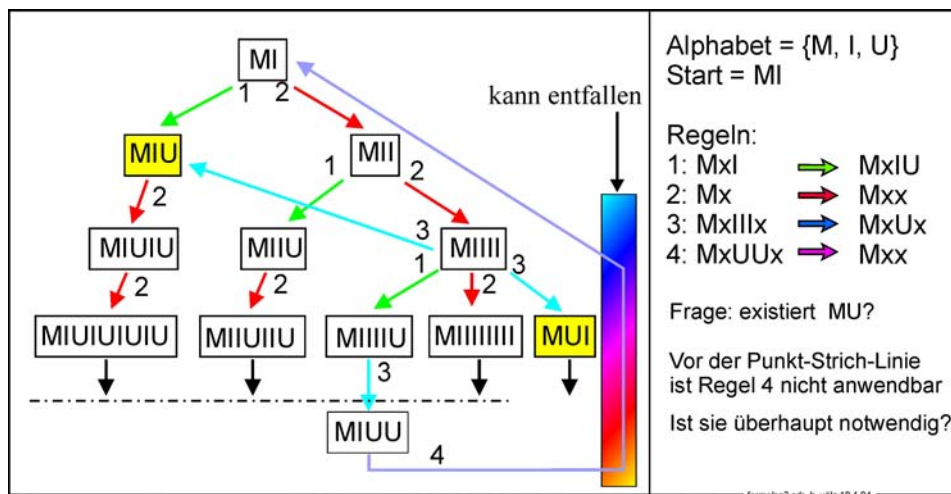
Im linken Zweig, nachdem MIU erreicht wurde, ist nur noch Regel R2 anwendbar.

Bei MII sind R1 und R2 und bei MIII sogar R1, R2 und in zwei Varianten R3 nutzbar.

Die Zeichenkette MIU steht sowohl im linken Zweig an zweiter Stelle als auch im rechten Zweig an vierter Stelle. Von hier werden daher die gleichen Wortfolgen erzeugt.

Interessante Fragen sind:

- Kann die Regel R4 überhaupt zur Anwendung kommen? Ist sie überhaupt notwendig?
Teilantwort ja, z.B. $MIIIIIII + R3 \rightarrow MUIIIII + R3 \rightarrow MUUII + R4 \rightarrow MII$
- Gibt es die Zeichenfolge MU? Antwort ist schwieriger zu erhalten (kein direktes Beispiel)



50. Aspekte bei formalen Sprachen

Die Beispiele zeigen einen erheblichen Unterschied zwischen **Algorithmen** und formalen Sprachen:

- **Algorithmen** müssen immer einen eindeutigen Ablauf zeigen
- **Formale Sprachen** besitzen dagegen oft gleichzeitig mehrere Fortsetzungen. Es ist nur festgelegt, welche Regeln jeweils anwendbar sind

Dadurch sind vielen Fragen bei formalen Sprachen deutlich schwerer oder gar nicht zu beantworten. Wird jedoch die Reihenfolge der Anwendung der Regeln festgelegt, so entsteht ein Algorithmus.

Generell sind die folgenden Aspekte bei formalen Sprachen wichtig:

1. Bei **endlichen Sprachen** genügt ein **Aufzählen** aller Wörter (trivial, keine Erklärung notwendig)
2. **Generierung der Wörter** aus Symbolen und Regeln, benötigt Generative Grammatik, mindestens A, s und R, als $G(A, s, R)$ bzw. besser Quadrupel $G(B, H, R, s)$. Fortlaufende Anwendung erzeugt die Sprache.
3. **Akzeptierung**: Gehört ein Wort zur Sprache? „Ja“ wird meist in endlich vielen Schritten erreicht, „Nein“ kann eventuelle infolge Halteproblem zu keiner endlichen Zeit erreicht werden (nicht identifizierbare Grammatik).
4. **Existiert** zu Wörtern eine **Generative Grammatik**? Es gibt keine allgemeine Lösung
5. Gibt es zwischen einzelnen Wörtern eine **Ableitung**? Keine allgemeine Lösung, wieder Halteproblem möglich
6. Entwicklung von **Konstruktionsvorschriften** für eine Generative Grammatik (verlangt Kreativität)

51. PROLOG als Beispiel für KI-Sprachen

Besitzt einen hierarchischen Aufbau:

- **Klausel**: enthält einen Kopf (head) und Argumente, welche Körper (body) bilden. Ein leerer Körper macht die Klausel zum Fakt
- **Prozedur**: Zusammenstellung von Klauseln
- **Datenbasis**: Sammlung aus Prozeduren

Beispiel Verwandtschaft: Datenbasis hier verbal geschrieben:

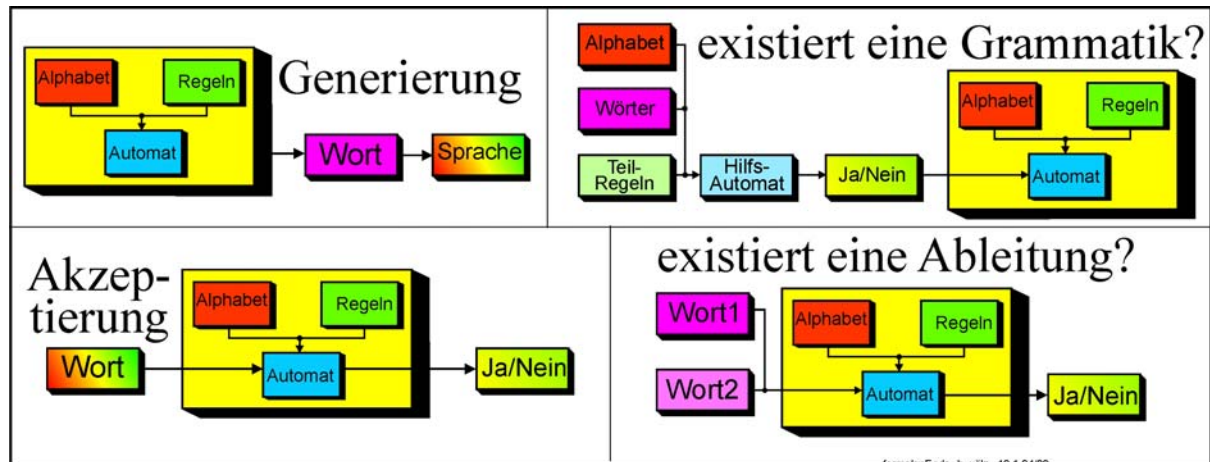
Heinrich ist Vater von Günther
 Max ist Sohn von Günther
 Günther ist Vater von Ruth
 Emil ist Bruder von Ruth

Jetzt kann die **Anfrage** lauten: „**Ist Max Enkel von Heinrich?**“

Ohne dass wir den Weg der Ableitung vorgeben, gewinnt PROLOG die die Antwort: „**wahr**“

Die Anfrage könnte aber auch lauten: „**Wer ist Enkel von Heinrich?**“

Es werden dann aufgezählt: „**Max und Emil**“



52. Vergleich von Sprachen

Sprachtyp	Grund-Elemente	Regeln	Ergebnisse	Anwendungen
avermal	Formeln, Symbole, Noten, Bilder, Gesten, Mimik	recht unterschiedlich und nur teilweise bekannt	Aussagen unterschiedlicher Art	Mathematik, Physik, Chemie, Musik, Kommunikation
natürlich	Wörter, (Lexikon)	Syntax, Semantik, Grammatik, Kontext	Sinnvolle Sätze	Zeitung, Literatur, Nachrichten
Programmier-sprache	Befehle, reservierte Wörter, Vereinbarungen, (Programme)	Syntax, (Semantik)	lauffähige Programme	Für KI: LISP, Prolog
formal	Elemente (Wörter)	Regeln	gültige Wörter	CHOMSKY, Semi-THUE

53. Automatische Übersetzung

Ab den 50er Jahren bestand große Hoffnung auf automatische Sprachübersetzung

Ab 1954 erfolgten täglich automatische Übersetzungen der **Prawda** ins Englische mit einer IBM 701 und ebenso von der **New York Times** ins Russische

1965 wurden diese „Versuche“ jedoch endgültig als **gescheitert** eingestellt

Zwischendurch bestand große Hoffnung alle Probleme mit den formalen Sprachen lösen können

Theoretisch erreichte 1957 NOAM CHOMSKY (*1927) mit der **generative Transformations-Grammatik** Erfolge

1960 gab es das erste zuverlässige Programm zur automatischen **Silbentrennung**

Auch der **LISP-Interpreter** 1960 von MCCARTHY zeigt neue Wege auf

Ebenso das Dialog-Programm **ELIZA** 1963 von WEIZENBAUM

Es wurde jedoch immer deutlicher, dass zum Sprachverstehen ein Weltbild, der verstandene Kontext notwendig ist.

Verstehen ist nicht teilbar. Es ist nicht weiter zu geben, es muss erworben werden

Problem: Geschichten aus einem **anderen Kulturkreis** wiedererzählen (selbst Übersetzungen von Anleitungen!)

Jede **Gestalt**, die ein Mensch wahrnimmt, ist von ihm konstruiert

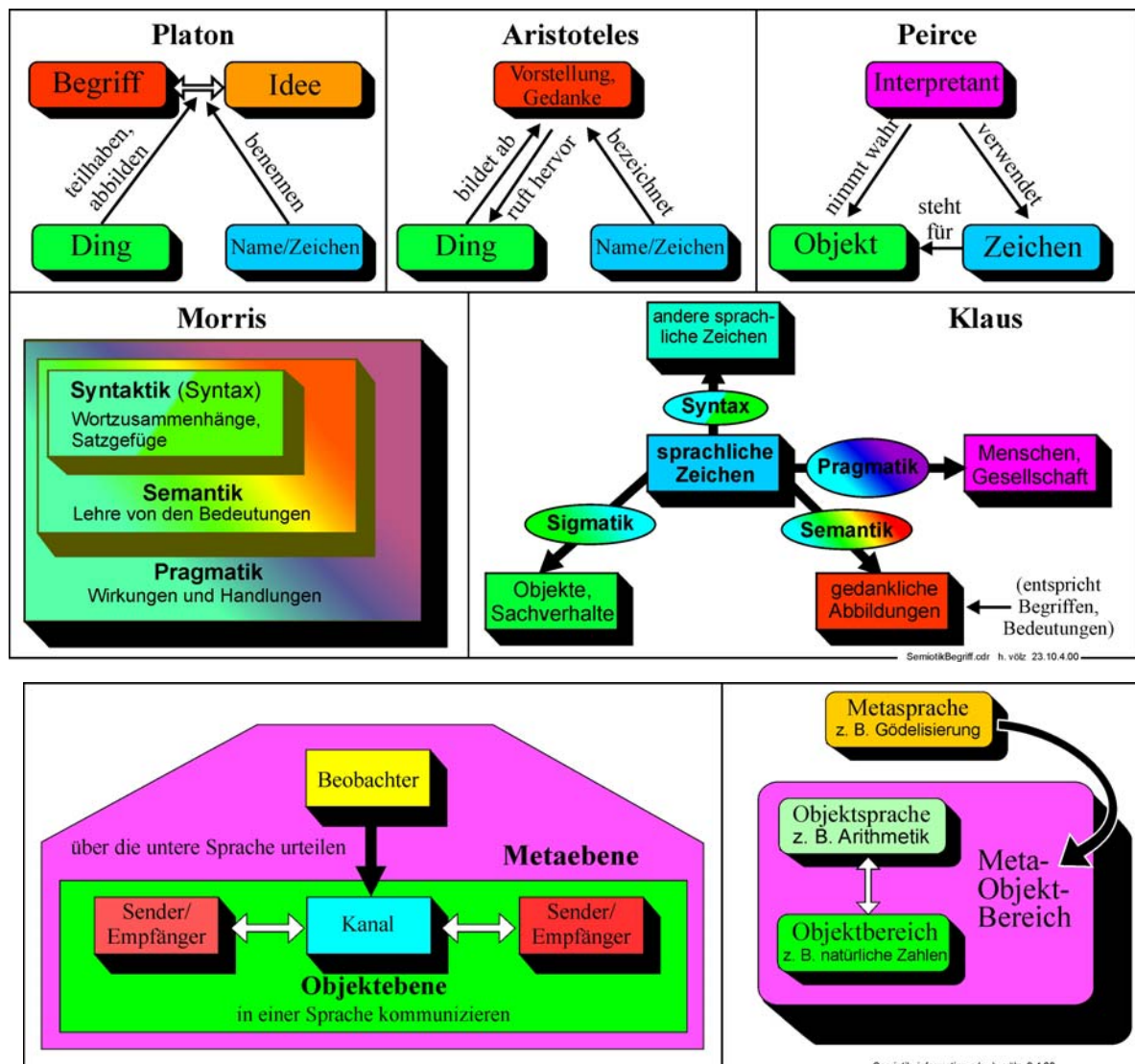
Wahrnehmung ist mit Handeln verschränkt und durch stammesgeschichtliche, gesellschaftliche und individuelle Erfahrungen bestimmt

Man kann sich **etwas bewusst werden**, aber eine Umkehrung ist dann nicht mehr möglich

So erklärte die KI und auch CHOMSKY 1970 alle Versuche für praktisch gescheitert

Die formalen Sprachen überlebten so nur noch als Grundlage der Informatik.

Letztlich verlor dadurch sogar die **Semiotik** von CHARLES SANDERS PEIRCE (1839 – 1914) und CHARLES WILLIAM MORRIS (1903 – 1979) immer mehr an Bedeutung



54. Fragetypen

Es können drei Typen von Fragen unterschieden werden:

- A) **Entscheidungsfragen**, z.B.: Ist Schnee weiß? Sind Viren Lebewesen?
- B) **Ergänzungsfragen**, z.B.: Welche Farbe hat der Schnee? Was sind Viren?
- C) **Erklärungsfragen**, z.B.: Warum ist Schnee weiß? Wie definiert man Viren?

A-Fragen sind „prinzipiell“ mit **Ja/Nein** zu beantworten

Sie schließen aber alle Probleme der **formalen Logik** ein

Es gibt Antinomien, Paradoxien und leider haben viele Menschen Schwierigkeiten mit der Logik

Ein Kreter sagt: „Alle Kreter sind Lügner“

Kompaniechef zu einem Friseur: „Ab morgen rasieren Sie alle, die sich nicht selbst rasieren!“

Probleme zu oben sind: *schmutziger Märzschnee* einer Hauptverkehrsstraße

Frage zu **Viren** war in den 70er Jahren sogar wissenschaftlich relevant und nicht eindeutig zu beantworten

Heute ist sie modifiziert zu beantworten: Viren sind *keine* „selbständigen“ *Lebewesen*.

B-Fragen sind meist auf Ja/Nein, also A-Fragen zurückführbar

z.B. Tabelle mit vielen (allen?) Farben und zu jeder Farbe erfolgt die Ja/Nein-Antwort

Probleme: 1. es ist nur ein Ja zulässig, 2. ist die Tabelle ausreichend oder gar vollständig?

Problem gleich dem jeder Tabellen-Entscheidung

„Im Prinzip“ gilt also doppelt Ja/Nein-Antwort und Vollständigkeit der Tabelle

C-Fragen lassen sich leider nicht auf A- und/oder B-Fragen zurückführen, sind eine neue Qualität

Sie wurden deshalb auch „teuflische“ Fragen der KI und Kybernetik genannt
Sie entsprechen dem **Sprachverstehen**, vor allem **Kontext** und **Vorwissen**
Ein Physiker könnte antworten: Schnee ist weiß, weil:

Das Wasser in solcher Größe und Form kristallisiert, dass alles Licht (-Wellenlängen) gleich stark und in alle Richtungen gestreut wird. So ergibt sich reflektiertes weißes Licht

Um dies zu verstehen, ist zusätzliches physikalische Wissen notwendig.
Dies entspricht der Schwierigkeit in der Pädagogik Wissen zu vermitteln
Daher können auch Kinder ungewöhnlich schwierige Fragen stellen. „Wo ist die Musik, wenn sie aufhört?“
Es gibt leider keine allgemeine Methode und erst recht keinen Algorithmus zur Beantwortung der C-Fragen

55. Fortschritt mittels der Rechentechnik

1847 CHARLES EUGÈNE DELAUNAY (1816 – 1872) beginnt erstmalig mit NEWTON-schen Gleichungen, die **Bahn des Mondes** mit allen Nebeneinflüssen zu berechnen

Einschließlich Kontrollrechnungen benötigte er 20 Jahre

1960 wurde der Programmieraufwand zur Überprüfung der mehrtausend Formeln auf 200 Mannjahre geschätzt

Seit etwa 1980 existieren Methoden zur direkten Formelmanipulation

Durch wurde um 1990 mittels eines Großrechners alles in zwanzig Stunden überprüft

DELAUMEY wurden lediglich drei belanglose Fehler nachgewiesen

Heute Unverständlich, dass es bei der Einführung des **Taschenrechners** in den Schulen Ethischen Fragen und Diskussionen gab

Heute hat die **Formelmanipulation** Und symbolische Mathematik einen hohen Stand erreicht, u.a. entfällt so das Suchen in umfangreichen Integraltafeln: niemand braucht noch die „Kunst des Integrierens“ zu lernen?
Hinzu kommt die effektive Erstellung von Kurven, Flächen usw.

Dennoch, **nur die Mathematik** kann, konnte:

- Herleitung des Fundamentalsatzes der Algebra bzgl. der Wurzeln von Polynomen
- Entwicklung neuer Methoden, wie früher Differential- und Integralrechnung
- Existenzbeweise
- Aufstellung von Axiomensystemen
- Definition der berechenbaren Funktionen
- Unentscheidbarkeit nach Gödel.

56. Erster Rechnerbeweis: Vierfarben-Problem

Ist jede politische Landkarte mit vier Farben so einzufärben, dass sich gleiche Farben nicht berühren?

1852 Londoner Mathematikstudent FRANCIS GRUTHRIE hat es seinem jüngeren Bruder FREDERIK genannt

Der gab es an seinen Lehrer AUGUSTUS DE MORGAN (1806 – 1871) weiter, der es per Brief seinem Freund SIR WILLIAM R. HAMILTON (1805 – 1865) mitteilte

Nach Anfrage vom 13.7.1878 bei der Londoner Mathematischen Gesellschaft machte ARTHUR CAYLAY die Vermutung allgemein bekannt

1879 hat SIR ALFRED B. KEMPE (Amerikanisches Journal für Mathematik) einen Beweis gefunden (war falsch)

1881 Beweis von PETER GUTHRIE TAIT (1831 – 1901), Fehlernachweis 10 Jahre später durch P. J. HEAWOOD

Noch 1971 schrieb G. RINGEL in einem Artikel über das Vierfarbenproblem:

„In letzter Zeit gibt es Mathematiker, z.B. der bekannte Graphentheoretiker Oystein Ore, die nicht mehr so recht glauben, daß die Vermutung überhaupt richtig ist, sondern, daß es Landkarten mit ziemlich hoher Länderzahl geben könnte, die nicht mit vier Farben zulässig färbbar sind. Würde das wirklich zutreffen, so brauchte man sich nicht zu wundern, daß die vielen großen und ernsthaften Bemühungen der Mathematiker in den letzten 100 Jahren, die Vierfarbenvermutung zu beweisen, immer fehlschlügen.“

Schrittweise wurden viele mathematischen Reduktionsmethoden für die Anzahl der Ecken entwickelt

Dadurch entstanden schließlich Durchmusterungsmethoden, die sich mittels Rechner realisieren lassen

K. APPEL und W. HAAKEN arbeiteten seit 1972 an dem Problem und konnten am 22.7.1976 ein Ergebnis vorlegen, dass ein Rechner nach über tausend Stunden erreicht hatte

Der endgültige (erste per Rechner!) Beweis erschien am 4.9.1976 im Bulletin der Amerikanischen Mathematischen Gesellschaft. Er besteht aus 56 Seiten Text und 114 Seiten Abbildungen

57. Typische Fehler der Rechnertechnik?

U.a. sind zu unterscheiden: Fehlerhafte Modelle, Programme und Eingaben

In jedem Fall sind es Fehler, die der Mensch verursacht hat, sollten nicht dem Rechner zugeschrieben werden
Erster NASA-Flug zur Venus scheiterte an der Verwechslung von Komma und Punkt im FORTRAN-Programm

Statt `DO 9 J = 1, 3` stand `DO 9 J = 1.3`

Richtige Zeile definiert eine FOR-NEXT-Schleife

Im FORTRAN Leerzeichen ohne Bedeutung sind, daher weist falsche Zeile Wert 1.3 der Variablen DO9J zu

19.6.1985 **Space Shuttle** „Discovery“ der US-NAVY war 10023 Fuß (= 3055 m) über Maui.

Zur Kurskorrektur des Bordsystems sollte diese Entfernung eingegeben werden

Bordrechner erwartete jedoch Eingabe in Seemeilen, folglich benutzte er 10023 Seemeilen = 18562,596 km

Führte zu extrem hoher Beschleunigung: Discovery ging verloren

In 90er Jahren gab es erste **Börsen-Software** „program trading“ mit dem bewährten im Dow-Jones-Index, mit der Marktentwicklung von wichtigen Gütern analysiert wird

Entsteht zwischen vereinbarten Preisen eines Termingeschäfts und Aktienindex eine „Diskrepanz“, dann schlägt das Programm kaufen bzw. verkaufen vor

Am 11.9.1987 gerieten Aktien mehrerer US-Konzerne ins Rutschen. Die Diskrepanz zwischen Dow-Jones-Index und Soll-Preisen wurde so groß, dass Hunderte Spekulanten dem Rechner folgten „Terminpapiere verkaufen“

Darauf fiel der Wert der Papiere mit wiederholter Rückkopplung weiter.

Als ein unterer Grenzwert erreicht wurde, folgte „Sofort kaufen, Gewinn in Sicht“: Kurs stieg dadurch steil an
Insgesamt entstand durch mehrfaches Pendeln laut Newsweek „der größte Tagessturz in der Geschichte des Dow Jones“

WEIZENBAUM S. 66. dazu: Nicht das Programm sondern „Du bist schuld. Du hast das falsch gemacht.“

Noch mehr gilt das für die jetzige Krise.

58. Kritik an der KI

Harte KI (u.a. MINSKY) meint (langfristig) Computer erreicht mindestens Qualität des Menschen, Mensch ist voll beschreibbar, ersetzbar. Das gilt auch für Bewusstsein

Zu den drei **Kränkungen der Menschheit** kommt damit die 4. hinzu

1543: **Erde** steht nicht mehr im **Mittelpunkt der Welt** (KOPERNIKUS)

1859 **Evolution**: Der Mensch stammt vom Affen ab, geht aus der Tierwelt hervor (DARWIN)

1895 Es gibt das **Unbewusste** (FREUD)

Gegenmeinungen

1963 JOSEPH WEIZENBAUM entwickelt Dialog-Programm ELIZA und Folge Buch von 1977

1972 Kritik von HUBERT L. DREYFUS (*1929) mit seinem Buch

1980 erscheint der Gedanke des „chinesischen Zimmers“ von PAUL CHURCHLAND (*1942) und JOHN ROGERS SEARLE (*1932)

Im so genannten Chinesische Zimmer sitzt völlig abgeschirmt jemand, der kein Chinesisch versteht, aber mit formalen Tabellen chinesische Fragen chinesisch beantwortet. Von außen betrachtet, wird so der Eindruck erweckt, als ob das „Chinesische Zimmer“ chinesisch verstände

Eine weite Aussage betrifft den Umschlag von Quantität in Qualität

Jemand sitzt in einem dunklen Zimmer und bewegt einen Magneten

Das dabei entstehende elektromagnetische Feld ruft zunächst keine wesentliche Wirkung hervor

Wird jedoch (zunächst ohne technisch Realisierung) der Magnet immer schneller bewegt wird, so muss irgendwann Licht das Zimmer erhellen

Übertragen Sinne der KI müsste dann eine chinesische „Turnhalle“, in der viele die Übersetzung und Aussagen machen, auch neue Qualität des Verstehens auftreten, Das ist wiederum ein Fehlschluss

Was ist das **Bewusstsein eines Ameisen- oder Bienenstaates** oder gar das Bewusstsein der Menschheit?

1987 Gegenseite von ERICH FROMM (1900 – 1980): Menschen verhalten sich zuweilen durchaus wie Computer

59. Geschichte

1660 KIRCHNER beschreibt eine Komponiermaschine

1736 Ente von VAUCANSON

1760 v. KNAUS u. Brüder DROZ: schreibende, zeichnende u. musizierende Puppen

1769 Baron von KEMPELEN in Pressburg mit Schach spielendem Türken.

1793 MOZART schreibt KV 294 d
 1817 „Der Sandmann“ von E. T. A. HOFFMAN
 1818 M. W. SHELLEY Roman „Frankenstein or the modern Prometheus“
 1890 gab es eine mechanische Maschine wobei Turm + König gegen König gespielt wird.
 1892 JULES VERNE: Roman „Das Karpatenschloss“
 1898 H. G. WELLS „Krieg der Welten
 1915 GUSTAV MEYRINK: Roman „Der Golem“
 1920 KAREL CAPEK Roman: WUR Werstands Universal Robots erscheint (R.U.R)
 1930 Herstellung erster Roboter
 1932 ALDOUS HUXLEYS „Schöne neue Welt“
 1938 „Krieg der Welten“ Hörspiel bei CBS
 1942 I. ASIMOV in „Runaround“ die drei Robotergesetze
 1950 A.M. TURING Stellt Turing-Test der KI auf
 1951 erstes Schachprogramm von TURING
 1952 TURING spielte mit seinem Zettelkasten eine Partie gegen einen Hobbyspieler und verlor.
 1956 JOHN MCCARTHY ruft die Dartmouth-Konferenz ins Leben, KI wird definiert
 1956 NEWELL, A. u. SIMON, H. A.: GPS = general problem solver
 1957 NOAM CHOMSKY formuliert generative Transformationsgrammatik;
 1959 A. L. SAMUEL: Dame lernfähig programmiert
 1960 erstes Programm zur automatischen Silbentrennung
 1960 erster LISP-Interpreter und -Handbuch erscheinen, MCCARTHY
 1961 MIT-Studenten programmieren Computerspiel „Spacewar“ für Joystick, runden Bildschirm und mit 4 KByte RAM ausgestatteten PDP-1-Rechner
 1963 JOSEPH WEIZENBAUM entwickelt Dialog-Programm ELIZA
 1965 Abbruch der automatischen Übersetzungen Russisch ↔ Englisch
 1965 NOAM CHOMSKY: Theorie der Syntax
 1966 Magnavox bringt mit „Odyssey“ das erste kommerzielle Computerspiel heraus
 1970 erste intelligente Roboter werden entwickelt
 1971 T. WINOGRAD schreibt SHRDLU (Bauklötzchenwelt)
 1972 A. COLMERAUR, R. KOWALSKY und P. ROUSSEL entwickeln PROLOG
 1972 KI-Kritik von HUBERT L. DREYFUS (Buch)
 1972 Medizinische Expertensystem MYCIN kommt zum Einsatz
 1975 Regisseur George Lucas gründet für „Star Wars“ Trickstudio: Industrial Light + Magic (ILM)
 1974 1. Computer-Schachmeisterschaften in Stockholm
 1977 „Star Wars“ erhält Oscar für „Visual Effects“, u.a. Animation des „Todessterns“
 1977 WEIZENBAUM: Macht der Computer und Ohnmacht der Vernunft
 1977 Atari bringt die Spielkonsole VCS heraus (später Atari 2600)
 1978 LEVY bietet Wette 500 Pfund für Schach-Computerprogramm, das ihn schlägt
 1979 Atari bringt einen Münzautomaten mit dem Spiel „Asteroids“ heraus
 1980 Namco verkauft erste Münzautomaten mit Spiel „Pac-Man“
 1980 Atari bringt die Panzer-Simulation „Battlezone“ als 3D-Spiel
 1980 KI-Kritik von JOHN R. SEARL (Chinesisches Zimmer)
 1980 KI-spezifische Hard- und Software kommt auf den Markt
 1981 Okt. Japan. Regierung beschließt Forschung: 5. Rechnergeneration
 1982 Kinofilm „Tron“ mit vielen computergenerierte Bildern. Software für Rendern
 1984 NASA Moffet Field Helm mit zwei LCD-Monitoren, 320×240 Pixel.
 1985 ALEXEI PASCHITNOW erfindet das Spiel Tetris
 1985 „Young Sherlock Holmes“ Kampf mit computeranimierter Gestalt, die einem Buntglasfenster entspringt
 1986 STEVE JOBS und EDWIN CATMULL: Pixar von Lucasfilm zur eigenständigen Firma
 1985 15.10. in New York 10 Programme spielen gegeneinander Schach
 1987 ERICH FROMM: Menschen verhalten sich zuweilen wie Computer
 1987 Juni: 1. Konferenz Neuronale Netze in St. Siego
 1988 „Who Framed Roger Rabbit“: Zeichentrickfiguren glaubwürdig neben menschlichen Darstellern
 1989 1. Konferenz: Künstliches Leben
 1989 UNC-Helm (Universität von North Carolina) für Luftwaffe LCD über halbdurchsichtige Spiegel
 1993 „Jurassic Park“: Oscar für „Visual Effects“: realistische Dinosaurier
 1993 id Software veröffentlicht das als jugendgefährdend eingestufte Spiel Doom.
 1997 KASPAROW verliert gegen Schachcomputer „Deep Blue“
 1999 26.6. KASPAROW spielt im Internet gegen die ganze Welt und gewinnt

60. Literatur

- Asimov, I.: „Alle Roboter-Geschichten“. Bastei-Verlag, Bergisch Gladbach 1982.
- Bormann, S.: „Virtuelle Realität - Genese und Evaluation“. Addison - Wesley, Bonn u.a. 1994
- Budde, R. u. Züllighoven, H.: „Software-Werkzeuge in einer Programmierwerkstatt“. R. Oldenbourg Verlag, München - Wien 1990
- Čapek, K.: „R.U.R.“ Rossums Universal Robots“, 1920 „WUR Werstands Universal Robots“ 1921
- Churchland, P.: „Ist die denkende Maschine möglich?“. Spektrum der Wissenschaft, März 1990 S. 40 - 54.
- Dreyfus, H. L.: „Die Grenzen der Künstlichen Intelligenz“. Athenäum, Frankfurt/M 1985.
- Dreyfus, H. L.: „Was Computer nicht können“. Athenäum, Frankfurt/M 1989
- Drux, R (Hg.): „Der Frankenstein-Komplex. Kulturgeschichtliche Aspekte des Traums vom künstlichen Menschen“. Suhrkamp, Frankfurt/Main 1999.
- Drux, R.(Hg): „Menschen aus Menschenhand. Zur Geschichte der Androiden – Texte von Homer bis Asimov“. Metzler, Stuttgart 1988.
- Eigen M. u. Winkler, R.: „Das Spiel“. Piper. München - Zürich, 1983
- Fleischmann, R.: „Struktur des physikalischen Begriffssystems“. Zeitschr. Physik **129** (1951), 377-400
- Foerst, A.: Von Robotern, Mensch und Gott. Künstliche Intelligenz und die existentielle Dimension des Lebens. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 2008
- Glade, H.; Manteuffel, K.: „Am Anfang stand der Abacus“. Urania - Verlag, Leipzig, Jena, Berlin 1973
- Hertz, H.: „Die Prinzipien der Mechanik, im neuen Zusammenhang dargestellt“. Leipzig 1894. Neu in Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 263. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1984.
- Hofstadter, D. R.: „Gödel - Escher - Bach“. Klett-Kotta-Verlag, Stuttgart 1985
- Ineichen, R.: „Würfel und Wahrscheinlichkeit“. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg – Berlin – Oxford 1996
- Jerison, H. J.: „Paleoneurobiology and evolution of the mind“. Sc. American 284(1976) 1, 90-101
- Kaplan, R. W.: „Der Ursprung des Lebens“. G. Thieme, Stuttgart 1972
- Klix, F.: „Information und Verhalten“. Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, 1971
- Kobriniski, A. E.: „Achtung Roboter“. Urania-Verlag, Leipzig – Jena – Berlin 1974
- Kuhn, Th.: „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“. Suhrkamp-Verlag, Frankfurt/M. 1962.
- Lerner, A.: „Grundzüge der Kybernetik“. Verlag Technik, Berlin 1970
- Levy, St. : „KL - Künstliches Leben aus dem Computer“. Droemer Knaur, München 1993
- Lewin, R.: „Die Komplexitätstheorie - Wissenschaft nach der Chaosforschung“. Aus dem Amerikanischen von Hainer Kober. Hoffmann und Campe Hamburg, 1993
- Mehlmann, A.: „Wer gewinnt das Spiel? - Spieltheorie und Fabeln und Paradoxa“. Vieweg. Braunschweig - Wiesbaden, 1997
- Mulisch, H.: „Die Prozedur“. Hanser, München 1999.
- Neumann, J.; Morgenstern, O.: Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press Princeton 1944
- Orth, B.: „Einführung in die Theorie des Messens“. Kohlhammer, Stuttgart 1974
- Paulos, J. A.: „Zahlenblind - mathematisches Analphabetentum und seine Folgen“. W. Heyne-Verlag, München, 1990
- Randow, G.v.: „Roboter. Unsere nächsten Verwandten“. Rowohlt, Reinbek, 1997
- Richter, S.: „Wunderbares Menschenwerk, Geschichte der mechanischen Automaten“. Edition Leipzig, Leipzig 1989
- Rieck, Ch.: „Spieltheorie – Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler“. Wiesbaden, 1993.
- Rieger, B.: „Situationsemantik und Computerlinguistik - Informationsökologie“.
- Robitzsch, H. „Neues vom Krieg der Kerne“ Spektrum der Wissenschaft, Januar 1993, Seite 10,
- Rucker, R.: „Der Ozean der Wahrheit - Über die logische Tiefe der Welt“. Fischer Logo, Frankfurt/M. 1990
- Sagan, C.: „Die Drachen Eden. Das Wunder der menschlichen Intelligenz“. Drömersche Verlagsgesellschaft. Th. Knaur Nachf. München - Zürich 1978.
- Searle, J. R. u. a. „Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm?“ Spektrum der Wissenschaft, März 1990 S. 40 - 54
- Shannon, C. u. Weaver, W.: „The mathematical theories of communication“. University of Illinois Press, Illinois 1949
- Steinbuch, K.: „Mensch und Maschine“ in Informatik, Nova Acta Leopoldina (Johann Ambrosius Barth Leipzig 1972, Neue Folge 37/1(1972) Nr. 206: S.451 - 461.
- Thiele, R.: „Die gefesselte Zeit. Spiele, Spaß und Strategien“. Urania-Verlag, Leipzig – Jena – Berlin 1984
- Thiele, R.; Haase, K.: „Teufelsspiele“. Urania-Verlag, Leipzig – Jena – Berlin 1988
- Völker, Kl.: „Künstliche Menschen. Dichtungen und Dokumente über Golems, Homunculi, Androiden und lebende Statuen“. Suhrkamp, Frankfurt/Main 1994.
- Völz, H.: „Information verstehen“. Vieweg 1994
- Weber, W.: Industrieroboter. Methoden der Steuerung und Regelung. Fachbuchverlag Leipzig, 2002

- Weizenbaum, J.: „Eliza – a computer program for the study of natural language between man and machine. Commun.“. ACM 9(1): 36 - 45 (1966)
- Weizenbaum, J.: „Macht der Computer und Ohnmacht der Vernunft“. Suhrkamp, Frankfurt/M, 1977
- Wiener, N.: „Cybernetics or control and communication in the animal and the machine“ Hermann, Paris 1948 ein. „Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine“, Econ-Verlag, Düsseldorf - Wien 1963.
- Willim, B.: „Leitfaden der Computergrafik“. Drei-R-Verlag, Berlin, 1989