

Information_Neu 4

Dies Material wurde heruntergeladen von horstvoelz.de

Für privatem Gebrauch ist es frei nutzbar; bei Publikationen, Vorträgen usw. ist die Quellenangabe notwendig.

Bei kommerzieller Nutzung usw. ist eine Abstimmung mit mir erforderlich.

Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr Version 12 und X6 verfügbar.

Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 288 617 08

Email: h.voelz (at) online.de

Einordnung

Betrachtungen der **Realität** (Wirklichkeit) können unter recht verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen:

W-Information untersucht den Zusammenhang von **Input** als **Informationsträger** zum **Output** (Wirkung) als **Informat**.

Z-Information nutzt **Zeichen** und deren **Eigenschaften** zum **einfacheren Umgang** mit der Realität.

S-Information bestimmt die **optimale Übertragung** der Zeichen von Sender zum Empfänger.

P-Information erklärt das **langfristige Aufheben** der Fakten und Zusammenhänge **zur späteren Nutzung**.

Die folgende **V**-Information zeigt, wie die **Realität** mittels Zeichen **sinnlich wahrnehmbar** wird.

Dabei ergeben sich auch Möglichkeiten deutlich **Anderes** als die Realität – nämlich beliebige Inhalte, die teilweise nicht einmal real existieren können („**virtuelle Realitäten**“) – wahrnehmbar zu machen.

Grundlage hierfür ist die **Mathematik**, sowie deren Nutzung in **Rechnern** und dadurch mögliche Darstellungen.

Hinweise zur Mathematik

Mathematik untersucht **nicht Objekte, sondern Beziehungen** zwischen ihnen.

Aus eingeführten **Axiomen** werden weitere **Aussagen, Regeln und Gesetze** der Theorie abgeleitet (Komprimierung!).

Oft wird angenommen, dass die mathematischen **Strukturen nicht erfunden**, sondern entdeckt werden.

Gegensatz: Ein Muster mag **sich selbst enthalten**, aber ein Ding kann nicht in sich selbst existieren.

ALBERT EINSTEIN: „Die Mathematik genießt vor allen anderen Wissenschaften ein besonderes Ansehen, ihre Sätze sind absolut sicher und unbestreitbar, während die anderen Wissenschaften bis zu einem gewissen Grad umstritten und stets in Gefahr sind, durch neu entdeckte Tatsachen umgestoßen zu werden.“

TOBIAS DANZIG: „Man könnte den Mathematiker mit einem Modeschöpfer vergleichen, der überhaupt nicht an Geschöpfe denkt, dem seine Kleider passen sollen. Sicher, seine Kunst begann mit der Notwendigkeit, solche Geschöpfe zu bekleiden, aber das ist lange her; bis heute kommt gelegentlich eine Figur vor, die zum Kleidungsstück passt, als ob es für sie gemacht sei. Dann sind Überraschung und Freude endlos!“ [5] S. 418.

Beispiel: Die Bezeichnung „Matrix“ wurde 1850 von JAMES JOSEPH SYLVESTER eingeführt.

1925 benutzte die Matrizen-Rechnung (obwohl er sie nicht kannte) WERNER HEISENBERG für die Matrizenmechanik.

Auf diese Gegebenheit wies ihn erst im Nachhinein MAX BORN (1882 - 1970) hin.

Simulation

Die **Rechentechnik** operiert mit **Zahlen** und **mathematischen Funktionen**. Das gilt ähnlich für die **Informatik**. Die **Berechnungen** werden meist mit Computern durchgeführt und ermöglichen so eine schnelle „**Auswicklung**“ komplizierter **Formeln**.

Wenn die Formeln **Naturgesetzen** sind, erfolgen dadurch schnelle **Beschreibungen von Welt**.

Dazu werden die Zahlen und Zahlenreihen als Ausprägungen von Größen oder als Buchstaben, Wörter usw. **interpretiert**.

Technisch entspricht das einer **Codierung** (Abbildung) der Objekte in **Zeichen, Wörter**, Begriffe, Sprache, Bilder usw.

So ermöglichen mathematische Zusammenhänge eine **Simulation der Realität in dreistufiger Abbildungsfolge**:

1. Von der **Realität** $\Rightarrow$ 2. auf **Zeichen** einschließlich **Denken**, Sprache und Formeln, Axiomsysteme
 $\Rightarrow$ 3. mathematische **Simulation** auf Rechnern.

Trotz der vieler Untersuchungen ist es aber der Mathematik bisher **nicht gelungen**, die „**Weltformel**“ zu finden.

Es werden immer **nur Teile der Realität** erfasst.

Realität ist komplexer als Mathematik

Andererseits ermöglicht die Mathematik, vieles zu **berechnen**, was es in der **Realität nicht gibt**.

Dabei sind nämlich u.a. nicht notwendig:

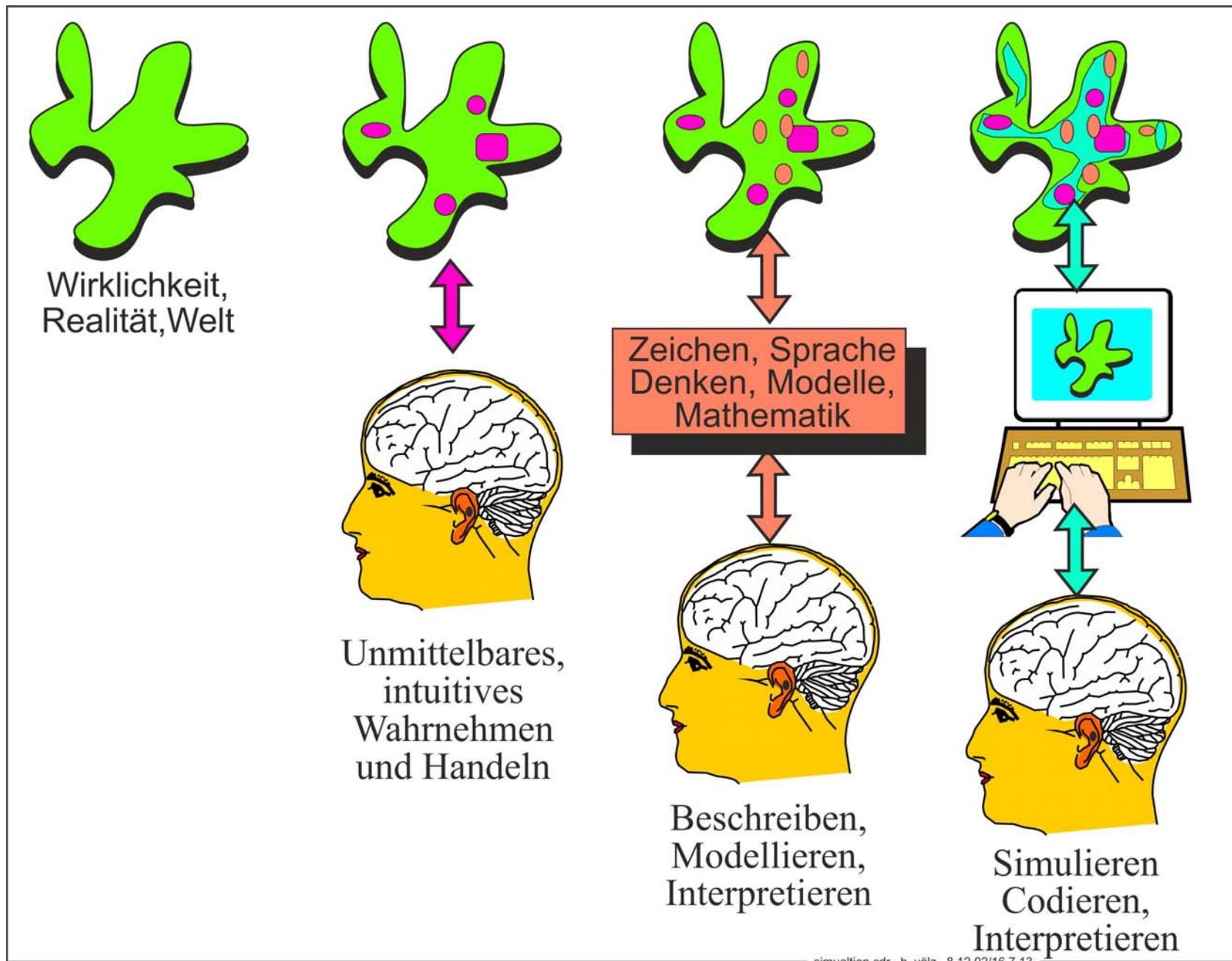
Naturgesetze (Ursache $\Rightarrow$ Wirkung), Konstanten wie Lichtgeschwindigkeit, Gravitation und Stoffeigenschaften, der Raum kann vieldimensional, nicht geometrisch, nicht metrisch sein; mehrere Dinge können am gleichen Ort.

Daher der **Mensch** mittels **komplexen Anwendungen** eine nicht existierende **virtuelle Realität erleben**.

U. a. können so **künftige Gebäude virtuell begangen** und erprobt werden.

Auch medizinische Fern-Operationen sind durchführbar.

Simulation kann umfassender als die Realität sein

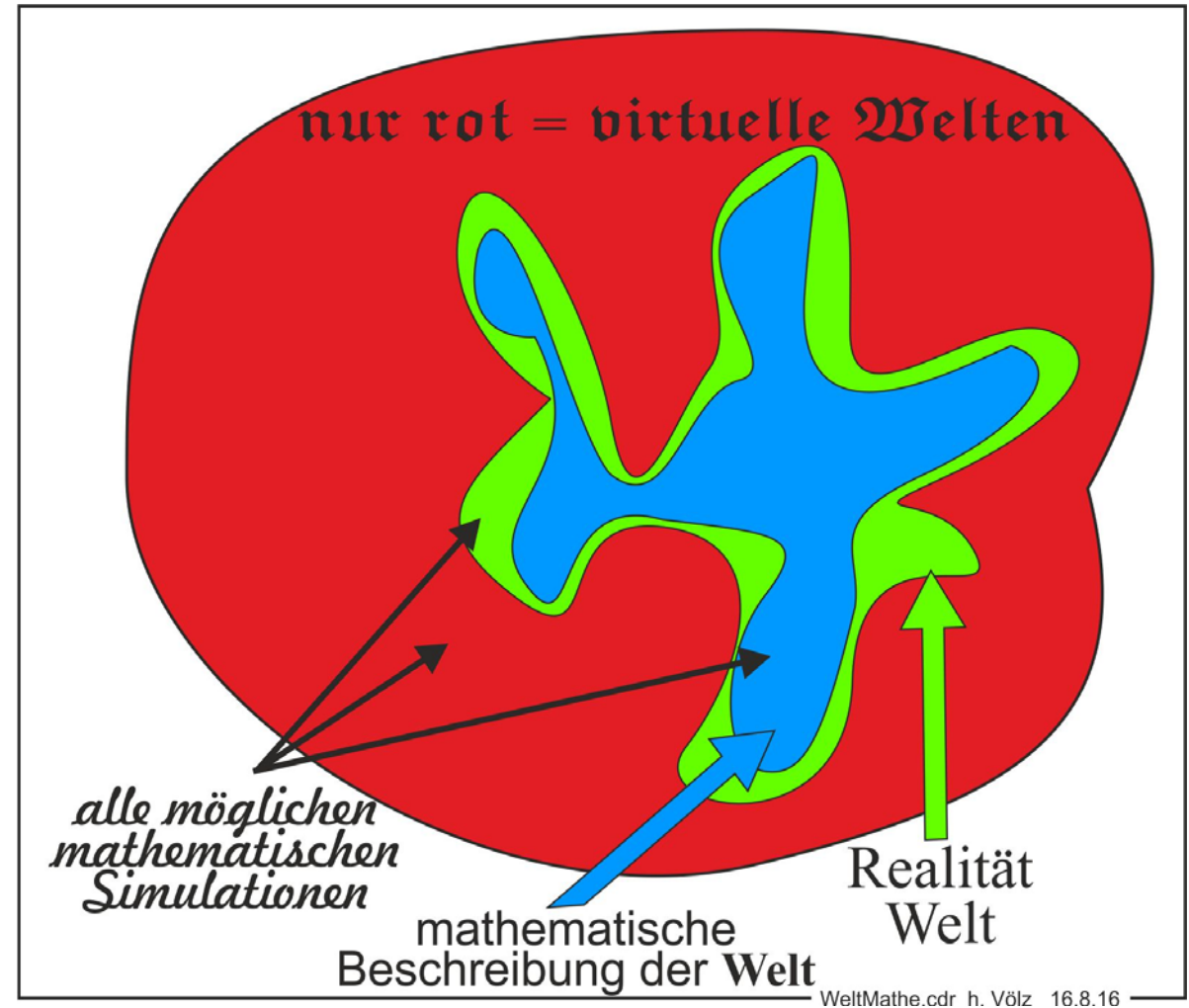


simulation.cdr h. vözl 8.12.02/16.7.13

Möglichkeiten der Simulation

Schematischer Vergleich von:

- **Realität, Welt** (**grün**)
- **mathematische Beschreibungen der Welt** (vgl. Kapitel: W-Information, **blau**)
- **alle möglichen mathematischen Simulationen** = „bildlichen“ Dartellungen (**rot + grün + blau**)
- mögliche **virtuelle Welten** (**nur rot**).



Vorkommende Begriffe

In den 1970er Jahren schrieb MYRON KREUGER sein Buch „**Artificial Reality**“

Latein: *arte* Kunst; *facere*: machen, englisch *artifact* deutsch Artefakt, Kunstprodukt, Werkzeug

Der Begriff allerdings sollte nur alle Aspekte der zwei- und dreidimensionalen Fernsehtechnik abdecken.

Heute wird darunter eine vom Computer geschaffene, interaktive, dreidimensionale Umwelt verstanden, die eine Person mit allen Sinnen erleben und in der sie aktiv handeln kann.

Hierfür prägte 1989 JARON LANIER den Begriff **Virtuelle Realität**

Latein: **virtus** Tugend, Tüchtigkeit, Kraft, Männlichkeit, entspricht mehr künstlich, nicht wirklich vorhanden.

Inhaltlich ähnliche sind *Virtual Environment*, *Virtual World* und *Artificial World* [6].

Ermöglicht eine künstliche Umwelt zugleich **mehrere Benutzer, Rechner** usw. so wird meist vom **Cyberspace**

Cyber (englisch Cybernetic: griechisch Kybernetike. Steuermannskunst); space (englisch Raum, Weltraum); kybernetischer Raum.

Die virtuell verbundenen Personen können gemeinsam, auch gegeneinander handeln.

Eine erste, ernst zu nehmende Beschreibung stammt von STANISLAW LEM in „Summa Technologiae“ von 1964.

Dort wird aber die Bezeichnung „*Periphere Phantomatik*“ benutzt.

Eine Präzisierung erfolgte durch WILLIAM GIBSON's Roman „Neuromancer“ von 1984

Er beschreibt den Cyberspace als **konsensuelle Halluzination** eines computergenerierten grafischen Raumes.

Eine andere Variante ist das **Künstliche Leben** [7].

hier werden entsprechende Modellierungen durchgeführt.

Die ersten Vorstellungen von etwa 1970 stammen von JOHN HORTON CONWAY (1937) als Spiel „**life**“ (s. u.).

Ergänzungen, Gefahren

Die **Schaffung** einer **virtuellen Welt** setzt voraus:

die Entwickler müssen sie im Voraus antizipieren, dann aufschreiben und schließlich programmieren.
Lateinisch **ante** vor(her) und **capere** nehmen; **anticipare** vorgefasste Meinung, besser geistig vorweg nehmen

Das **ähnel**t dem Schreiben eines **Textes**, der erst **später gesprochen**,
oder dem Aufschreiben von **Musik**, die erst **später gespielt** wird.

Künstliche Welten müssen kein Äquivalent in der realen Welt besitzen.

Sie müssen auch nicht stofflich-energetischen Naturgesetzen genügen oder gar in sich selbst konsistent sein.

Ihr Programmierer kann weitgehend seine kühnsten Vorstellungen, Phantasien und Träume realisieren.

In ihnen kann ja **nicht** – wie in der realen Welt – eine **bleibende Katastrophe** eintreten.

Der Rechner kann höchstens „abstürzen“.

Die virtuelle Realität **verschwindet** ohnehin wenn der **Rechner abgeschaltet** wird oder ein **Defekt** auftritt.

Dennoch bleibt viel Erlebtes im **Gedächtnis** bestehen, das ist ähnlich wie nach einem **Traum**.

Dieser Rest kann aber **psychologische Folgen** bewirken.

Hier werden später **Fraktale**, **Künstliche Intelligenz** und **Künstliches Leben** etwas genauer behandelt

Früheres Virtuelles

„Virtuelle“ Welten gab es eigentlich schon immer.

So schufen sich die Menschen **Götter, Geister, „Roboter“, Amulette, Fetische, Puppen, Maskottchen, Talisman** usw.

Sie erfanden **Mythen, Riten, Spiele** usw.

Indirekt sind auch zumindest teilweise **Träume, Wahnbilder** und andere **krankhafte Zustände** ähnlich z. T. sind hier auch die Bilder mit falscher Raumdarstellung (M. C. ESCHER) Illusionen usw. einzuordnen.

Auch **Kunst und Literatur**, insbesondere **Märchen, Fabeln** und **Science fiction** gehören hierzu.

Jede **Antizipation** von etwas Neuem ist ebenfalls einzuordnen.

Ein ganz zeitweilig in Japan besonders beliebtes Spielzeug ist das **Tamagotchi**.

Es ist gewissermaßen eine Cyberküken in Eiform; auf dessen Display es Wünsche usw. äußert.

Über drei Knöpfe und mittels eines Menüsystems muss es vom Besitzer regelmäßig »umsorgt« werden.

Das **Neue an der eigentlichen Virtuellen Welt** ist „nur“, das jedermann sie **ähnlich wie die Realität erleben** kann.

Doch das ist nur mit sehr leistungsfähiger Computertechnik möglich

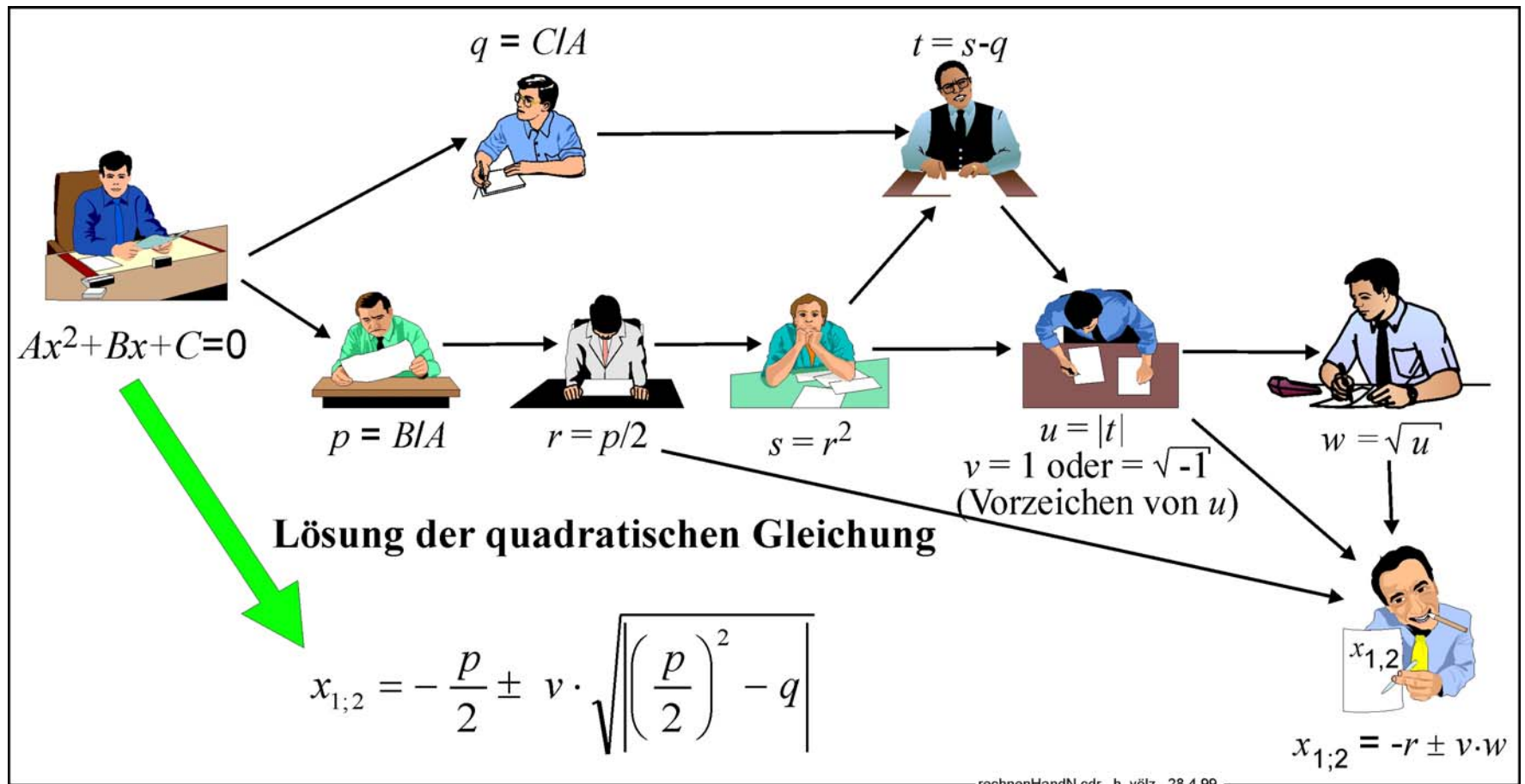
Deshalb folgt zunächst etwas zur **Geschichte der Rechentechnik**

Das Rechenbüro

Zeichen, Axiom-Systeme und mathematische Formeln ermöglichen hoch verdichtete Modelle bzgl. der Welt. Infolge ihrer Komplexität sind sie jedoch meist nicht unmittelbar für den Menschen verständlich. Dazu müssen sie erst schrittweise „ausgewickelt“ bzw. berechnet werden.

Hierfür entstanden bereits im **18. Jh.** Rechenbüros in denen viele menschliche „Rechenknechte“ arbeiteten.

Für die **quadratische Gleichung** zeigt das schematisch und stark vereinfacht das Bild rechts.



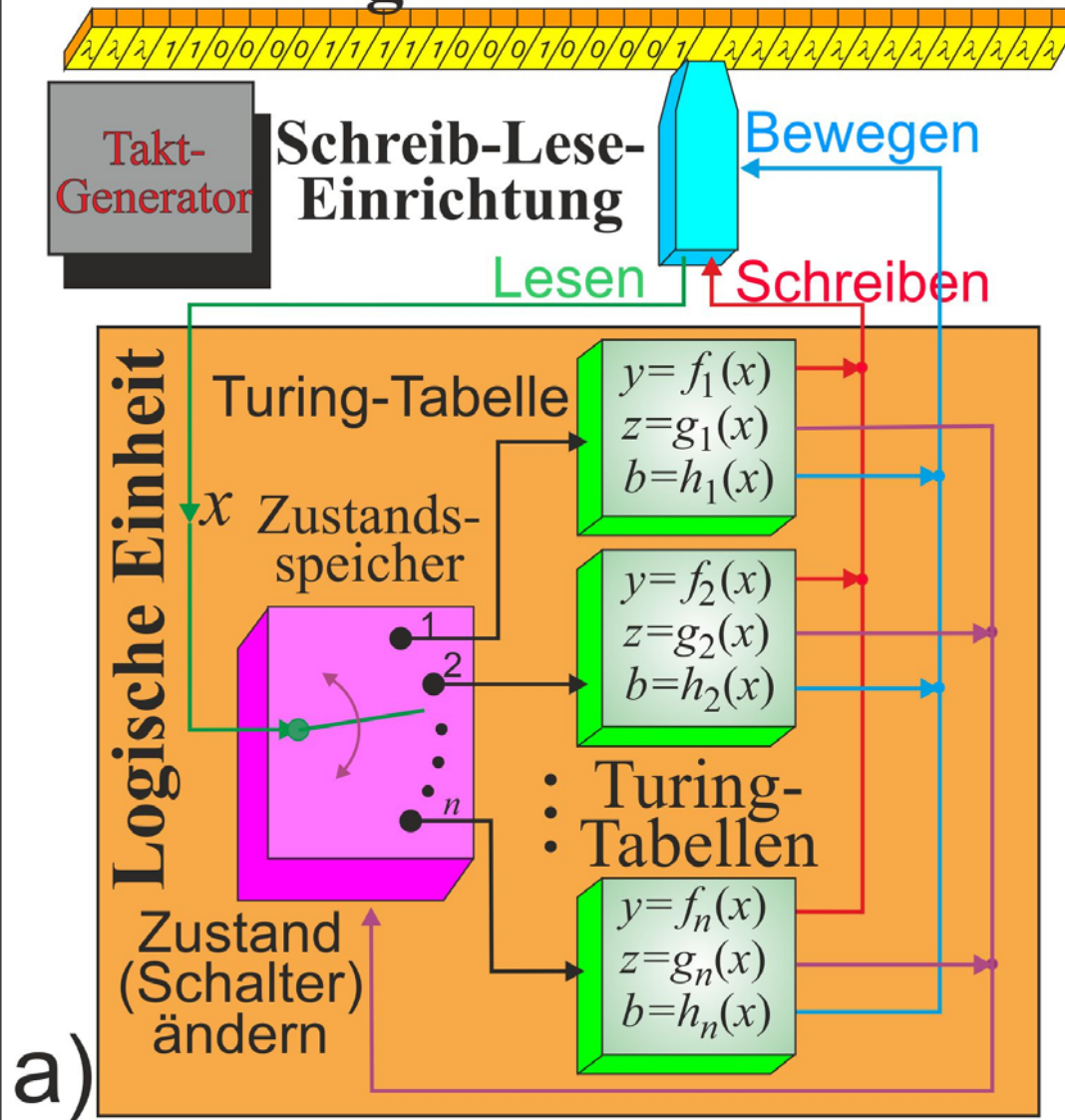
TURING-Automat

Für Berechnungen war und ist die optimale **Zerlegung in Einzelschritte** notwendig, aber oft nicht einfach. Hierfür entwarf **1936** ALAN MATHISON TURING (1912 – 1954) ein universelles Schema, den TURING-Automaten. Er war aber „nur“ ein **allgemeines Prinzip**, dass im heutigen Sinne technisch nicht ausgeführt oder gar benutzt wurde. Die Zusammenfassung der für ein Problem sequentiellen Einzelschritte wurde bald als Algorithmus bezeichnet. Damit wird die Rekursion eingeführt und ist somit recht neu
1936 ALONZO CHURCH (1903 – 1995) definiert damit Grenzen der Berechenbarkeit; Church'sche These
1950 Beginn der elektronischen Rechner
1970 Beginn der fraktalen Grafik.

Übertragen in die heutige Rechentechnik besitzt der Turing-Automat unendlich lange Speicherbänder. Sie können als Papier mit Kästen für einzelne Bit angesehen werden. Bei Bedarf kann beidseitig Papier angeklebt werden. Zunächst stehen auf einem Band das Programm (Algorithmus) und die Ausgangsdaten. Sie werden schrittweise gelesen und ausgeführt. Das Ergebnis wird auf andere Zellen des Bandes geschrieben. Dieser Prozess wiederholt sich solange, bis alles berechnet ist. Dann steht auf dem Band das Ergebnis. Der eigentliche Automat besteht aus einem Zustandsspeicher und der TURING-Tabelle, die dem Algorithmus entspricht. Eine detaillierte Abhandlung für die Durchführung einer einfachen Addition enthält [1] S. 219 ff. und [2] S. 68 ff.

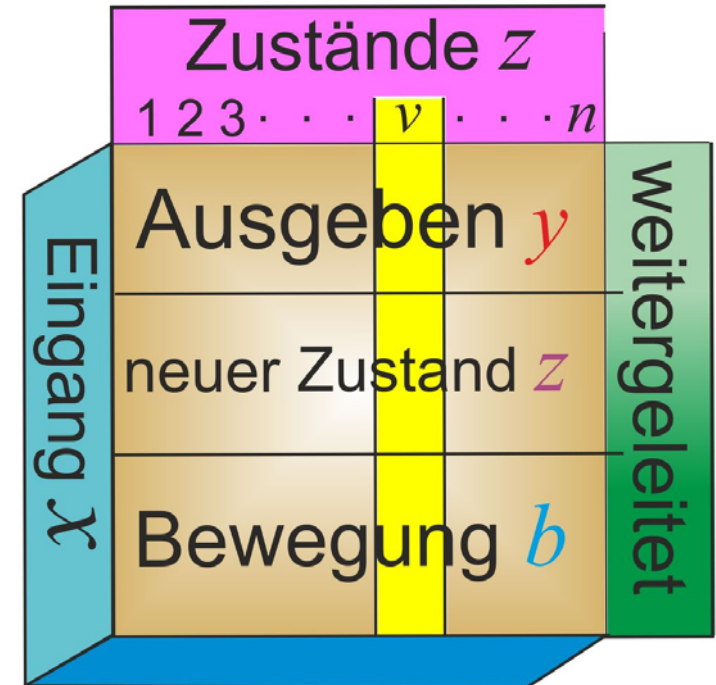
Bemerkung: Das ursprüngliche Anliegen der der Rechentechnik betraf Anwendungen der **Mathematik**. Insbesondere erfolgten die Rechnungen mit Zahlen und mathematischen Formeln. Anwendungen für **Sprache, Bilder usw.** erfolgten erst ab Mitte des vorigen Jahrhunderts. Sie müssen dazu lediglich in Zeichen, Zahlen und schließlich **0/1-Folgen** codiert werden. Mit speziellen Aus- und Eingaben lassen sich heute schließlich **virtuelle Welten zugänglich** machen (V-Information)

beidseitig unendliches Band



Logische
Tabelle

b)



c)

Es gilt:
 λ = leere Speicherzelle
 $x, y = \{0, 1\}$
 $z = 1 \dots n$
 $b = \{\text{rechts, links, halt}\}$

Die CHURCH-These

Wenig nach TURING entstanden *ähnliche Modelle* für das Berechnen:

- Gleichungskalkül nach GÖDEL-HERBRAND;
- μ -rekursiven Funktionen nach KLEENE;
- MARKOW-Algorithmen;
- Minimal-Logik nach FITCH;
- Kanonischer Kalkül von POST;
- Graphen-Schemata von KALUZIN;
- Rekursions-Schemata von MCCARTHY
- λ -Funktionen von CHURCH

Es wurde bald nachgewiesen, dass alle die *gleiche Leistungsfähigkeit* besitzen.

Daher stellte 1940 ALONZO CHURCH (1903 - 1995) eine nicht beweisbare Hypothese auf.

Sie wird aber dennoch von den meisten Mathematikern als gültig akzeptiert wird:

Alle vorhandenen und auch künftigen Methoden sind gleich leistungsfähig.

Sie definieren *die Grenze der Berechenbarkeit* und betreffen den Begriff des Algorithmus.

Ferner gilt: Alles Berechenbare ist *rekursiv* (s. u.) oder einfacher darstellbar.

Insbesondere sind alle *elementaren mathematischen Funktionen* (s. u.) rekursiv berechenbar.

Ferner gilt:

1. Alles intuitiv Berechenbare lässt sich bereits vollständig durch Algorithmen auf *binärer 0/1-Basis* abwickeln.
2. Alle formal behandelbaren *Probleme*, wie u.a. Künstliche Intelligenz, Text-, Bildverarbeitung usw., lassen sich ebenfalls mittels *binärer Algorithmen* bearbeiten.

Elementare Funktionen

Die Definition der elementaren Funktionen ist z. T. unterschiedlich.

Hier wird die nebenstehende Herleitung benutzt.

Darin bedeuten a , b und c zunächst die ganzen Zahlen des Zählens.

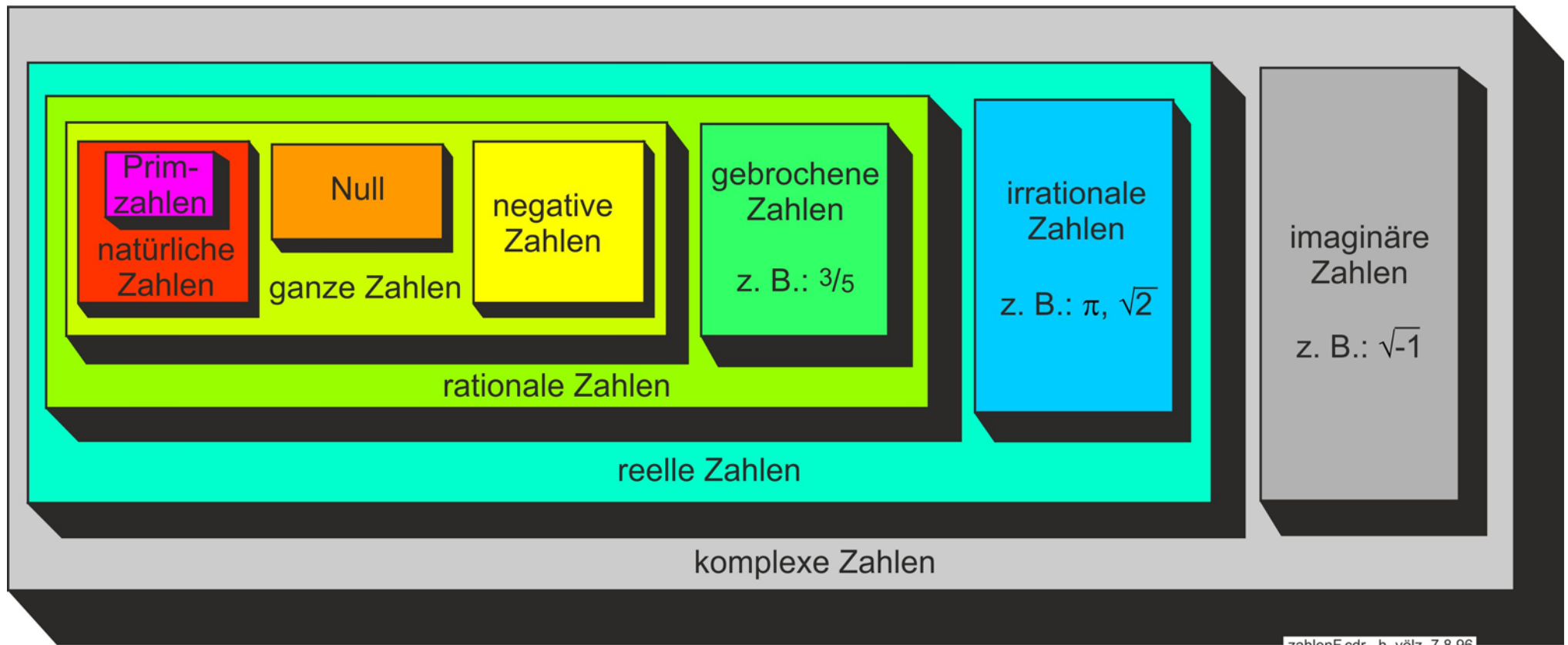
Sobald aber die Ableitung bis zur Potenz erfolgt ist, können die Operationen auch auf reelle bis komplexe Zahlen (nächstes Bild) angewendet werden.

In dieser Ableitung fehlen vor allem die **trigonometrischen** Funktionen. Sie müssen anders eingeführt werden, z.B. mittels Reihenentwicklungen oder Cordic-Algorithmen.

Es sei auch noch auf die **Exponentialfunktion** e^x (s. u.) und vielfältige **Reihen** hingewiesen.

Herleitung elementarer Funktionen	
direkt	Umkehrung
Addition $c = a + b$	$a = c - b$ $b = c - a$ führt zu negativen Zahlen
b -malige Wiederholung der Addition von a	
Multiplikation $c = a \cdot b$	$s = c/b$ $b = c/a$ führt zu gebrochenen (rationalen) Zahlen
b -malige Wiederholung der Multiplikation mit a	
Potenzierung $c = a^b$	$a = \sqrt[b]{c}$ $b = \frac{\log(c)}{\log(a)} = {}_a\log(c)$ führt zu irrationalen bis komplexen Zahlen

elementarfunktion.cdr h. völz 21.8.16



zahlenF.cdr h. vözl 7.8.96

Die Einführung der Zahl $e \approx 2,718281828459045$ durch LEONHARD EULER (1707- 1783) erfolgte 1727 und ist inhaltlich ungeklärt. Es gibt für sie mehrere Definitionen

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \text{ bzw. } e = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{\sqrt[n]{n!}} \text{ oder als unendliche Reihe } e = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!}.$$

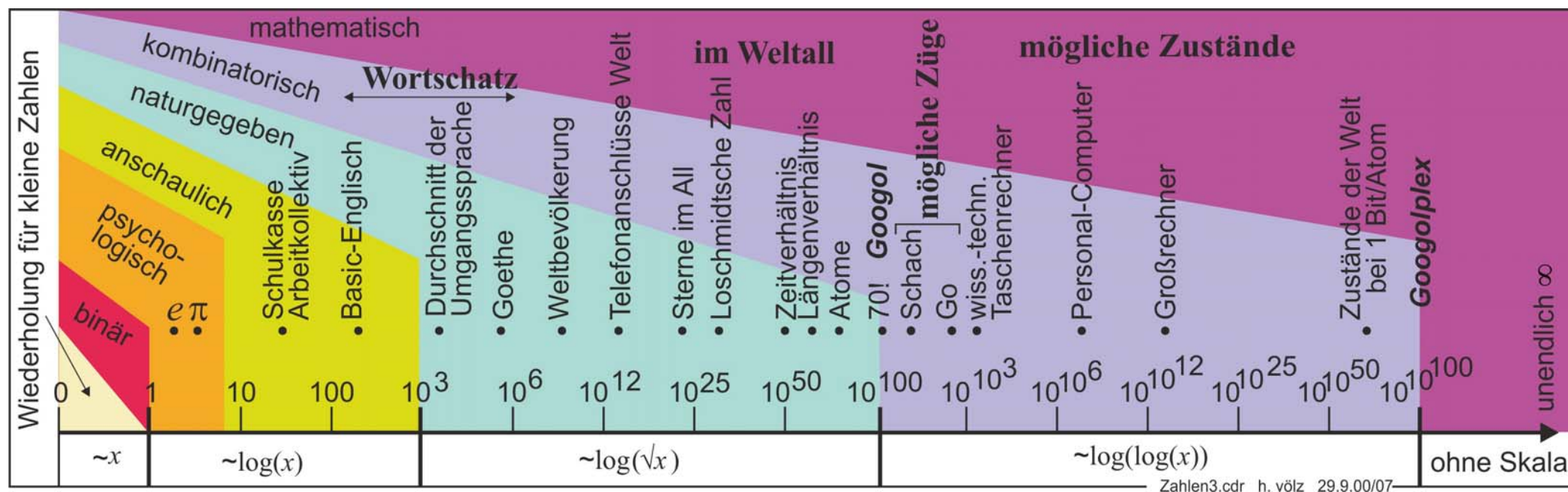
Ihr Name könnte auch mit **Exponent** (1554 von MICHAEL STIEFEL eingeführt) zusammenhängen.

Beim Differenzieren und Integrieren bleibt sie erhalten: $de^x/dx = e^x$ und $\int e^x \cdot dx = e^x + C$.

Neben π ist sie wichtigste transzendente Zahl (= keine Lösung einer algebraischen Gleichung).

Umgang mit Zahlen

Sollen **Zahlenwerte auf Skalen** aufgetragen werden, so sind spezielle Maßstäbe sinnvoll [16]. Warum hier und in vielen anderen Fällen der **Logarithmus** so wichtig ist, das ist nicht geklärt. Es könnte vielleicht indirekt mit dem vorwiegend exponentiellen Wachstum zu tun haben.



Iteration und Rekursion

Beide sind z.T. ähnlich, folgt auch aus ihrer sprachlichen Herkunft.

lateinisch *Iteratio* Wiederholung; Adverb *iterato* abermals (entspricht FOR-NEXT-Schleife, Schluss von n auf $n+1$))

lateinisch *recursus* Rücklauf, Ebbe, Heimkehr, *recurso* ich kehre zurück (:= rückbezügliche Anwendung auf sich selbst)

Es besteht ein Zusammenhang mit Selbstbezüglichkeit und technischer Rückkopplung.

Rekursive Algorithmen sind meist deutlich einfacher, wir können jedoch so gut wie nicht rekursiv denken (s. Fraktale).

Ihre große Bedeutung wurde überhaupt erst mit der Berechenbarkeit um 1930 erkannt.

Anschauliche Beispiele sind Münchhausen (sich selbst am Schopf aus dem Sumpf ziehen)

Und der Vergleich: Wasserkochen bei Physikern und Mathematikern.

Heute gibt es vor allem [1] S. 223 ff.:

- rekursiv definierte **Funktionen**
- rekursive **Datenstrukturen**
- rekursive **Aufzählbarkeit**
- rekursive **Verfahren** bzw. **Prozeduren**
- rekursive **Mengen**
- Rekursions-**Theorie**

Typisch ist es z. B., die Lösungen von $x := \sqrt{\sqrt{\sqrt{\dots \sqrt{x}}}}$ zu finden. Für alle positiven Startwerte folgt $x = 1$.

Beispielhaft werden hier Rekursion und Iteration für die Berechnung der Fakultät angegeben.

$$\textbf{iterativ: } n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n \Leftrightarrow \textbf{rekursiv: } 0! = 1; \quad n! := (n-1)! \cdot n$$

Bei rekursiv sind fast immer Start- und Endwerte (Abbruchkriterium) zusätzlich anzugeben.

Wie komplex die Rekursion sein kann zeigt die folgende **Ackermann** Funktion.

Sie ist nicht iterativ definierbar und zählt bereits zu den nicht berechenbaren Funktionen

Die allgemein rekursive ACKERMANN-Funktion

Sie zeigt, dass insbesondere rekursive Funktionen schnell über alle Grenzen wachsen können.

Die ACKERMANN-Funktion von 1926 besteht aus drei Regeln. [1] Seite 233 ff.

Anschaulich gelingt für sie keine Vorstellung, daher das Beispiel $A(2,2)$

$A(2, 2) = A(1, A(2, 1))$ Regel 3
 $= A(1, A(1, A(2, 0)))$ Regel 3
 $= A(1, A(1, A(1, 1)))$ Regel 2
 $= A(1, A(1, A(0, A(1, 0))))$ Regel 3
 $= A(1, A(1, A(0, A(0, 1))))$ Regel 2
 $= A(1, A(1, A(0, 2)))$ Regel 1
 $= A(1, A(1, 3))$ Regel 1

usw. Die folgende Tabelle zeigt einige Werte.

Regel 1: $A(0, y) = y + 1$
 Regel 2: $A(x, 0) := A(x - 1, 1)$
 für $x > 0$
 Regel 3: $A(x, y) := A(x - 1, A(x, y - 1))$
 für $x > 0$ und $y > 0$

Diese etwas vereinfachte Form von 1955 stammt von RÓZSA PÉTER

$x \backslash y$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		60	61
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		61	62
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		62	63
2	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23		123	125
3	5	13	29	61	125	253	509	1021	2045	4093	8189		$1,8 \cdot 10^{19}$	$3,7 \cdot 10^{19}$
4	13	65333	auf einem üblichen Rechner nicht mehr darstellbar											

y	10	11	12	13	14		121	122
$A(3, y)$	8 189	16 381	32 765	65 533	131 069		$2,128 \cdot 10^{37}$	$4,25 \cdot 10^{37}$

Nichtberechenbare Funktionen

Es wird hier das 2. CANTORSche Diagonalverfahren eingeführt [1] S. 261 ff.

Dazu wird von den reellen Zahlen ausgegangen

Sie seien in als *vollständige* Liste aller reellen Zahlen zwischen 0 und 1 dargestellt.

Benutzt wird die unendlich lange Dezimaldarstellung.

Nun werden nun die (fetten) Zahlen in der Diagonale verändert.

Dabei entsteht z. B. die Zahl **0, 211 ... 12 ...**.

Sie kann in der Tabelle deshalb nicht vorkommen,

weil sie zumindest in einer Stelle von jeder Zahl abweicht.

Also gibt es überabzählbar viele reelle Zahlen.

Dieses Verfahren wird nun auf arithmetische Funktionen $y = f(x)$ übertragen

Sie ordnen jeder natürlichen Zahl x eine natürliche Zahl y zu. So ergibt sich die Tabelle

0, 1 4434	...	79	..
0, 1 4634	...	78	..
0, 24 7 34	...	98	..
	...		
0, 34734	...	5 8	..
0, 44634	...	7 1	..
	...		

Funktions- Nr.	Argumente				
	0	1	...	<i>n</i>	...
0	$f_0(0)$	$f_1(1)$	...	$f_n(0)$	...
1	$f_1(0)$	$f_1(1)$	...	$f_n(1)$	...
...	...	...	...	...	...
<i>n</i>	$f_n(0)$	$f_n(1)$	...	$f_n(n)$	...
...	...	...	...	...	...

Nun werden mit den natürlichen Zahlen m, n die Funktionen $g(m) = f_m(n) + 1$ gebildet.

Ihre Werte können aber nicht in der Tabelle vorkommen. Daher sind diese Funktionen nichtberechenbar.

Es sind sogar überabzählbar viele.

Der fleißige Biber

Die erste nichtberechenbare Funktion stellte 1962 T. RADO vor [1] Seite 261.

Sie ist als Problem „Fleißiger Biber“ bekannt:

Mit einem TURING-Automaten sind möglichst viele unmittelbar aufeinander folgende 1 auf das Band zu schreiben

Die ersten Werte der RADO'schen Funktion lauten:

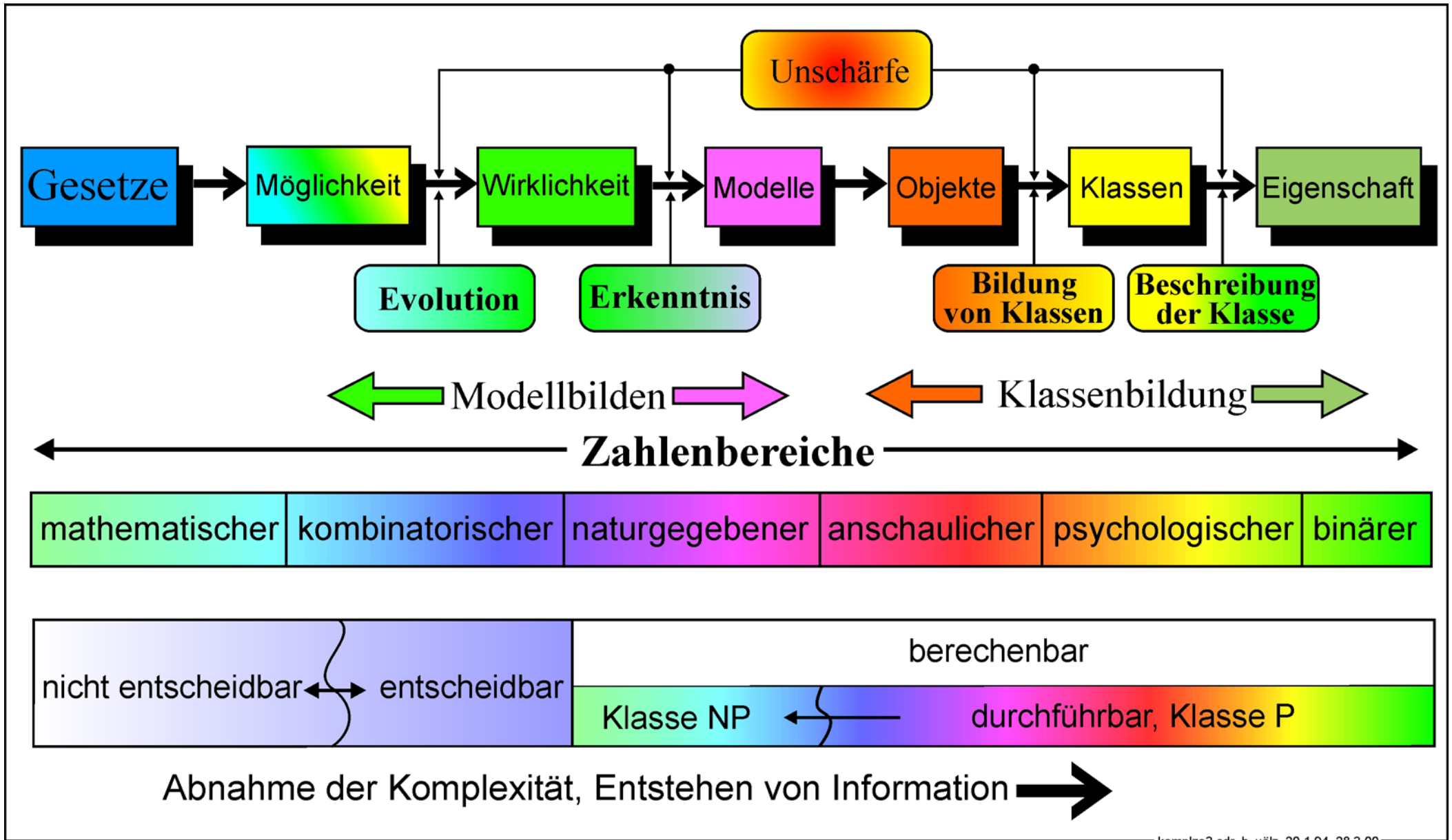
Zustände des Automaten	3	4	5	6	7	8
Anzahl der erforderlichen Schritte	6	12	17	95	22961	$7,9 \cdot 10^{43}$

Für 1111 wurde die Lösung erst 1972 gefunden.

Für 11111 oder länger gibt es nur Abschätzungen des erforderlichen Aufwands

Für die wichtigsten **Mengen** und ihre Bezeichnung gilt die nebenstehende Grafik.





Technische Rechner

Einer der ersten mechanischen Rechner dürfte der **Abakus** sein, der bereits 1000 v. Chr. bei den Chinesen bekannt war. Einfache mechanische Geräte, die auch multiplizieren und dividieren konnten, entstanden mehrfach ab dem 17. Jh. Den ersten programmierbaren (mechanischen) Rechner (Difference-engine) entwarf **CHARLES BABBAGE** (1792 - 1871). Obwohl er ihn nicht fertig stellen konnte, schrieb für ihn **ADA LOVELACE** (1815 - 1852) recht komplexe Programme.

Die ersten funktionierenden programmierbaren Rechner stellte **KONRAD ERNST OTTO ZUSE** (1910 - 1995) her.

Der Z1 von 1936 arbeitete noch rein mechanisch. 1939 folgte der elektromechanische Z2.

Der Z3 von 1941 arbeitete **elektrisch** mit 2000 Relais und verwendete als Eingabe gelochte Filmstreifen.

Ab 1944 entstanden **elektronische** Rechner mit Röhren, u. a. die ENIAC.

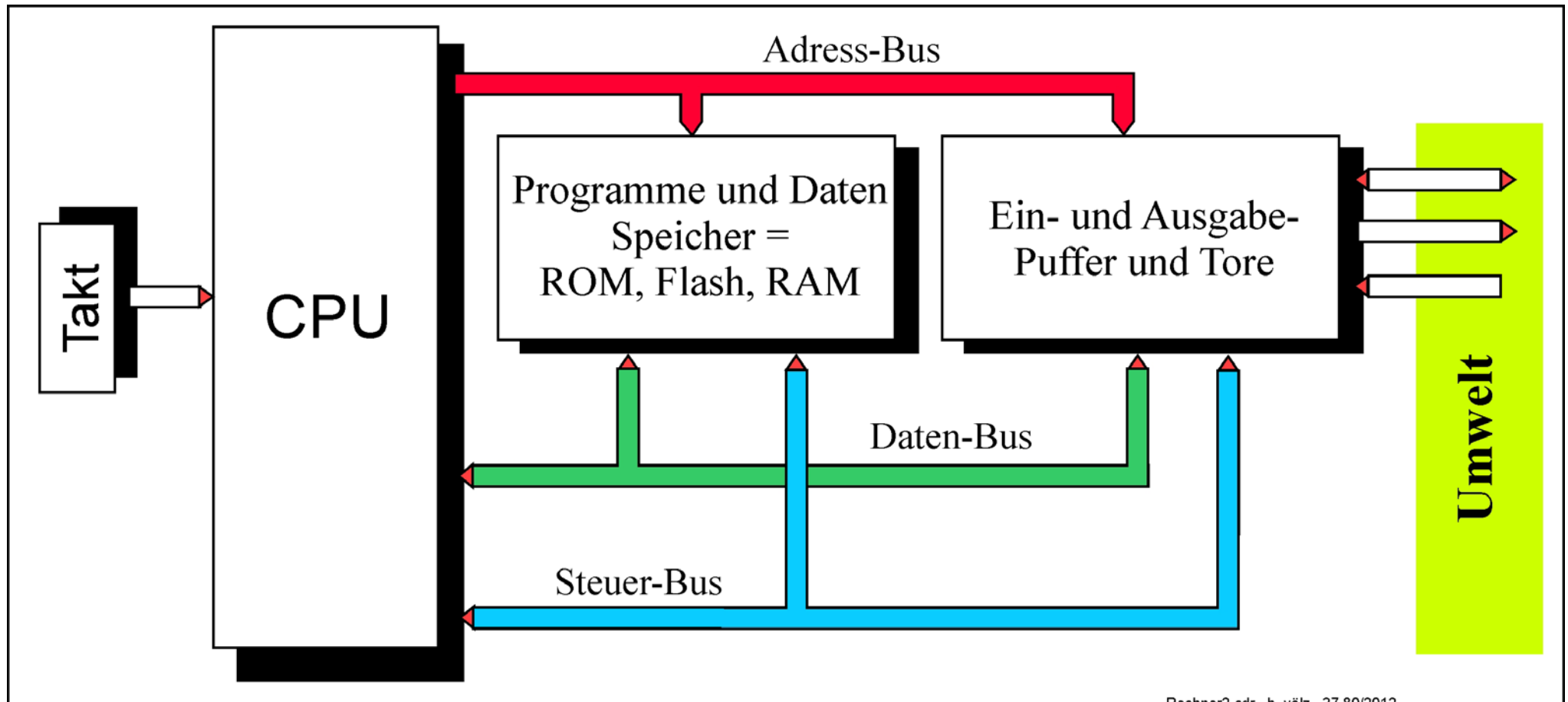
Das gebräuchlichste **Grundprinzip** der meisten heutigen Rechner entwarf 1944 JOHN VON NEUMANN (1903 - 1957).

Er besteht aus CPU, Speicher für Daten *und* Programme sowie Ein- und Ausgabe.

Die Rechenoperationen werden in der CPU ausgeführt.

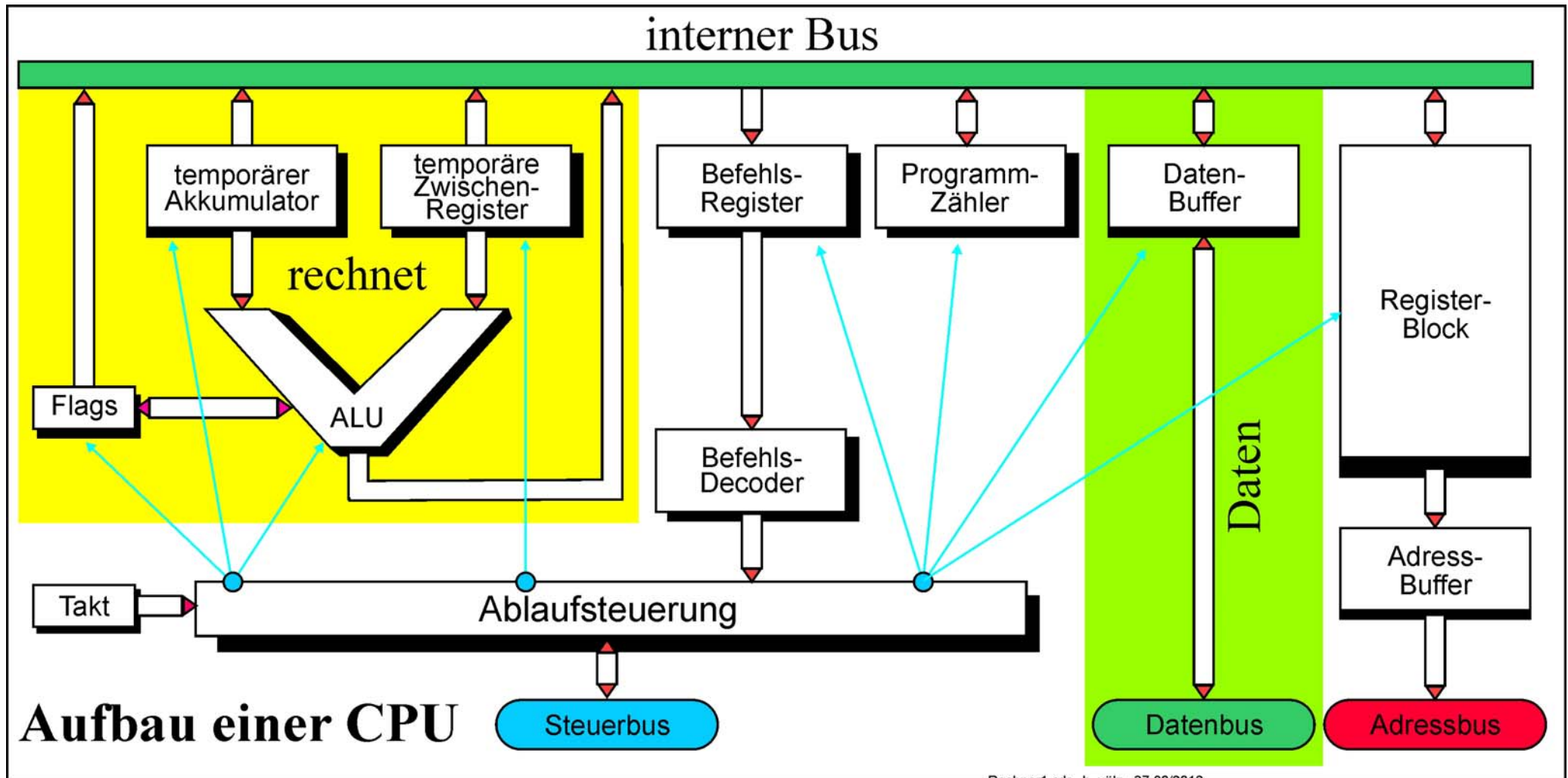
Ein Steuerwerk (Ablaufsteuerung) wickelt den Algorithmus über Daten-, Adress- und Steuer-Bus ab.

Prinzip des J. v. NEUMANN-Rechners



Der Adress-Bus transportiert Lokalitäten der Speicherplätze, der Datenbus ihre Inhalte und Steuerbus, was als nächstes zu tun ist. Dies alles leistet die CPU (central processor unit), die ihrerseits getaktet betrieben wird.

Prinzip einer typischen CPU

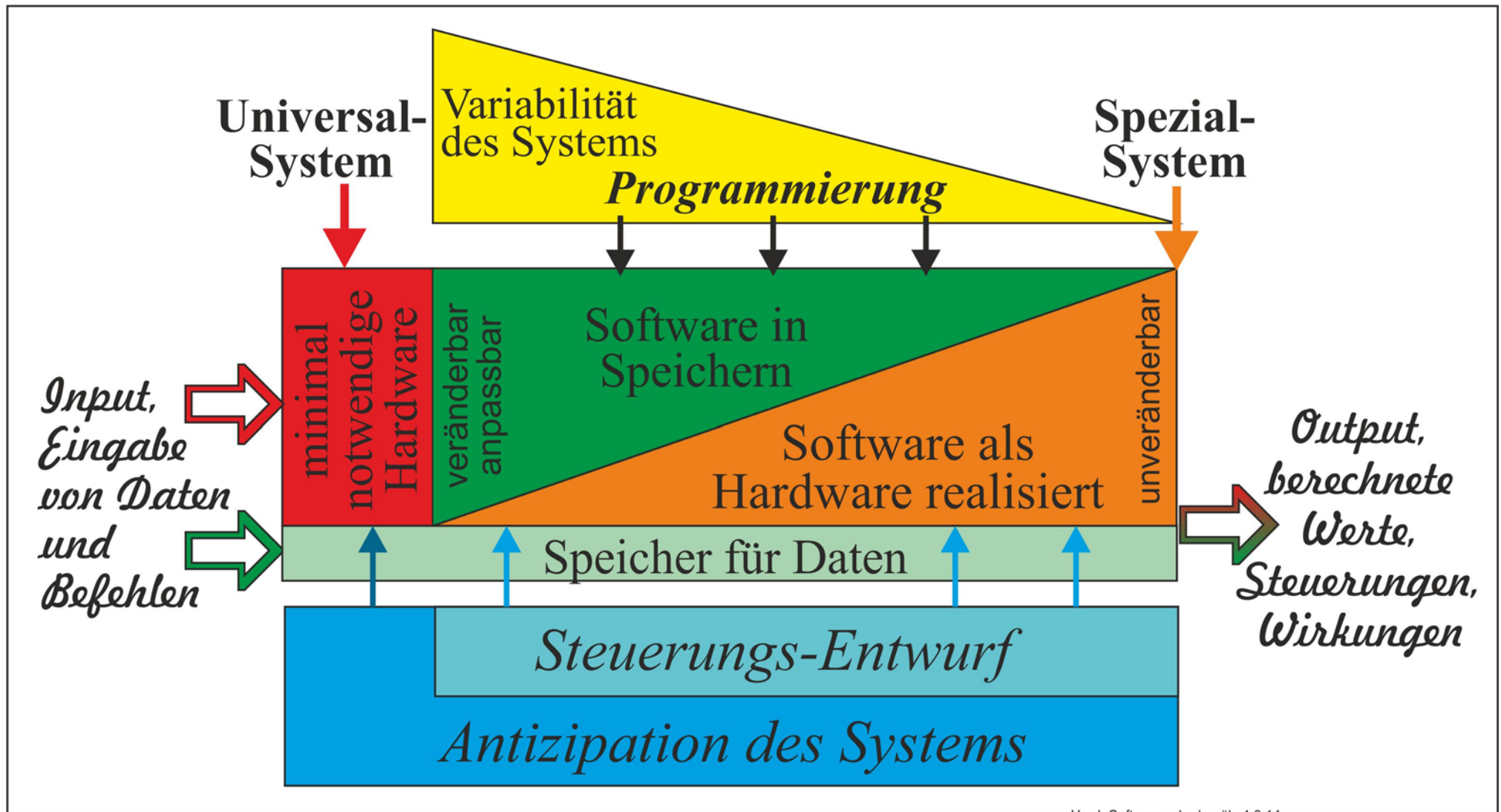


Rechner1.cdr h. vözl 37.80/2012

Informatik

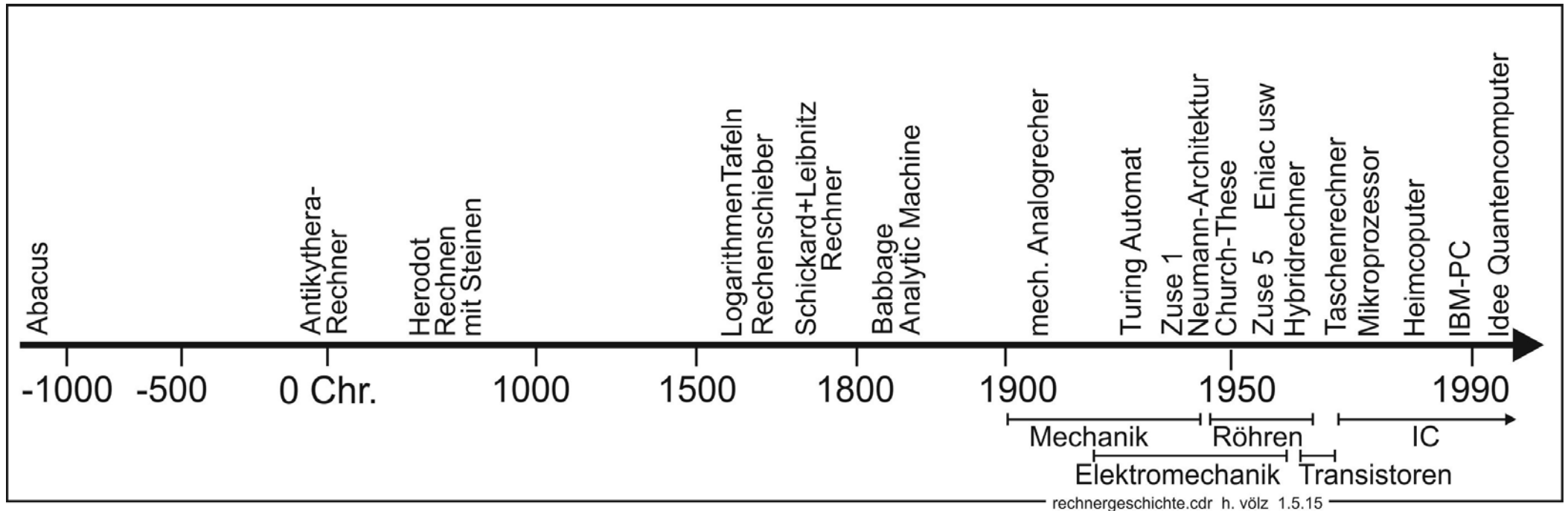
Sie entstand als (ingenieurs-) wissenschaftliche Grundlage für die Rechner.

- Sie betrifft **Hardware**, insbesondere der dazugehörenden Rechner und externen Systeme. Sie betrifft elektronische Schaltkreise (u. a. CPU, Speicher und I/O) sowie die Peripherie, wie Monitor, Maus, Tastatur, Lautsprecher, Drucker, Scanner und Schnittstellen sowie deren Entwurf und technologische Grundlagen. s. [3].
- Ferner **Software**, hauptsächlich hergestellt mittels Programmiersprachen als Betriebssysteme, Anwendungsprogramme, Datenbanksysteme, Formulierung von Algorithmen bis hin zu künstlicher Intelligenz und Robotertechnik. Z.T. ist sie auch als „embedded systems“ in die Hardware integriert sind [4] (s. Bild).
- Vorrangig werden (**Ingenieurs-)** **Grundlagen** der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstheorie sowie Mathematik, Logik und des menschliches Verhaltens genutzt.
- Es existieren vielfältige **Anwendungen** in der gesamten Technik, Mathematik, Forschung und Entwicklung, Kultur, Wirtschaft usw.
- Die **Theoretische Informatik** betrifft allgemeine Grundlagen, wie Sprachen, Programmierung und Grenzen der Berechenbarkeit, $P \Leftrightarrow NP$ sowie die Komplexität von Problemen. s. [1] S. 217 ff.

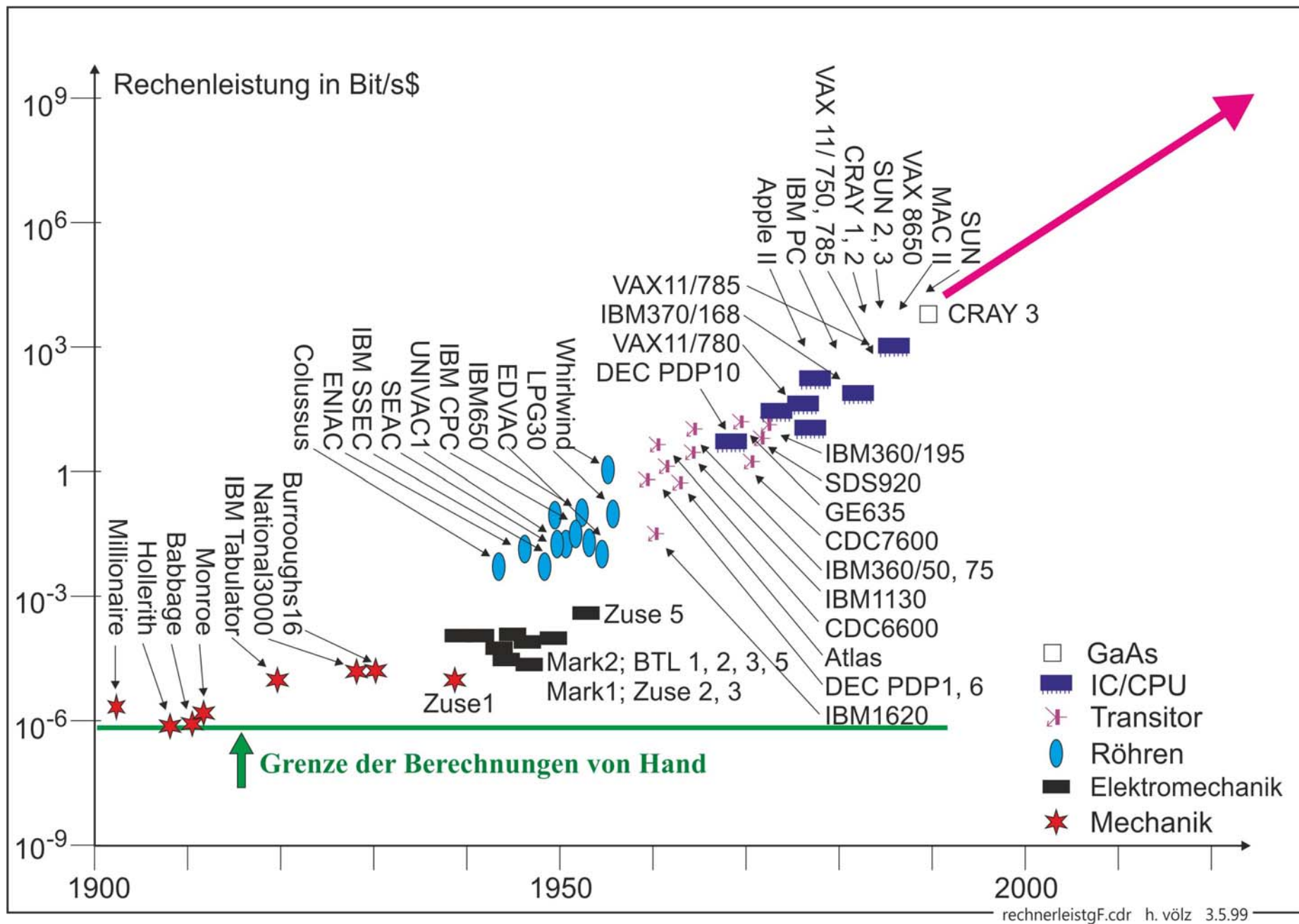


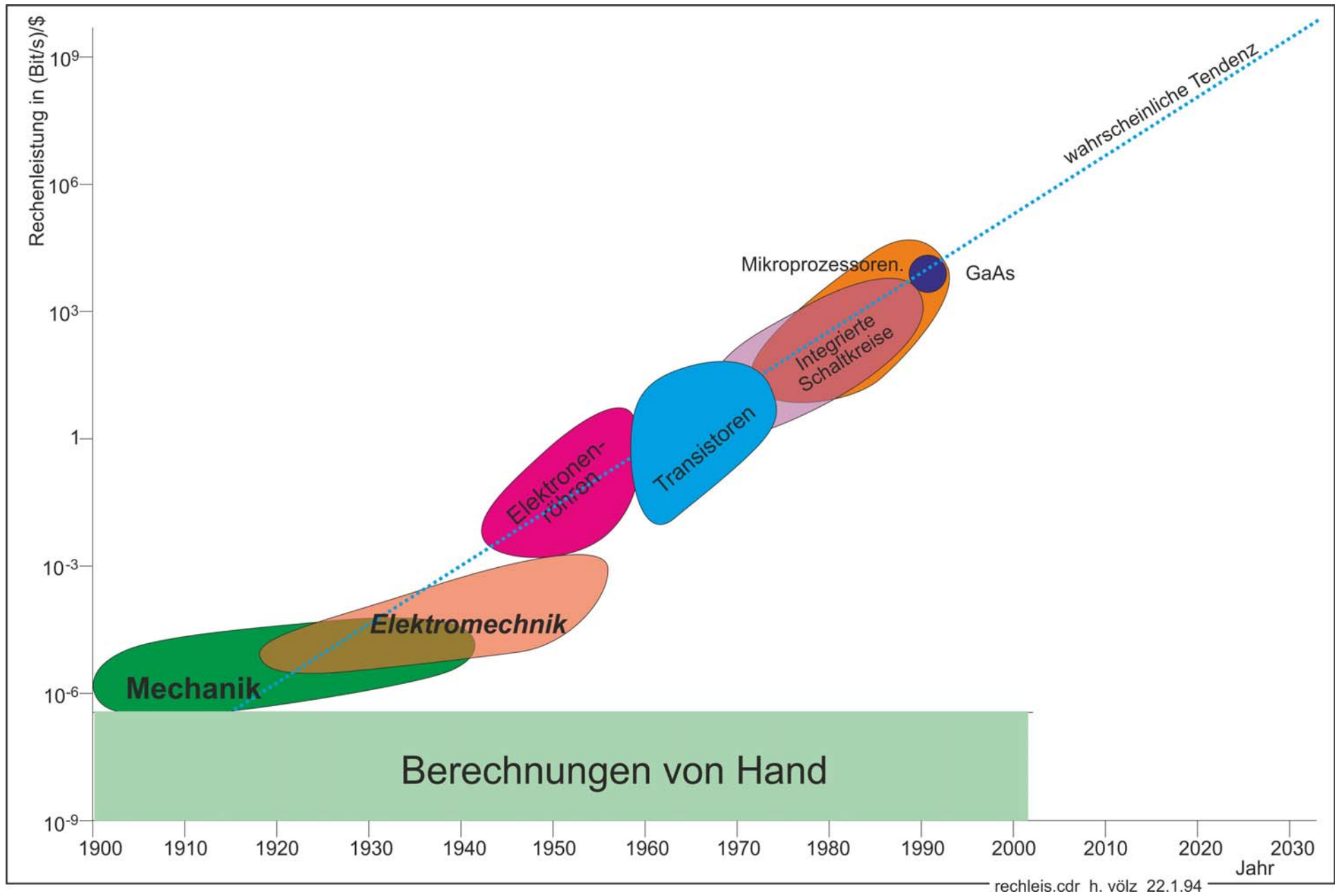
Hard_Software.cdr h. vözl 4.8.14

Entwicklung der Rechentechnik



Einen quantitativen Überblick für ausgewählte Rechner und Basisstrukturen geben die nächsten Bilder





Zeit-Komplexität

Für die viele Probleme gibt es **Parameter** n , welche die Laufzeit, notwendige Speicherkapazität usw. beeinflussen, z.B.:

- Die **Anzahl der Stellen** von Zahlen betrifft das z.B. bei einer Multiplikation oder dem Primzahltest.
- Die **Anzahl der Wörter** oder Begriffe ist es bei Such- oder Sortialgorithmen.
- Die **Anzahl der Befehle** des Programmes.

Bezüglich der Abarbeitungszeit t des Programms gilt

$$t = f(n).$$

Für kleine n kann der Zusammenhang unregelmäßig sein, für große $n \rightarrow \infty$ lässt er sich oft sogar theoretisch abschätzen.

Er ist dann meist durch eine Potenzreihe (Polynom) zu nähern

$$t = \sum_{i=0}^z a_i \cdot n^i$$

Für viele Aussagen genügt die **höchste** vorkommende **Potenz**. Sie gibt die **Zeitkomplexität** $\Omega(z)$ des Algorithmus an.

Für die meisten „durchführbaren“ Algorithmen (z.B. für arithmetische Funktionen) gilt $2 \leq z \leq 3$.

Ähnliche Aussagen gelten auch für die menschlichen Rechenbüros.

In größeren Rechenbüros können gleichzeitig mehrere Berechnungen für unterschiedliche Inhalte erfolgen

Für komplexere Aufgaben ist ohnehin eine tiefer gehende erforderlich.

Daher ließ sich in den Rechenbüros sich in ihnen die Geschwindigkeit nur recht wenig beschleunigen.

Unterteilung der arithmetischen Funktionen

Leider gibt es auch Algorithmen deren Komplexität viel schneller als mit n^z wächst, z. B. gemäß 2^n oder 3^n

Dann wächst ab einem n_g die Rechenzeit so radikal, dass für $n > n_g$ kein **Ergebnis** in einer sinnvollen Zeit erhalten wird.

Algorithmen bei denen die Rechenzeit „nur“ polynomial wächst heißen **P-Probleme**. Die entsprechenden Aufgaben sind **durchführbar, feasible**.

Bei **NP-Problemen** (nichtdeterministisch polynomial!) wächst die Rechenzeit mit $n^{ld(n)}$, 2^n , 3^n usw. an. Sie sind zwar (theoretisch) *berechenbar*, **computable**, aber ab einer bestimmter Parameterzahl nicht mehr durchführbar. Im Prinzip können sie mit nichtdeterministischen Automaten (Zufall; Quanten-Rechner?!) gelöst werden. Eine so gewonnene Lösung kann dann in deutlich kürzerer Zeit deterministisch überprüft werden. Ein typisches NP-Problem ist der **Handelsreisende**.



Problem Handelsreisender

Es gibt n Orte, die nacheinander besucht werden sollen. Zwischen n Orten sind $n \cdot (n-1)$ Wege möglich.

Es wird ohne Doppelung der kürzeste Weg für die Rundreise gesucht.

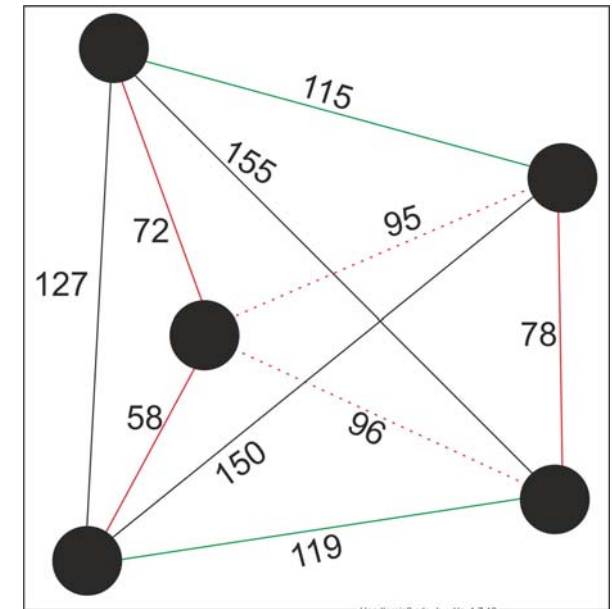
Nach dem 1. Ort sind noch $n-1$ Orte möglich, dann $n-2$, $n-3$ usw.; zum Schluss nur noch die Rückreise.

Auf diese Weise sind $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-1) = (n-1)!$ verschiedene Reisen möglich.

Da jede Reise auch in entgegengesetzter Richtung gleich lang ist, existieren nur $(n-1)!/2$ verschiedenen Rundreisen.

Für wenige Orte gilt die folgende Tabelle.

Orte	Wege-Anzahl	mögliche Rundreisen
3	3	1
4	6	3
5	10	12
6	15	60
7	21	360
8	28	2 520
9	36	20 169
10	45	181 440
11	55	1 814 400
12	61	19 958 400



Die Anzahl der möglichen Rundreisen nimmt mit n extrem stark zu, und ist bald nicht mehr berechenbar.

Selbst wenn man mit dem kürzesten Wege (rot) beginnt, entstehen Schwierigkeiten, die gerade noch zu lösen sind.

Beginn mit Länge 58 und 72, dann entfallen 95 und 96, es folgen 115 und 119 (150 und 155 wären länger) usw.

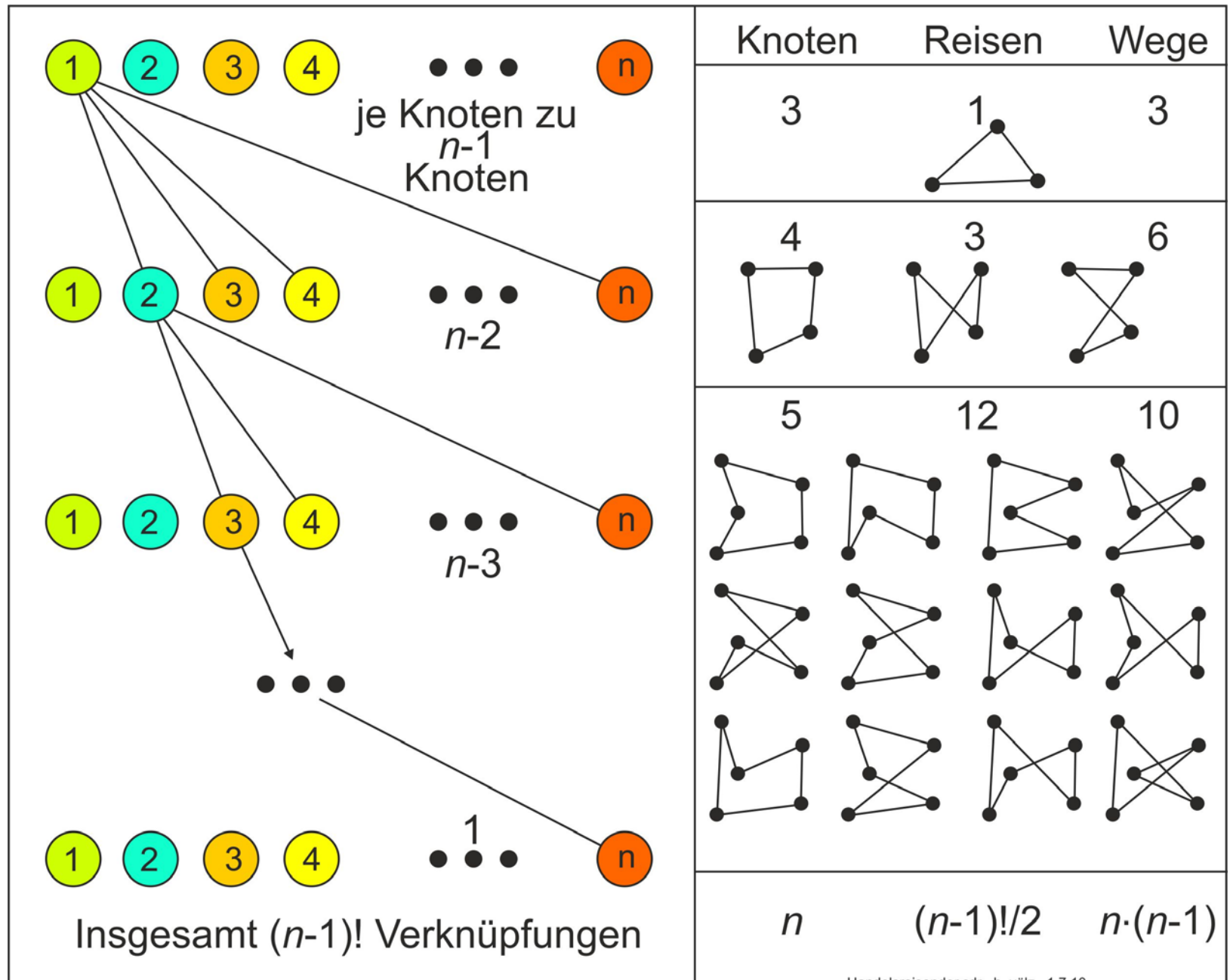
Berechnung: Handels- reisender

Links: Ableitung für
Wegeanzahl bei n Städten
= Knoten

$$W = \frac{(n-1)!}{2}$$

Das $\frac{1}{2}$ entsteht, weil jeder
Weg vor- und rückwärts
durchlaufen werden kann.

Rechts. Zusammen-
stellung der möglichen
Wege für 3, 4 und 5 Orte.



Handelsreisender.cdr h. völz 1.7.10

Tabelle für Rechenzeiten

Eine Rechenoperation soll in 1 μs ablaufen. Zwischen der Parameter-Anzahl und der Laufzeit folgt dann

$\Omega(n)$	10	20	50	100	200	500	1000
n	10 μs	20 μs	50 μs	0,1 ms	0,2 ms	0,5 ms	1 ms
$n \cdot \lg(n)$	30 μs	90 μs	280 μs	0,7 ms	1,5 ms	4,5 ms	10 ms
n^2	0,1 ms	0,4 ms	2,5 ms	10 ms	40 ms	0,25 s	1 s
n^3	1 ms	8 ms	0,12 s	1 s	8 s	2,1 min	17 min
n^5	0,1 s	3,2 s	5,2 min	2,8 h	3,7 d	1 a	32 a
$n^{\lg(n)}$	2 ms	0,42 s	1,1 h	225 a	$1,2 \cdot 10^4$ a	$5 \cdot 10^8$ a	
2^n	1 ms	0,42 s	36 h	$4 \cdot 10^{16}$ a			
3^n	60 ms	1 h	$2 \cdot 10^{10}$ a				
$n!$	3,6 s	$8 \cdot 10^4$ a	10^{51} a				

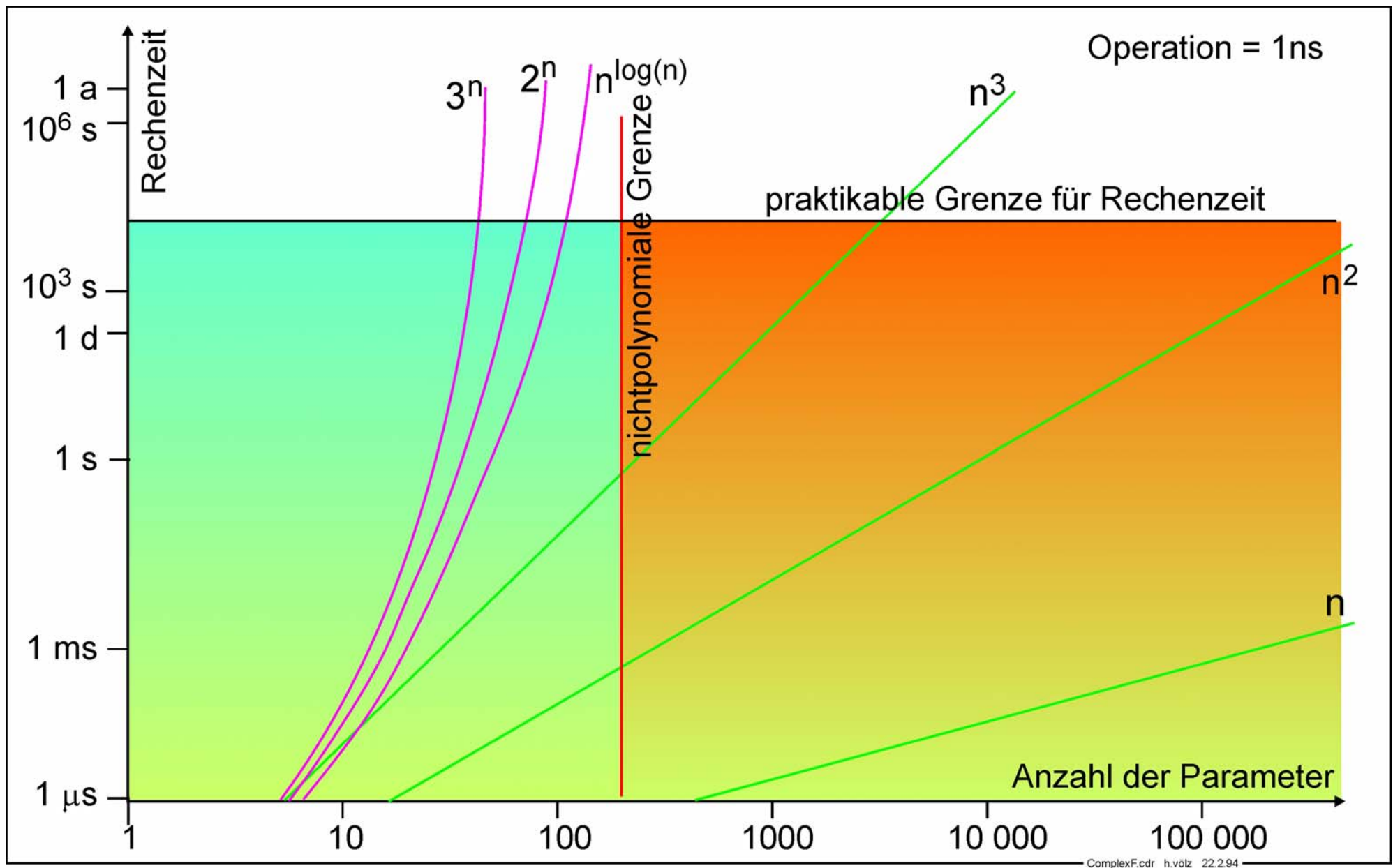
In den nicht ausgefüllten Feldern ist in einer sinnvollen Zeit kein Ergebnis zu erreichen:
Genau deshalb sind Probleme mit Zeitkomplexitäten von $n^{\lg(n)}$, 2^n , 3^n usw. sowie $n!$ NP-Probleme

Tabelle für die erreichbare Parameteranzahl

Sie gilt ebenfalls für $1\mu s$ je Rechenoperation

$\Omega(n)$	1s	2min	3h	12d	3a	300a
n	10^6	10^8	10^{10}	10^{12}	10^{14}	10^{16}
$n \cdot \lg(n)$	$6 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{14}$
n^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8
n^3	100	500	2000	10^4	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
n^5	15	40	100	250	600	1500
$n^{\lg(n)}$	22	35	50	80	110	156
2^n	19	30	35	40	45	52
3^n	12	16	20	25	29	33
$n!$	9	11	13	14	16	18

Das folgende Bild ist hiervon eine graphische Darstellung in Rechenzeit als Funktion der Parameter.



Zunahme der Rechengeschwindigkeit

Die Unterscheidung feasible und computable (P und NP) bleibt auch bei Erhöhung der Rechengeschwindigkeit erhalten. Das zeigt die folgende Tabelle für eine 10^3 -, 10^6 - und 10^9 -fache Steigerung.

Bei P-Problemen steigt die mögliche Problemgröße n_z immer ähnlich multiplikativ;

Bei NP-Problemen dagegen nur unwesentlich additiv.

Für sie bringt die **Erhöhung der Rechengeschwindigkeit** daher nur **relativ wenig Gewinn**.

$\Omega(n)$	10^3	10^6	10^9
n	$10^3 p$	$10^6 p$	$10^9 p$
$n \cdot \lg(n)$	$1000p$	$5,5 \cdot 10^5 p$	$3,7 \cdot 10^8 p$
n^2	$32p$	$1000p$	$32\,000p$
n^5	$4p$	$16p$	$63p$
$1,1^n$	$p+73$	$p+217$	$p+652$
2^n	$p+10$	$p+30$	$p+90$
5^n	$p+3$	$p+9$	$p+18$

$P \Leftrightarrow NP \Leftarrow NP\text{-vollständig}$

Neben P und NP gibt es noch die dritte Klasse **NP-vollständig**.

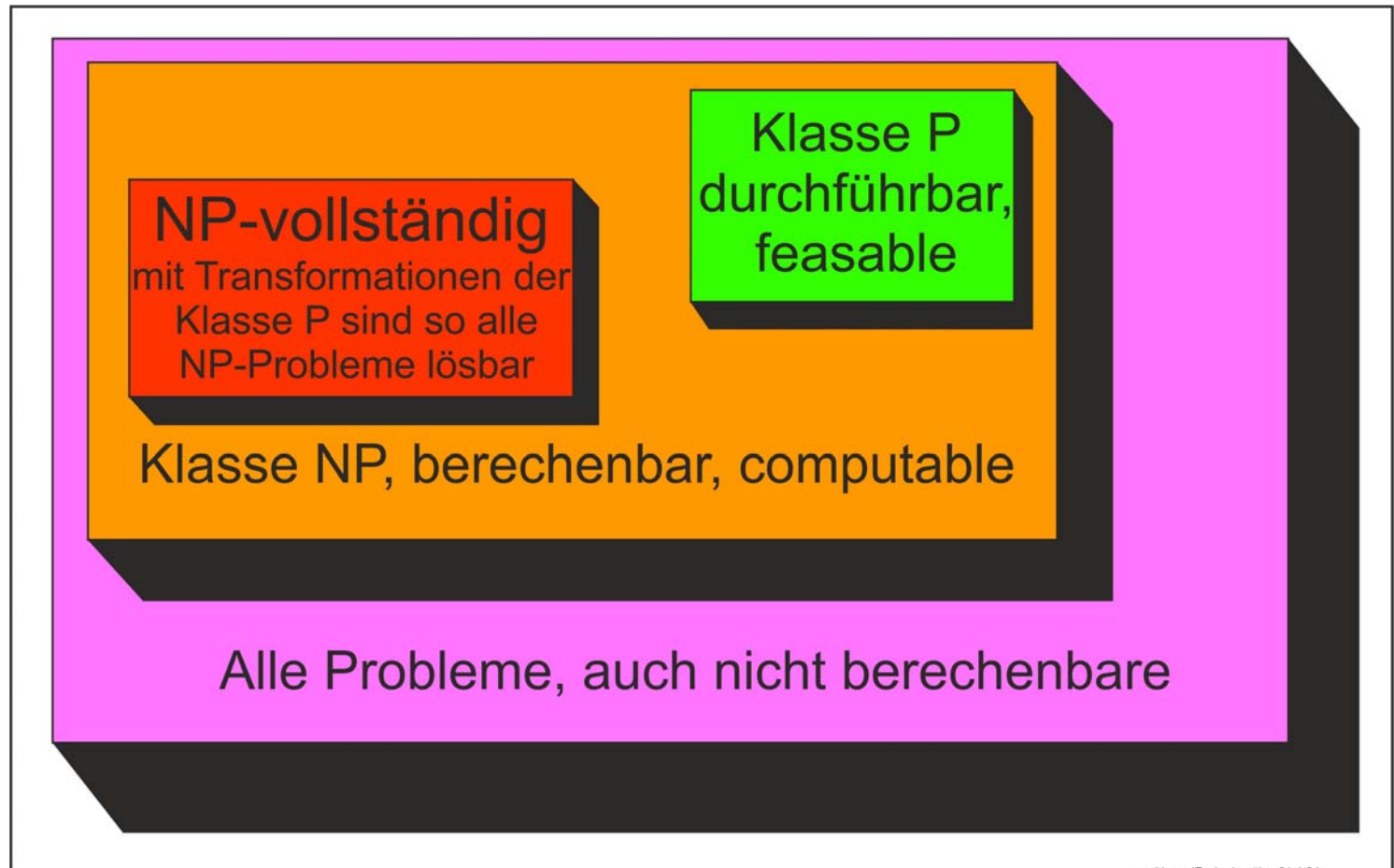
Sie ist eine Teilmenge von NP mit der folgenden Eigenschaft:

Liegt eine Lösung für sie vor, so kann sie mittels eines N-Programms auf alle NP-Probleme übertragen werden.

Die exakte Abgrenzung zwischen diesen drei Klassen ist immer noch offen.

Alle bisher gemachten Vorschläge, bestanden letztlich nicht eine genaue Überprüfung.

Mit 2. CANTOR'schen Diagonalverfahren kann bewiesen werden, dass auch überabzählbar viele **nicht berechenbare Funktionen** gibt. Daraus folgt, dass darunter auch viele sind, die bezüglich der Zeitkomplexität noch schwieriger als NP-Probleme sind.



zeitkomplF.cdr h. völz 21.1.94

Fraktale

Diesen Begriff führte um 1980 Benoit B. MANDELBROT (1924 - 2010) mit „**Die fraktale Geometrie der Natur**“ ein [8]
Heute werden hierunter viele rekursive Methoden zusammengefasst, die zu besonderen Bildern führen.

Inhaltlich waren die Fakten jedoch schon erheblich länger bekannt.

Um 1900 wurden entsprechende „seltsame“ mathematische Eigenschaften gefunden.

Wesentlich sind die Arbeiten von ARISTID LINDENMAYER (1925 – 1989) zu genetischen Algorithmen vom 1968.

Hiermit hat er sehr viele Pflanzen in hervorragenden Darstellungen generiert [9].

Eine besonders einfache Variante sind die **L-Systeme** mit einer „Schildkrötengrafik“ gemäß den 5 Operationen

F Cursor vorwärts, es wird eine Linie gegebener Länge gezeichnet

+ Richtung wird im Uhrzeigersinn um n Grad gedreht - Richtung gegen Uhrzeigersinn um n Grad gedreht

[	Speichert Ort und Winkel vom Cursor	]	Geht an gespeicherte Stelle und Richtung zurück
---	-------------------------------------	---	---

Die Definition einer **Pflanze** kann den lauten: Winkel = 30° , positiver Drehsinn, **Axiom** $F := F[+F]F[-F]F$

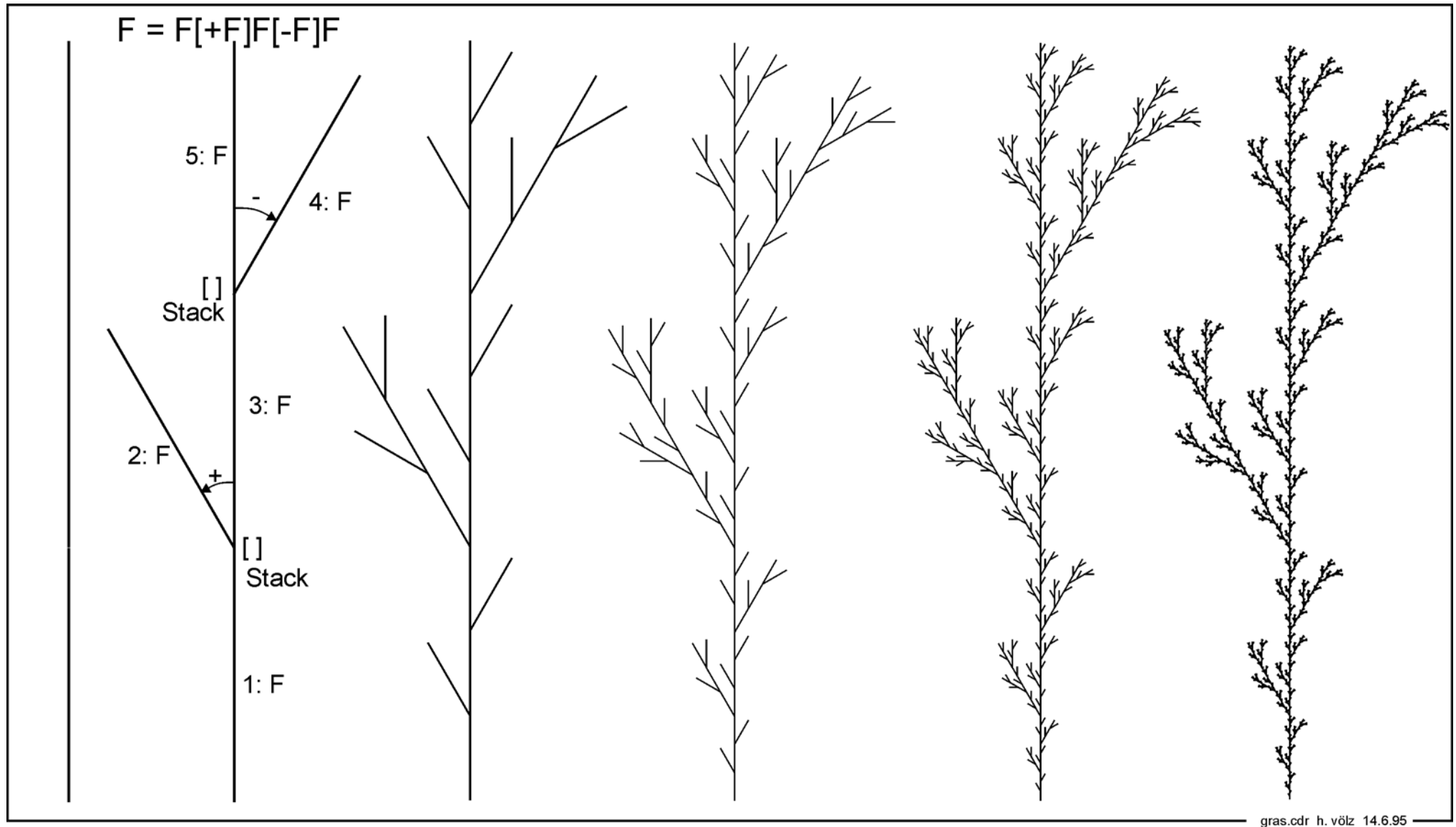
Für die ersten Schritte ergibt sich damit:

- [illegible]

Die ersten 5 Stufen zeigt das nächste Bild. Bereits ab der 4. Stufe ist die Ähnlichkeit mit einem Strauch sehr hoch.

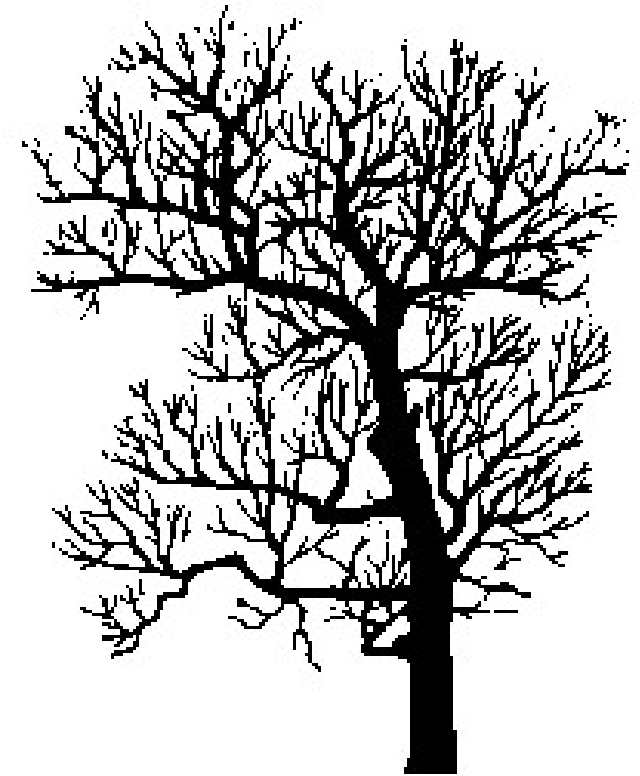
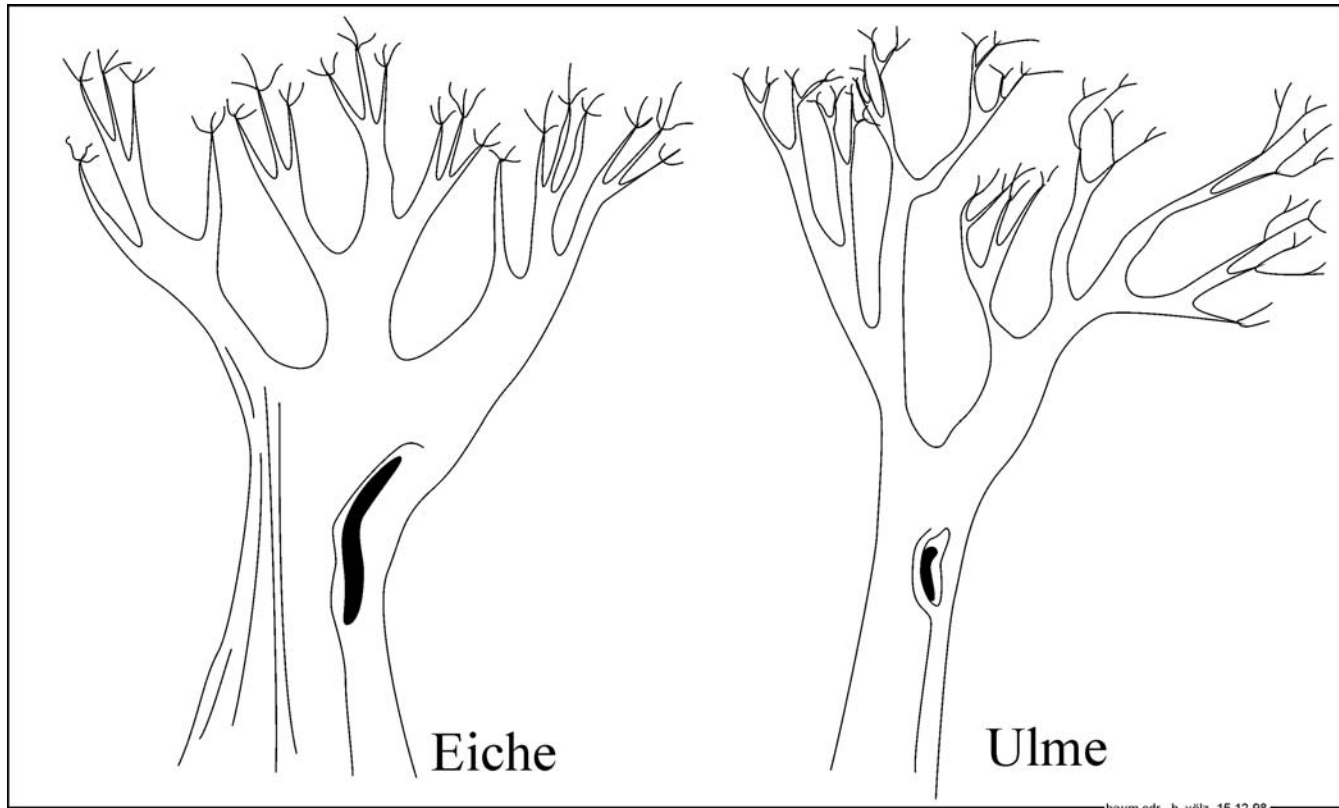
Aus den Arbeiten kann gefolgert werden, dass in der Natur viele genetische Algorithmen existieren.

In diesem Sinn können alle Fraktale (s.u.) als ***Simulationen der Natur*** betrachtet werden.



In Verallgemeinerung zeigt sich dies z. B. bei den Bäumen der nächsten Bilder.
 Sie sind im Winter bereits an der Verzweigungszahl und -Länge zu erkennen.

Mehrdeutigkeit von Zeichenketten, erzeugen gleiches Bild: $F = F[+F]F[-F]F = FF[+FF]FF[-FF] = F[+F][+F]F[-F]F$



Photographien von

1. Linde
2. Essigbaum
3. Kastanie
4. Eiche

Ein generiertes farbiges Beispiel aus [9] zeigt das folgende Bild.





Mathematische Vorgänger um 1900

D ist die
HAUSDORFF-
Dimension
s. u.

HELGE KOCH
(1870 – 1924)

KOCH-Kurve
= Schnee-
flocken-
Kurve:

unendlich
lang und
nirgends
differen-
zierbar

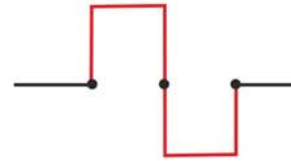
HILBERT-
Kurve
erreicht
jeden Punkt
in der
Fläche

Jede Linie ————— wird ersetzt durch



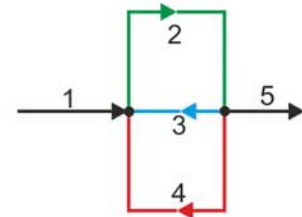
$$N = 4, r = 1/3$$

$$D = \log(4)/\log(3) = 1,26 \dots$$



$$N = 8, r = 1/4$$

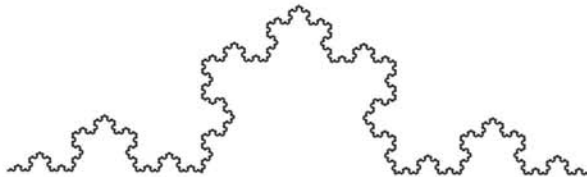
$$D = \log(8)/\log(4) = 1,5$$



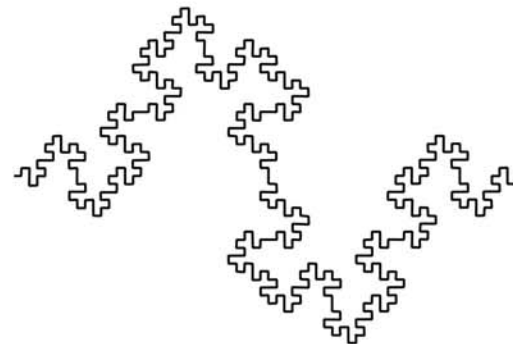
$$N = 9, r = 1/3$$

$$D = \log(9)/\log(3) = 2$$

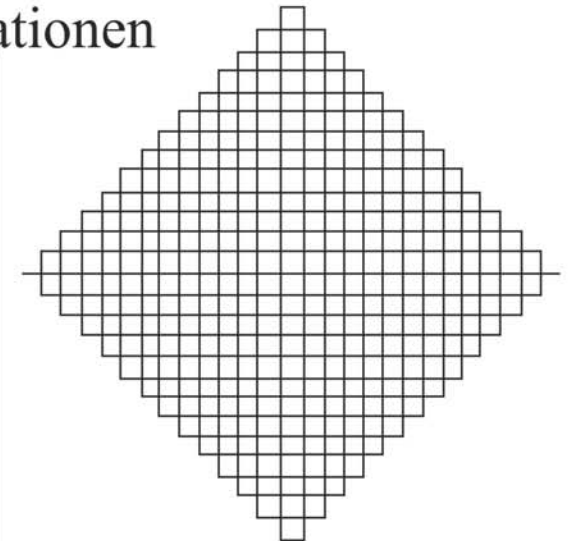
Ergebnisse nach mehreren Iterationen



Koch-Kurve



Drachen-Kurve



Hilbert-Fläche

ersatzG.cdr h. völz 120.5.2000

Länge von Grenzen

Sie betrifft Küsten, Grenzen zwischen Ländern, Randkurven von Blättern usw.

Hierbei ist die Länge nicht exakt messbar, Daher sogar offizielle Unterschiede.

Grenzen offiziell zwischen Spanien $\Leftrightarrow$ Portugal: 987 $\Leftrightarrow$ 1214 km

Dito Niederlande $\Leftrightarrow$ Belgien 380 $\Leftrightarrow$ 449 km.

Küste der USA: 1) Globus: 3 000 km, 2) Große Karte: 7 000 km,
3) Seekarte: 17 000 km, 4) zu Fuß ablaufen: 24 000 km (rechts).

Wurde systematisch von LEWIS RICHARDSON 1961 untersucht

Und führte zu HAUSDORFF-Dimension D

FELIX HAUSDORFF (1868 – 1942):

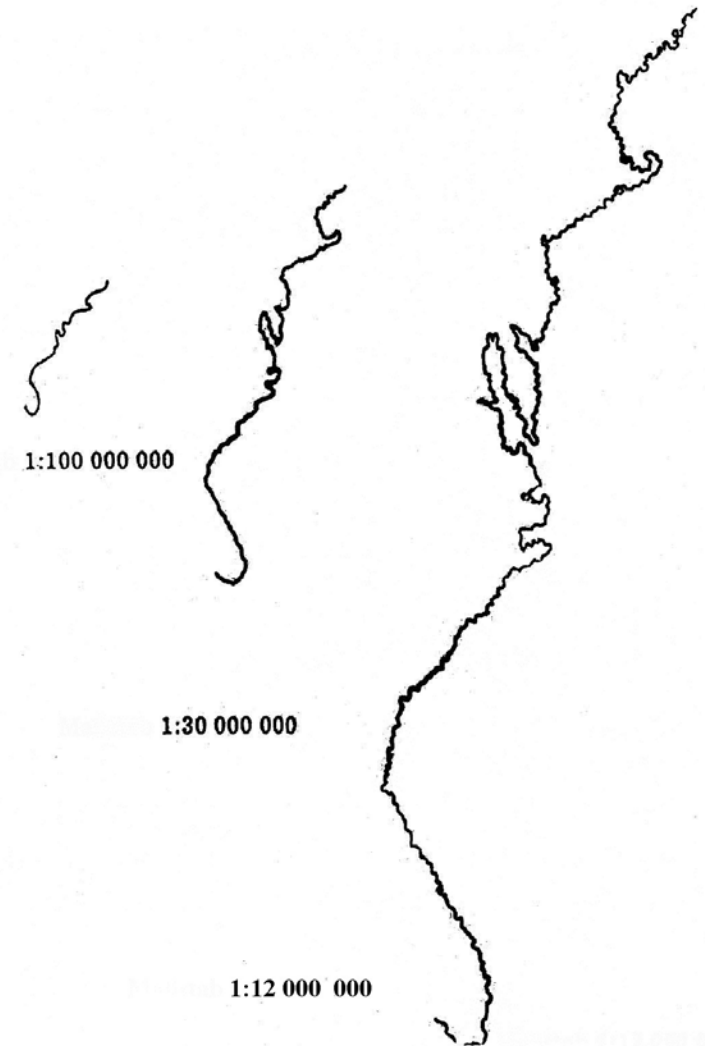
Für Funktion $N(R)$ und Radius R gilt $N(R) \sim 1/R^D$ bzw.

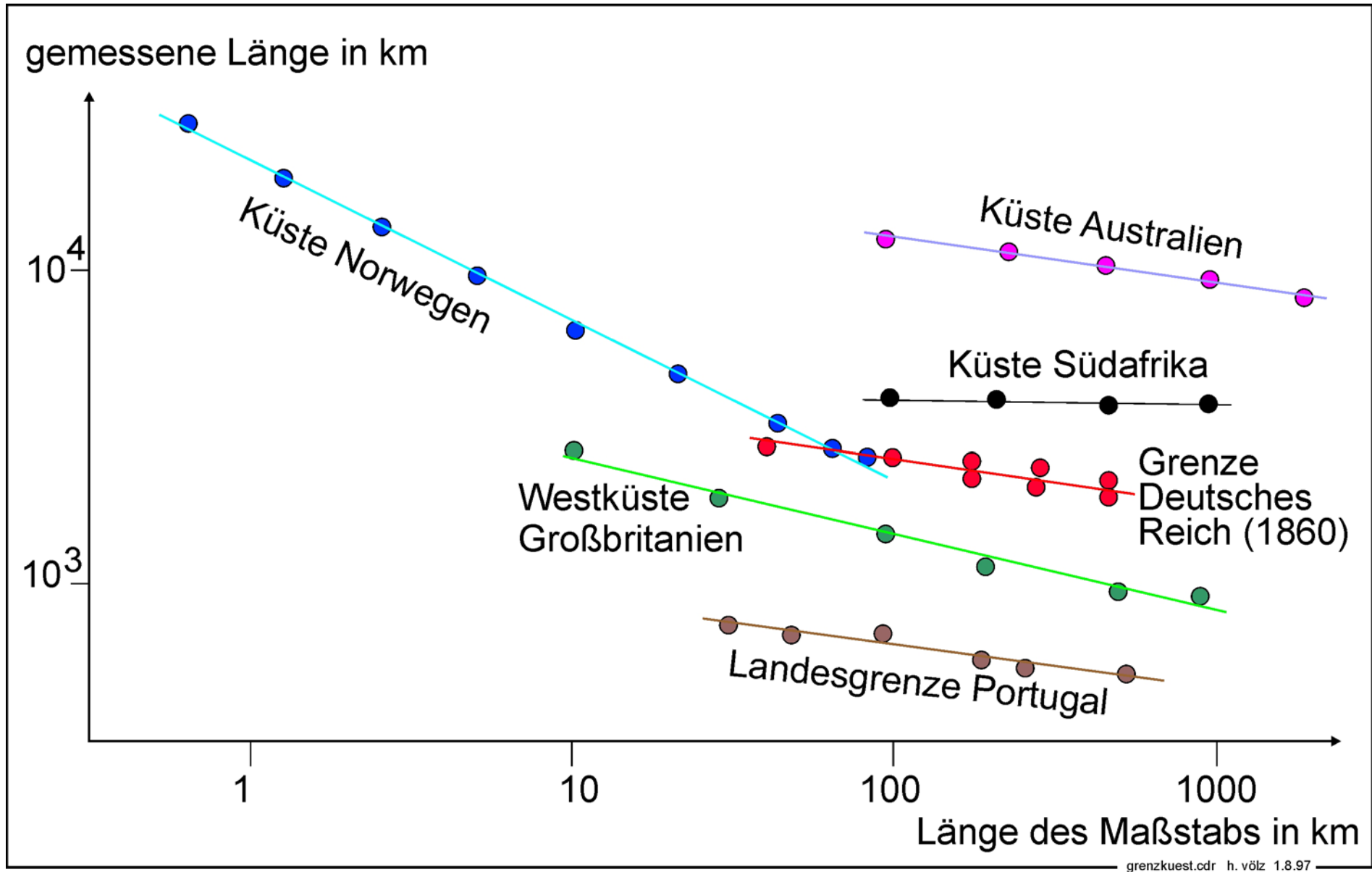
$$D = -\lim_{R \rightarrow 0} \frac{\log(N)}{\log(R)}$$

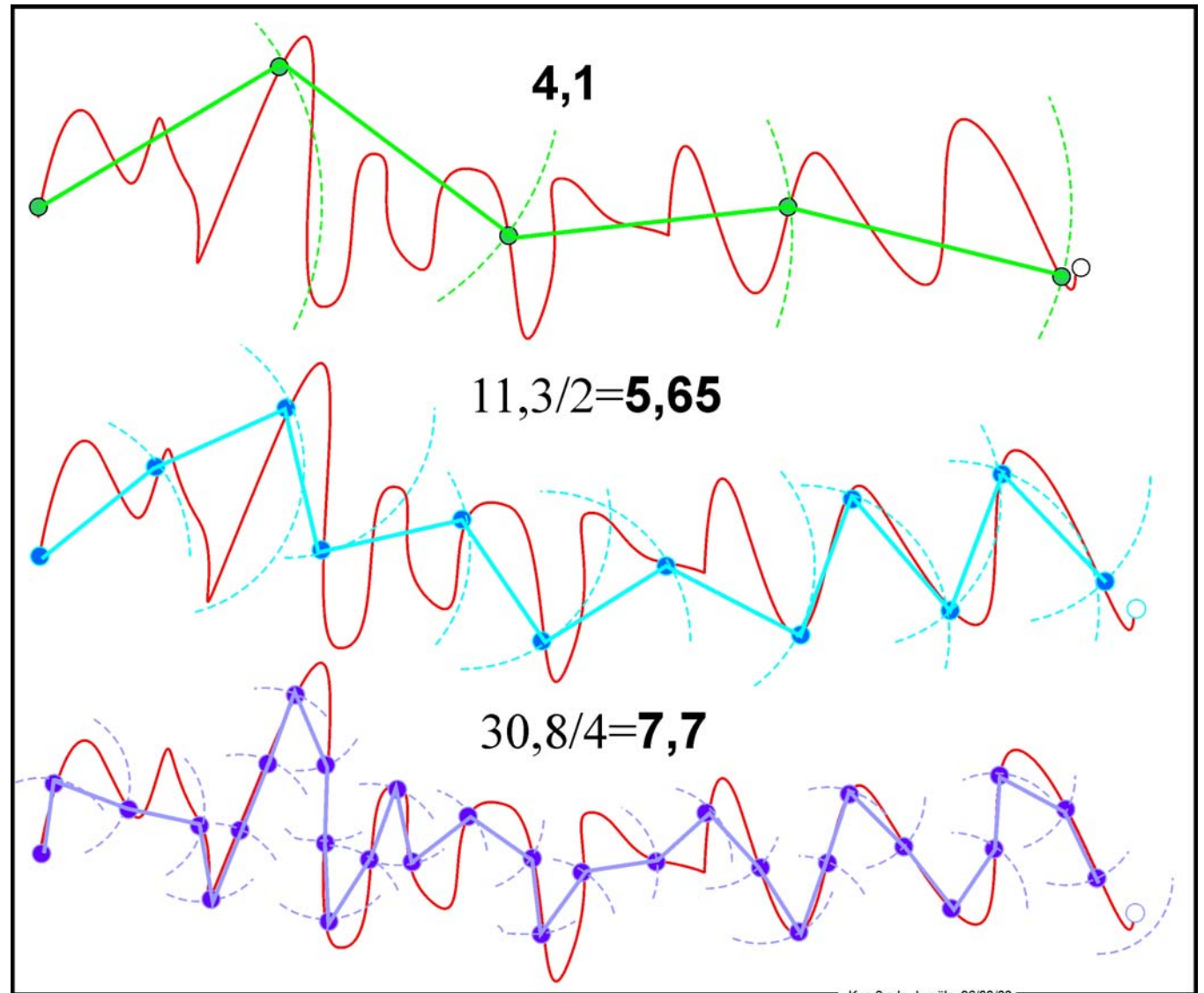
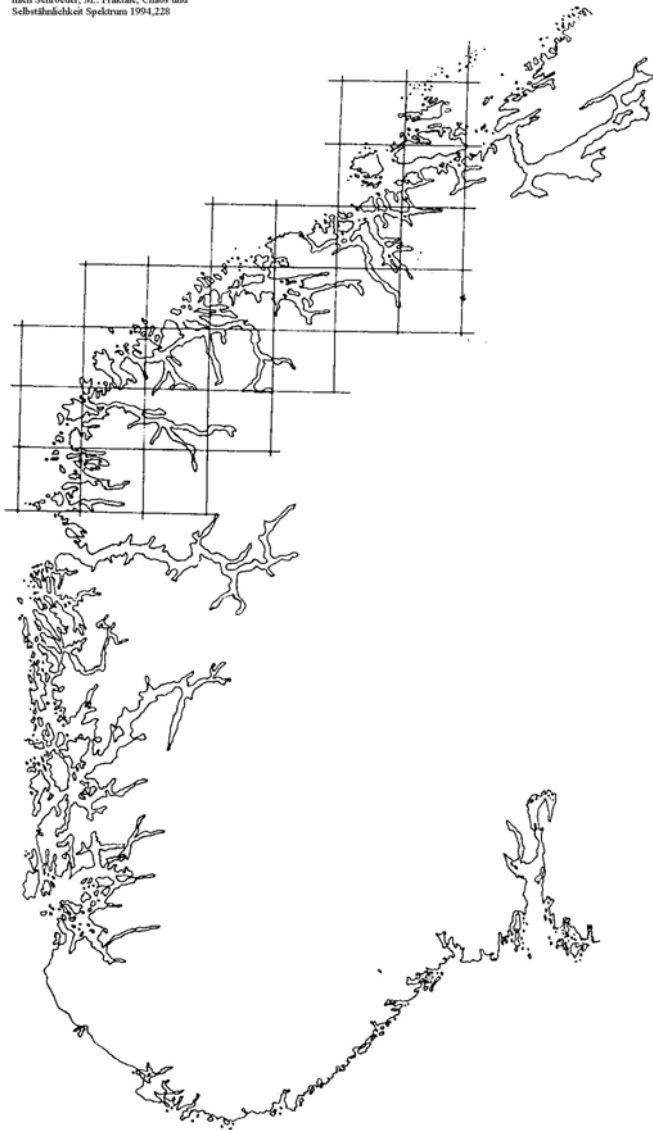
Speziell für Länge $L = L_0 \cdot R^{1-D}$, darin L_0 Bezugslänge (Strecke), R Messradius,

Wurde von MANDELBROT als fraktale Dimension benutzt.

$D = 1$ normale Linie, $D = 2$ Fläche usw., Zwischenwerte zulässig, treten u.a. bei Monsterkurven auf







Mitchell Jay Feigenbaum (1944)

Er benutzte die einfache Rekursion $a := a \cdot (a - 1) \cdot x$

Sie wird zuweilen auch VERHULST-Gleichung genannt.

Der Startwert ist ziemlich unkritisch, meist jedoch $a_0 = 0,5$; benutzt.

Der Verlauf der Rekursion wird durch die „Konstante“ x bestimmt. Dabei treten vier Möglichkeiten auf:

- a **konvergiert** gegen einen stabilen Wert.
- nach einem Einschwingvorgang **pendelt a periodisch** zwischen 2, 4, 8 usw. Werten.
- a verhält sich **weitgehend stochastisch**
- a **divergiert gegen unendlich**

Dies demonstriert das folgende Bild.

Viele Funktionen $a := f(a, x)$ führen zu ähnlichen Diagrammen

1978 findet Feigenbaum die (Natur-?) Konstante der Periodenverdopplung $F=4,6692016090\dots$

Indirekt wurde sie jedoch schon vorher von S. GROSSMANN (*1930) gefunden

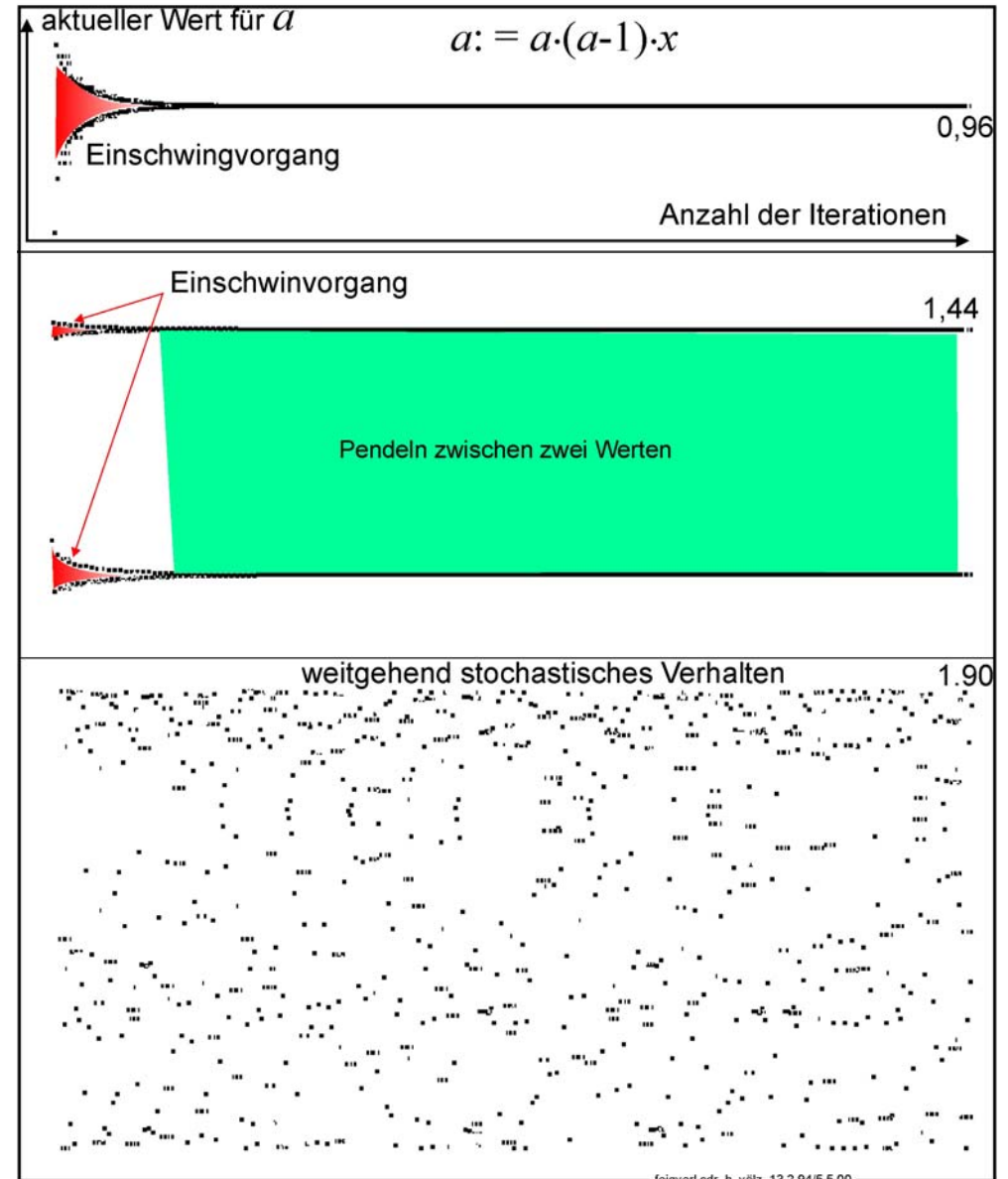
Nach einem Einschwingvorgang wird ein konstanter Wert angenommen, im Beispiel beträgt $x = 0,96$.

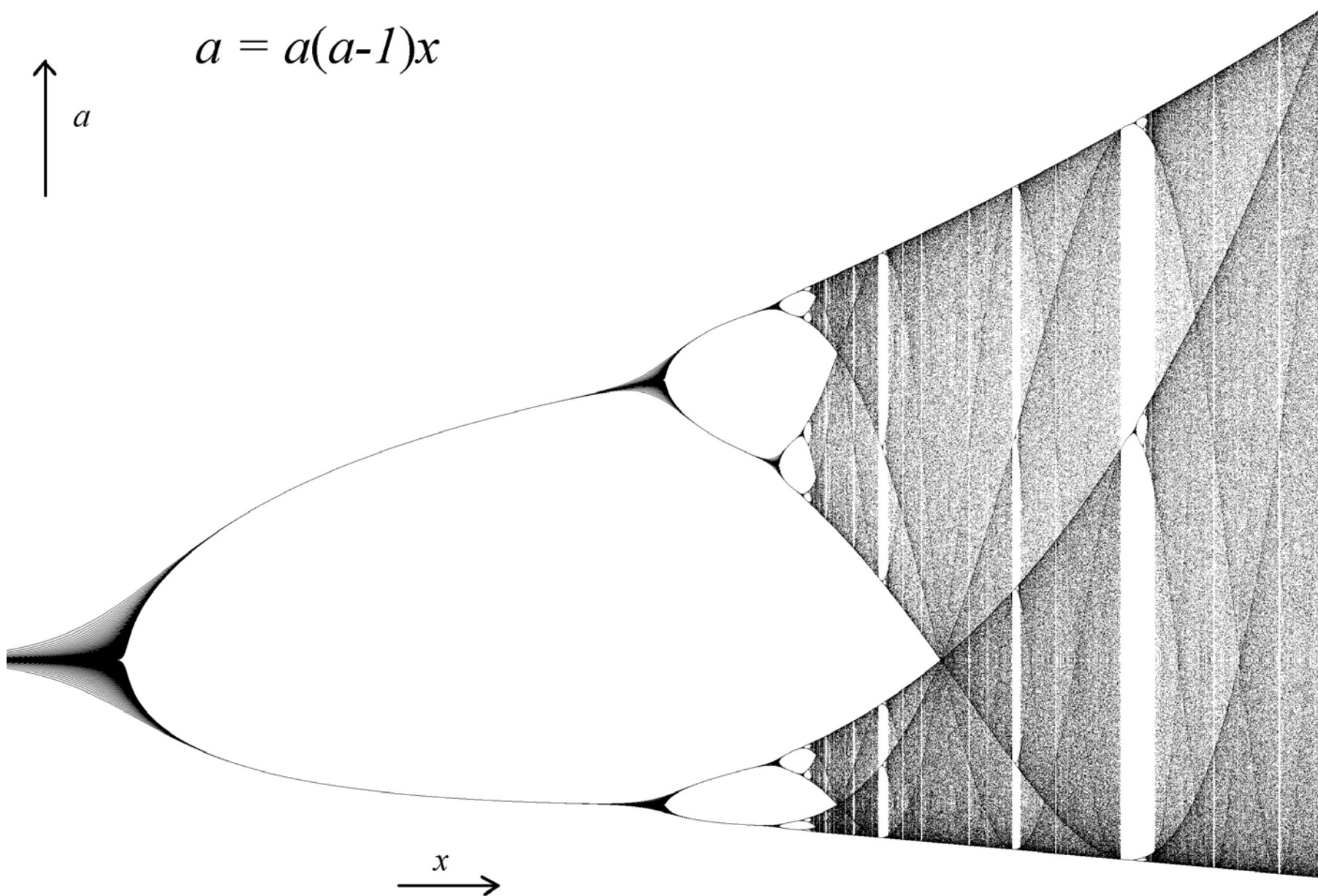
Bei $x = 1,44$ beginnt a mit 4 Einschwingwerten und pendelt dann schließlich periodisch zwischen zwei Werten

Bei $x = 1,90$ tritt nahezu stochastisches Verhalten für a auf.

Den Verlauf der a -Werte in Abhängigkeit von x nach dem Einschwingvorgang zeigt das **nächste Bild**. In ihm ist die häufige Wiederkehr der ersten 3 Verhaltensvarianten deutlich zu erkennen. Das bewirkt eine hohe „**Selbstähnlichkeit**“ des Bildes.

Verhulst-Gleichung mit 460 Zyklen an unterschiedlichen Stellen





Das Apfel-Männchen

Die Funktionen-Theorie untersucht Zusammenhänge bei komplexen Funktionen $\psi = f(\xi)$.

Anschaulicher sind die äquivalenten Betrachtungen in der xy -Ebene gemäß ξ bzw. $\psi = x+i \cdot y$. (mit $i^2 = -1$).

Früher ließ sich nur abschätzen, innerhalb von welchem Radius die jeweilige Funktion konvergiert.

1980 wandte MANDELBROT für die Konvergenz erstmalig die leistungsfähige Rechentechnik mit Grafikausgabe an.

Er begann mit der recht einfachen quadratische Gleichung $\xi := \xi^2 + \chi$

In reeller Schreibweise lautet dafür die Iteration $x := x^2 - y^2 - c$ und $y := 2 \cdot x \cdot y - d$.

Dabei sind c und d Konstanten für die Bildkoordinaten.

Zum eigenen Erstaunen erhielt er hierbei das Bild des nebenstehenden „**Apfelmännchen**“.

Zunächst vermutete er sogar einen Programmierfehler

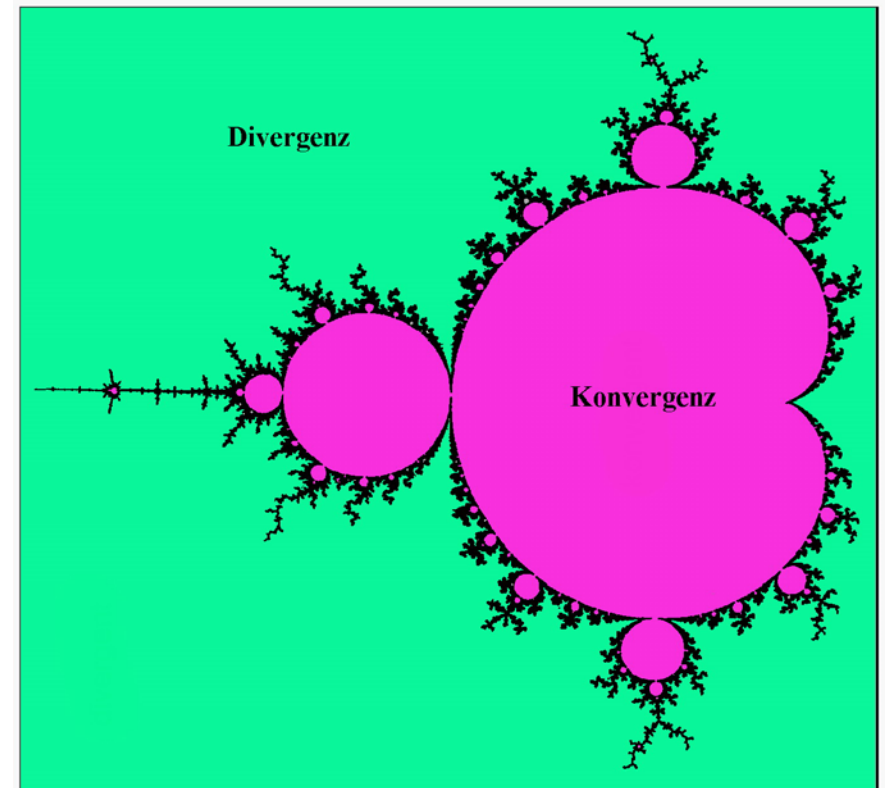
Die Randkurve zwischen Konvergenz und Divergenz ist nämlich sehr **stark „verkrumpelt“** und daher theoretisch **unendlich lang**.

Zusätzlich tritt eine hohe **Selbstähnlichkeit** auf.

Dieses Bild erweckte umgehend das Interesse der Freaks mit den gerade aufkommenden Heimcomputern.

Zusätzlich wurden bald farbige Unterteilungen vorgenommen.

Sie zeigten an, nach wie vielen Zyklen die Divergenz gesichert ist.

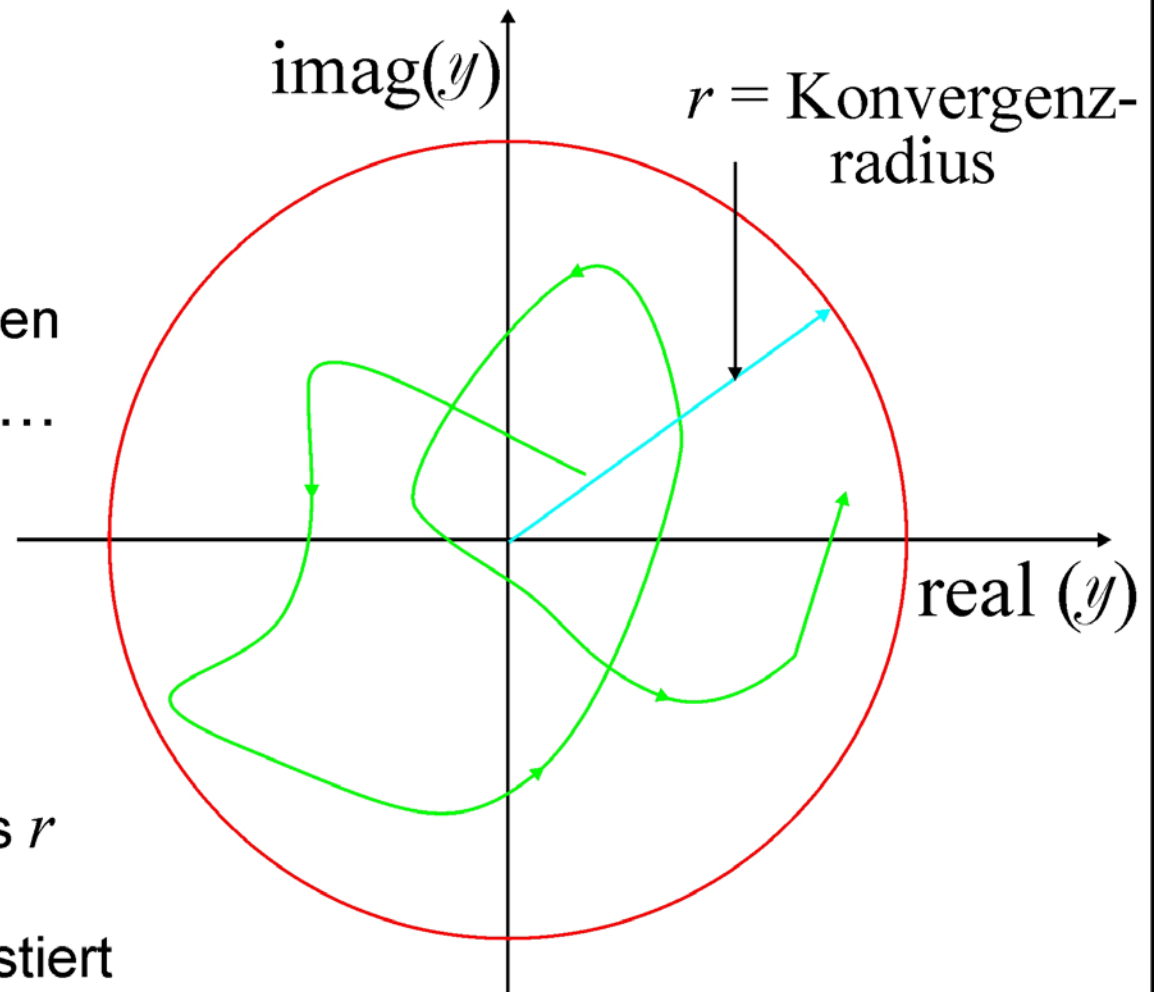


Konvergenzradius bei komplexen Funktionen

Komplexe Größen
 $z = a + b \cdot i; \quad i = \sqrt{-1}$

Konvergenz komplexer Reihen
 $y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \dots$

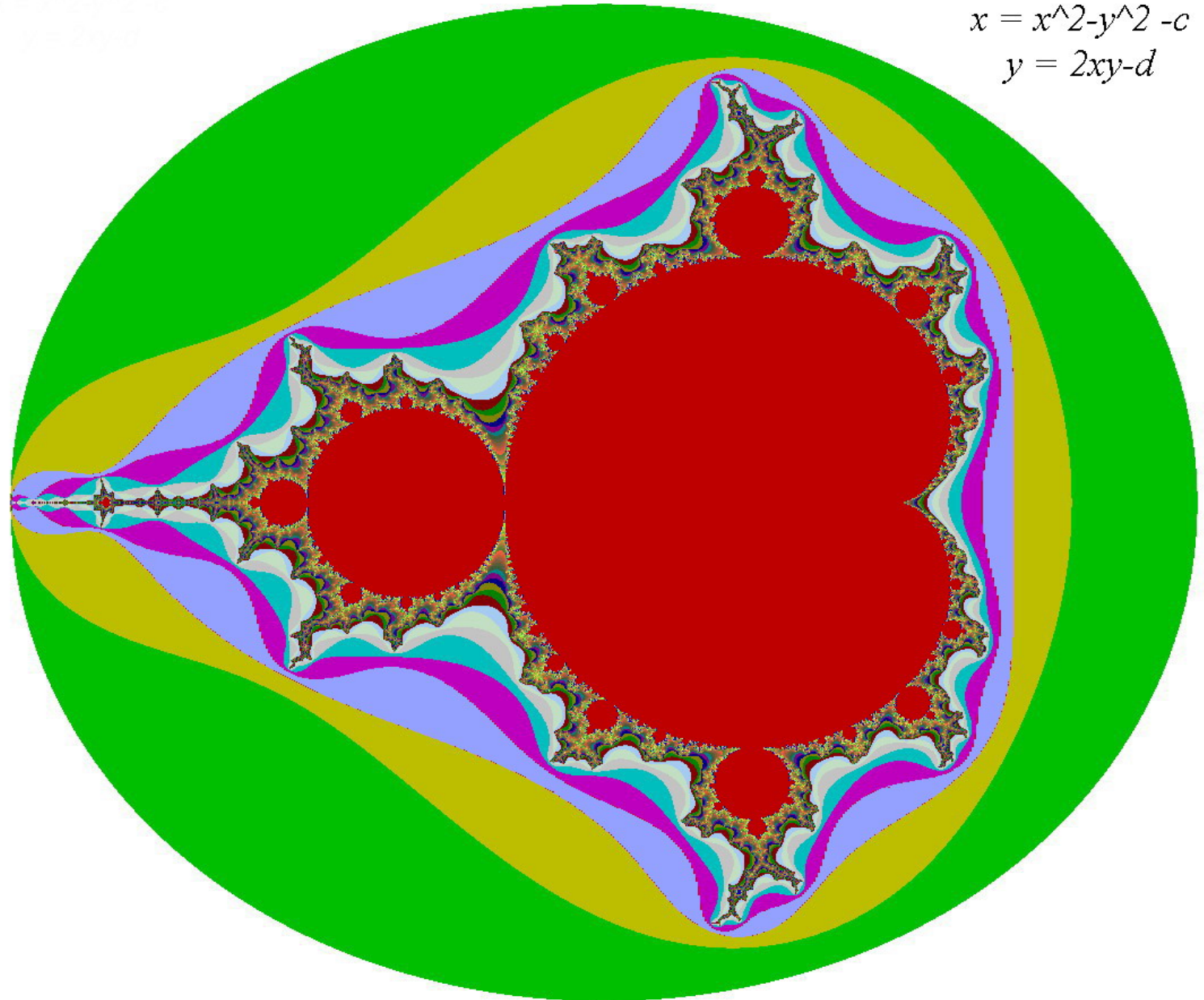
Nur berechenbar der Radius r
innerhalb dessen
mit Sicherheit Konvergenz existiert



Das Apfelmännchen mit unterschiedlichen Farben je nach der Anzahl der Rekursion, die für eine gesicherte Divergenz erforderlich sind:

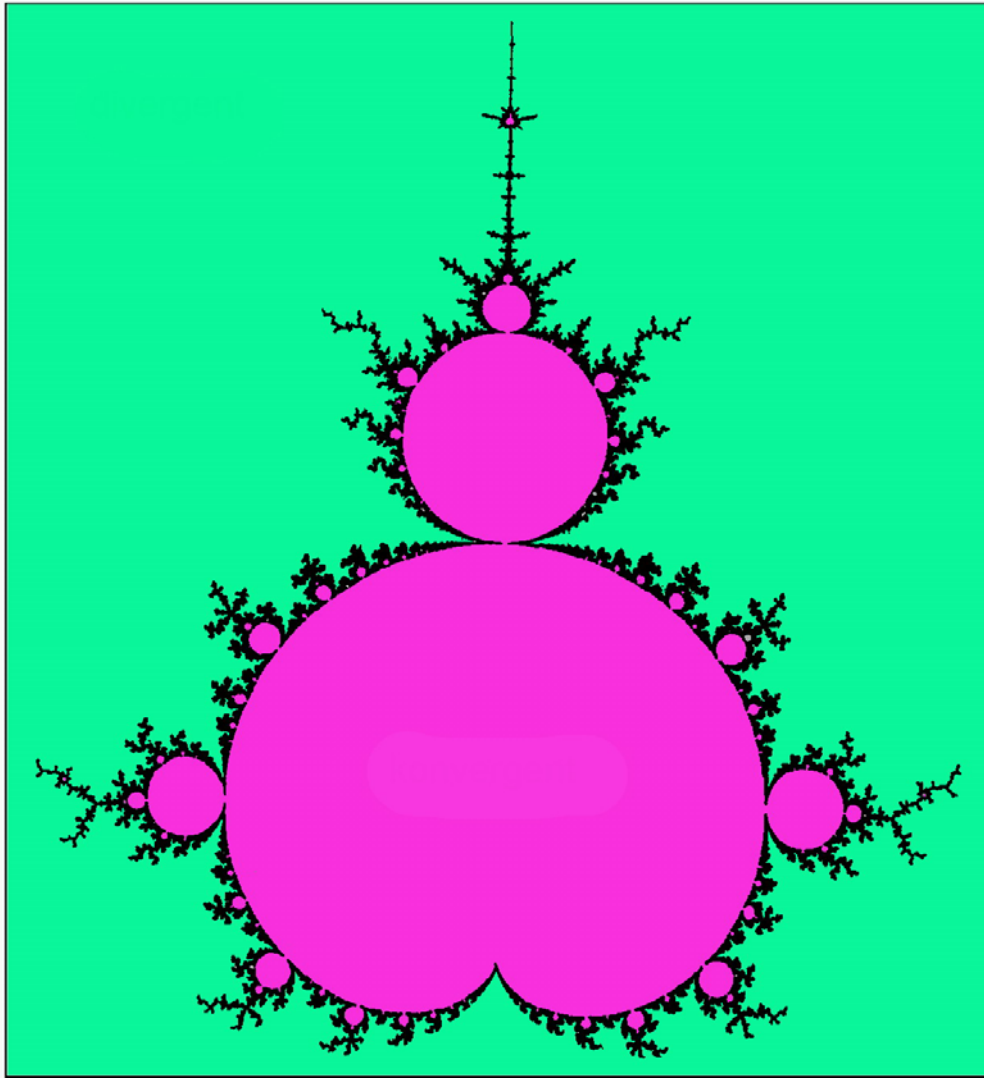
Außen grün nur eine
dann gelb 2,
lila 3 usw.
Das innere Rot zeigt an, dass
hier immer Konvergenz
erfolgt.

Der Name Apfelmännchen
dürfte von den Freaks im
Vergleich zum sächsischen
Flaumenmännle eingeführt
worden sein.



$$x = x^2 - y^2 - c$$

$$y = 2xy - d$$



Vergleich

Apfelmännchen

und

Flaumenmännle

Bei hoher Auflösung

Die Verkrümpelung der Randkurve wird bei **Ausschnittsvergrößerungen** immer komplexer.

Ein typisches Beispiel ist das **Tal der Seepferdchen** (rechts)

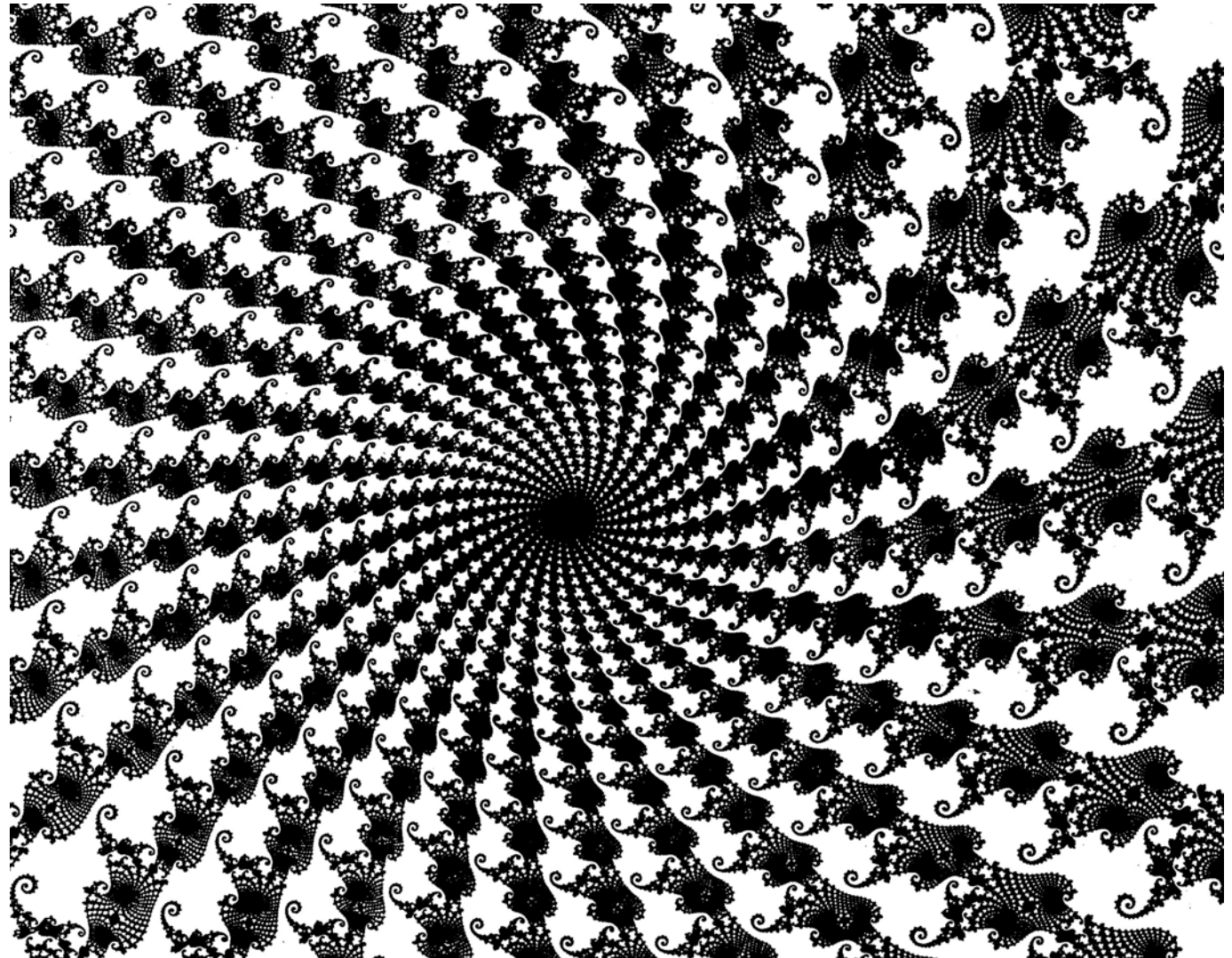
Es befindet sich zwischen dem „Einschnitt“ von Hauptgebieten.

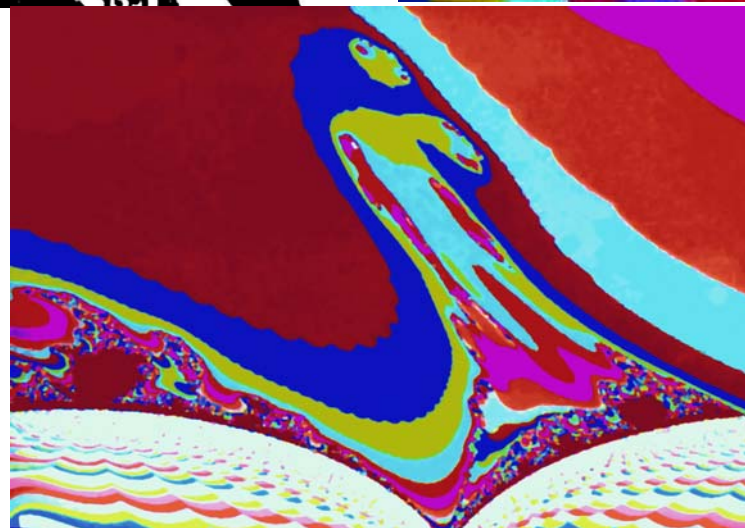
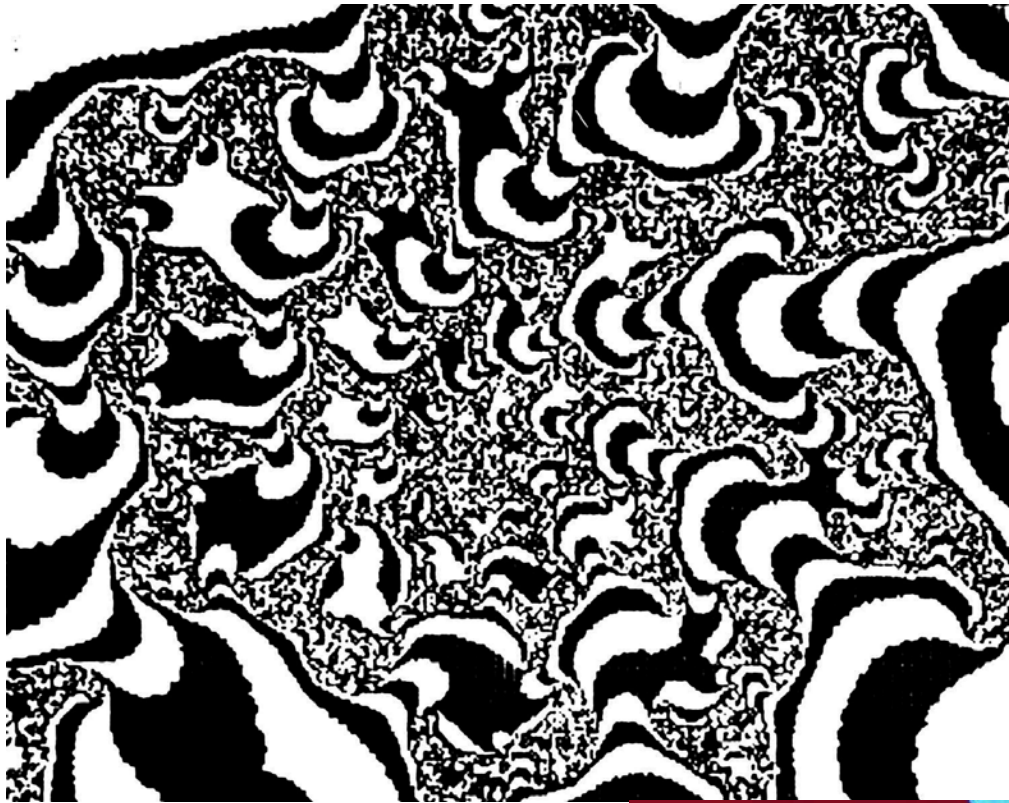
Gerade solche besonderen Gebiete suchten die Freaks mit hoher Akribie.

So entstanden viele interessante, oft **ästhetisch anmutende Bilder**.

Zuweilen ergaben sich sogar Bilder mit Ähnlichkeiten mit scheinbar **falschen räumlichen Ansichten**. (gemäß ESCHER)

Mit **anderen Funktionen** wurden sogar Bilder mit scheinbar realem Inhalt gefunden, s. unten „Babuschka“





Grafische Drehmultiplikation

Sie wurde wahrscheinlich 1992 PEITGEN eingeführt

Ein Ausgangsbild wird verkleinert und teilweise gedreht an mehreren Orten abgelegt und erzeugt so ein neues Bild

Die Wiederholung dieses Prinzips führt zu einem völlig anderen Bild.

Dabei ist die Wahl des Ausgangsbildes ohne jeglichen Einfluss auf das entstehende Bild.

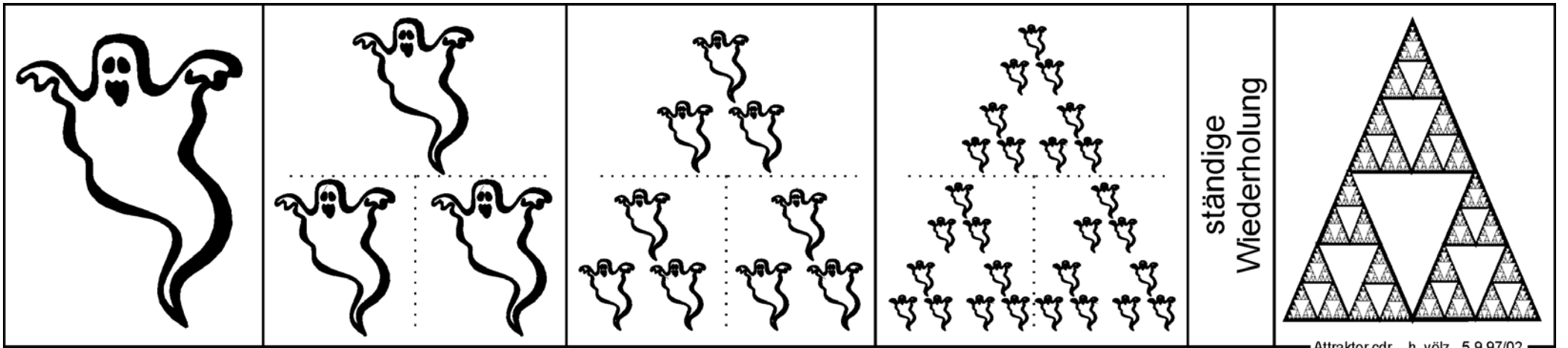
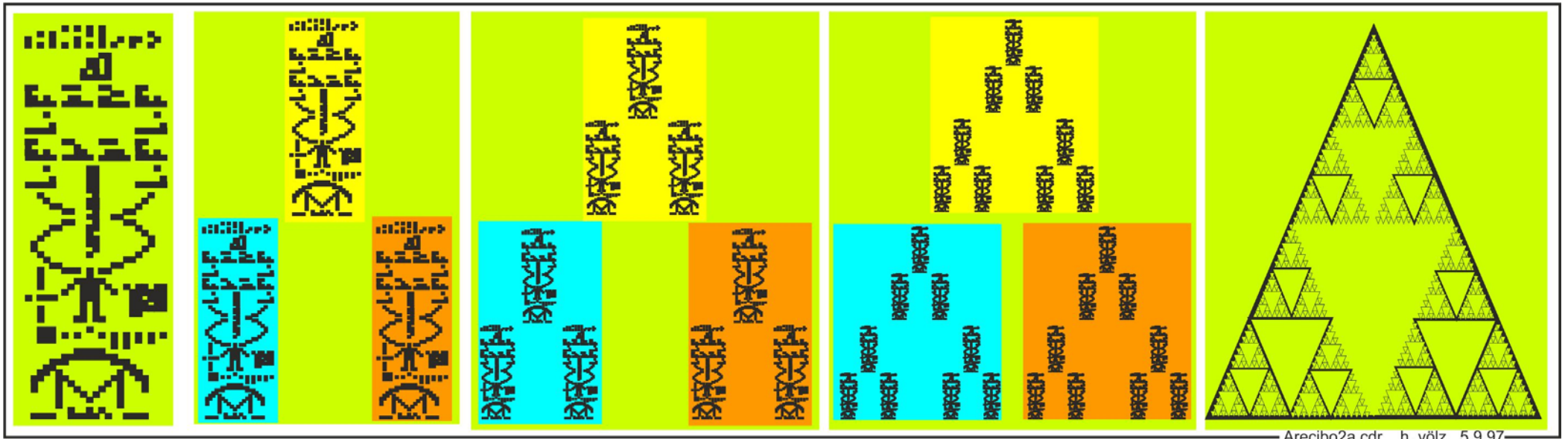
Der *Algorithmus* allein **bestimmt das Endbild**.

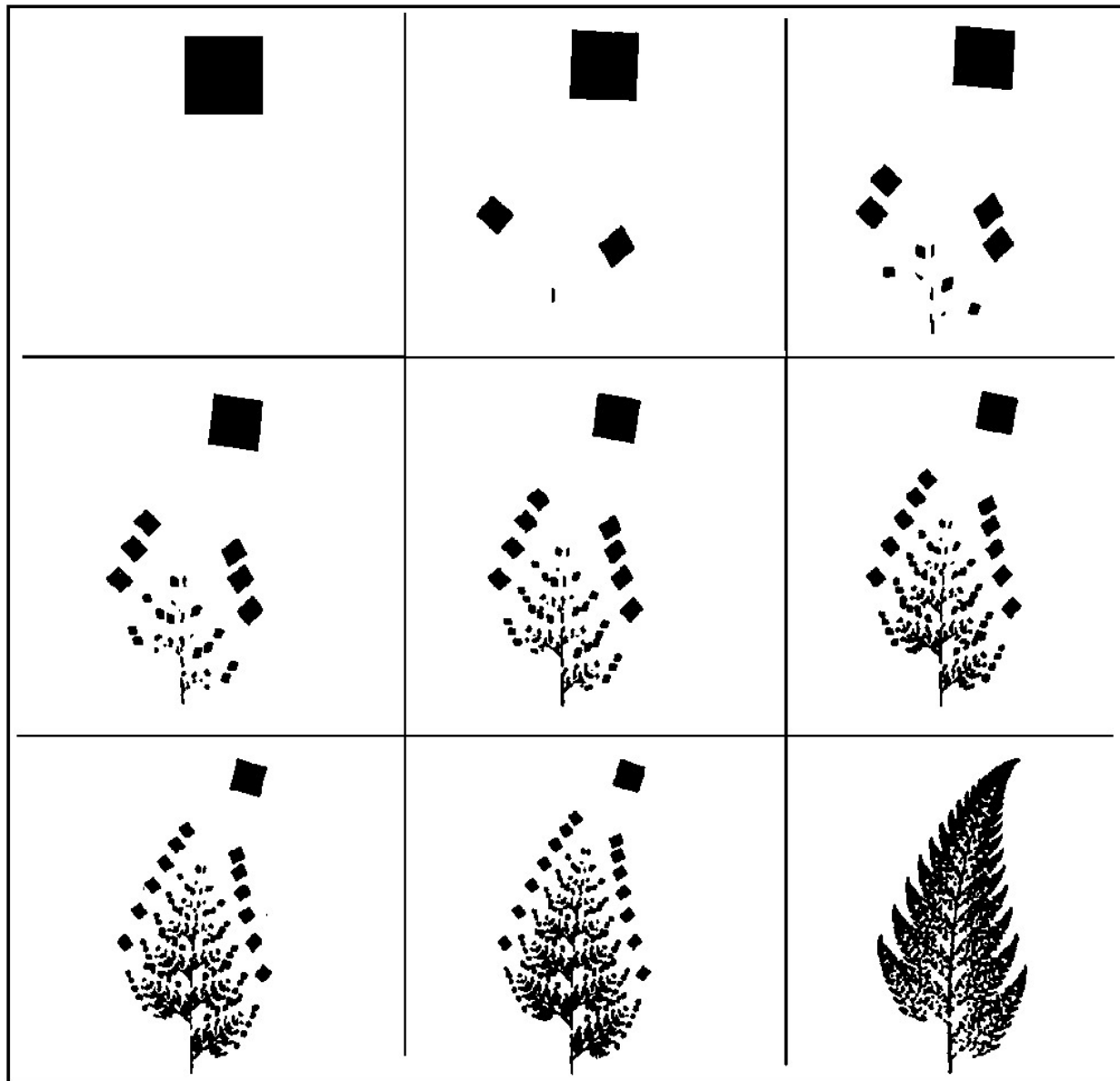
In 2 semestrigen Versuchen an der TU ist es niemand von uns gelungen, das entstehende Bild voraus zu ahnen.

Rekursives Denken ist uns offensichtlich kaum möglich.

Das gilt sogar, obwohl Teile unseres Erkennens im Gehirn wahrscheinlich so ablaufen.

Ein Gesicht erkennen wir unabhängig von Größe und Lage. Karikaturen erkennen wir schneller als Fotos.





BARNSLEY-Hüpfen

statistische Codierung mit wechselnder, wiederholter Anwendung

$$x := A_n \cdot x + B_n \cdot y + C_n$$

$$y := D_n \cdot x + E_n \cdot y + F_n$$

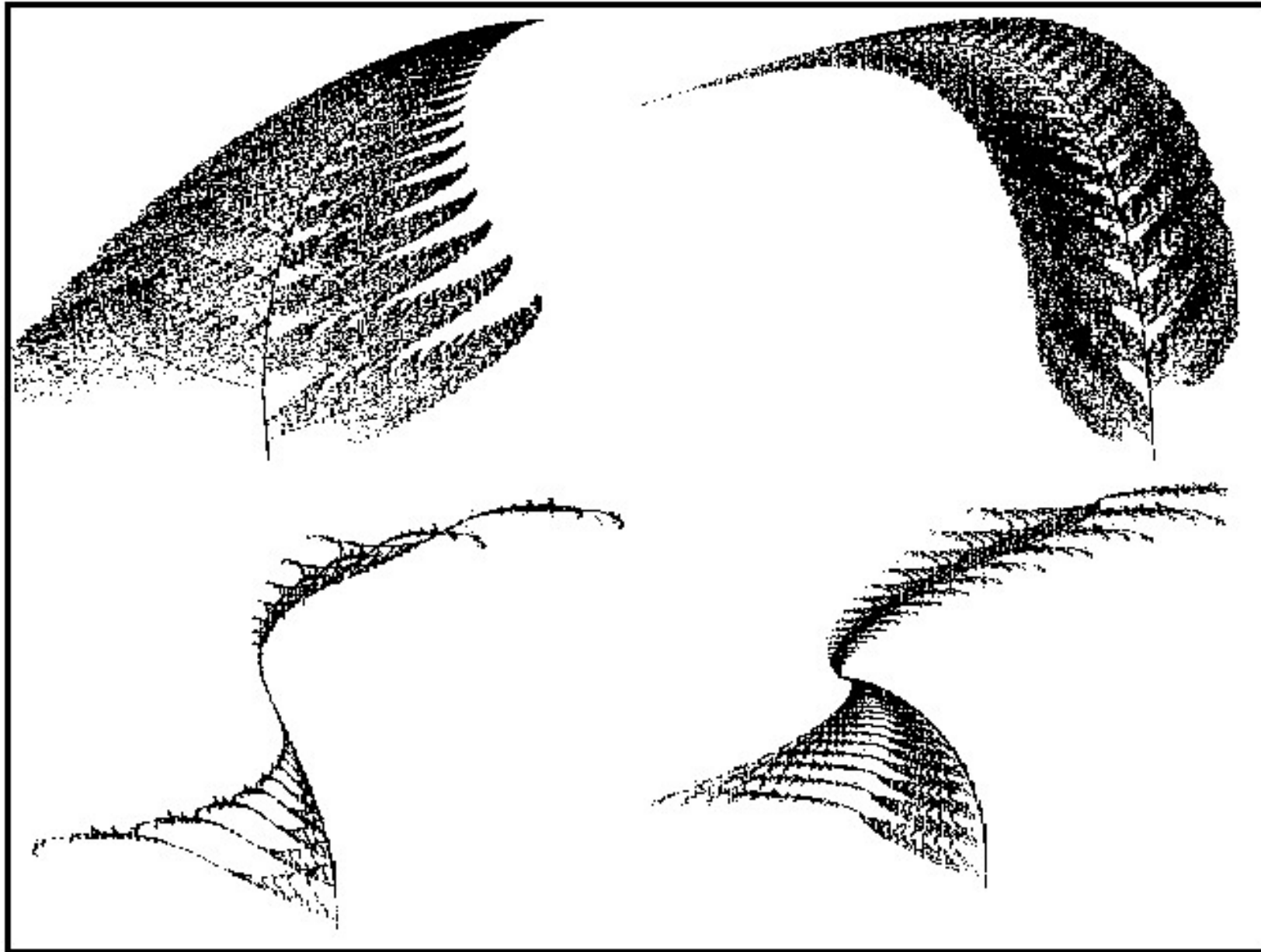
Daten für Farn

Gleichung	A	B	C	D	E	F
1.	0	0	0	0	0	0
2.	0,2	-0,26	0,23	0,22	0	1,6
3.	-0,15	0,28	0,26	0,24	0	0,44
4.	0,85	0,04	-0,04	0,85	0	1,6

Koeffizienten sind empfindlich bezüglich des entstehenden Bildes: s.u.

Farn₂ A₄ = 0.99; Farn₃ A₂ = 0,7, Farn₄: F₂ = 16, Farn₅: F₂ = 16; A₄ = 0,65





Die fraktalen Methoden

1. **Monsterkurven**, Mathematik: KOCH-Kurve, SIERPINSKI-Dreieck usw. WACŁAW FRANCISZEK SIERPIŃSKI (1882 - 1969)
3 Stufen: 1. Ausgangslinie (-kurve) 2. Generator-Kurve (Ersetzungsregel) 3. Ergebnis nach unendlicher Rekursion
s. u. natürlichen **Grenzen**, bei Küsten, Rand von Blätter usw.
2. **Formale Sprachen**, z. B LINDENMAYER-Systeme, generiert vor allem Pflanzen
3. **Iterationen:** FEIGENBAUM: $x := f(x, a)$, Konvergenz, Pendeln, Stochastik, Divergenz
MANDELBROT: $x = f(x, y, c)$ und $y = g(x, y, d)$;
GASTON MAURICE JULIA (1893 -1978): Menge der Punkte, die sich auf sich selbst abbildet
4. **Drehmultiplikation**
Geometrische Muster auf sich selbst abbildend, drehen + Maßstab (Startbild unwesentlich)
5. **Zufallsprinzipien** Hüpfer, Generator mit Gleichungssystem und Zufall nach BARNSLEY
6. **Verwandte:** **Wirbeltheorie** von PRANDTL. Umschlag laminarer $\leftrightarrow$ turbulente Strömung, REINOLD-Zahl
Chaos-Theorie meist (nichtlineare) Differentialgleichungen, plötzliche, meist irreversible Umschläge
Zellulare Automaten: Gesetze und Nachbarschaftsbeziehungen, Spiele z.B. Life
Evolution, z. B.: EIGEN
Kybernetik: Multistabilität, Rückkopplung
Hysteresis mit Gedächtnis
Quasikristalle nur Fernordnung

Eigenschaften von Fraktalen

- **verkrümpelte Kurven**, fraktale Dimension
- **Hohe Komplexität, Strukturreichtum** des Bildes
- **einfacher rekursiver Algorithmus** mit kleiner KOLMOGOROFF-Komplexität
Das bietet die Möglichkeit zur **hochwirksamen Komprimierung!**
- **Selbstähnlichkeit**
- Ähnlichkeit mit Gebilden und Geschehen in der **Natur** $\neq$ EUKLIDische Geometrie
- Teilweise Ähnlichkeit mit M. C. **ESCHER**: Unendlichkeit und unmöglichen Perspektiven
- Verquickung von **Zufälligkeit** und **Gesetzmäßigkeit**.
- **Ästhetische Wirkung** fraktalen Bilder, Beziehungen zur **Computerkunst**.

Sie bilden daher **eigene Klasse von Bildern**, die den geometrischen (EUKLIDischen) entgegengesetzt sind.

Vergleich

EUKLIDische Geometrie	Fraktale Geometrie
• über 2000 Jahre alt • geeignet für Objekte, die von Menschen erzeugt wurden • beschreibbar durch eine Formel oder Zirkel und Lineal • Grundelemente von bestimmter Größe	• knapp 50 Jahre alt • geeignet zur Beschreibung natürlicher Objekte • rekursiver Algorithmus • gut skalierbar

Unterschiede von vorhandenen, vorgefundenen Objekten

In der Natur vorhanden	Von Menschen geschaffen
• Kugelförmige Objekte durch Reibung entstanden • Fraktale Gebilde, durch viele (zufällige) Einflüsse entstanden (Gelände, Grenzen, Flüsse, Küsten usw.) • Fraktale Strukturen durch Evolution (rekursiv) insbesondere Leben • Gerade Flächen, sehr selten, nur bei kristallinen Strukturen (spaltbar)	• Zielgerichtet systematisch Konstruiertes, aus Einfachen (wiederholt oder mathematisch) zusammengesetzt, im Großmaßstab oft recheckförmig (Zirkel und Lineal) • Objekte mit „Sinn“, u.a. Technik, Kultur, Kunst, Mystik, (deutlich) geringere Komplexität als in Natur • Kugelflächen mit einfachen Apparaturen, u.a. Linsenherstellung, eher selten

Fraktale und Kunst

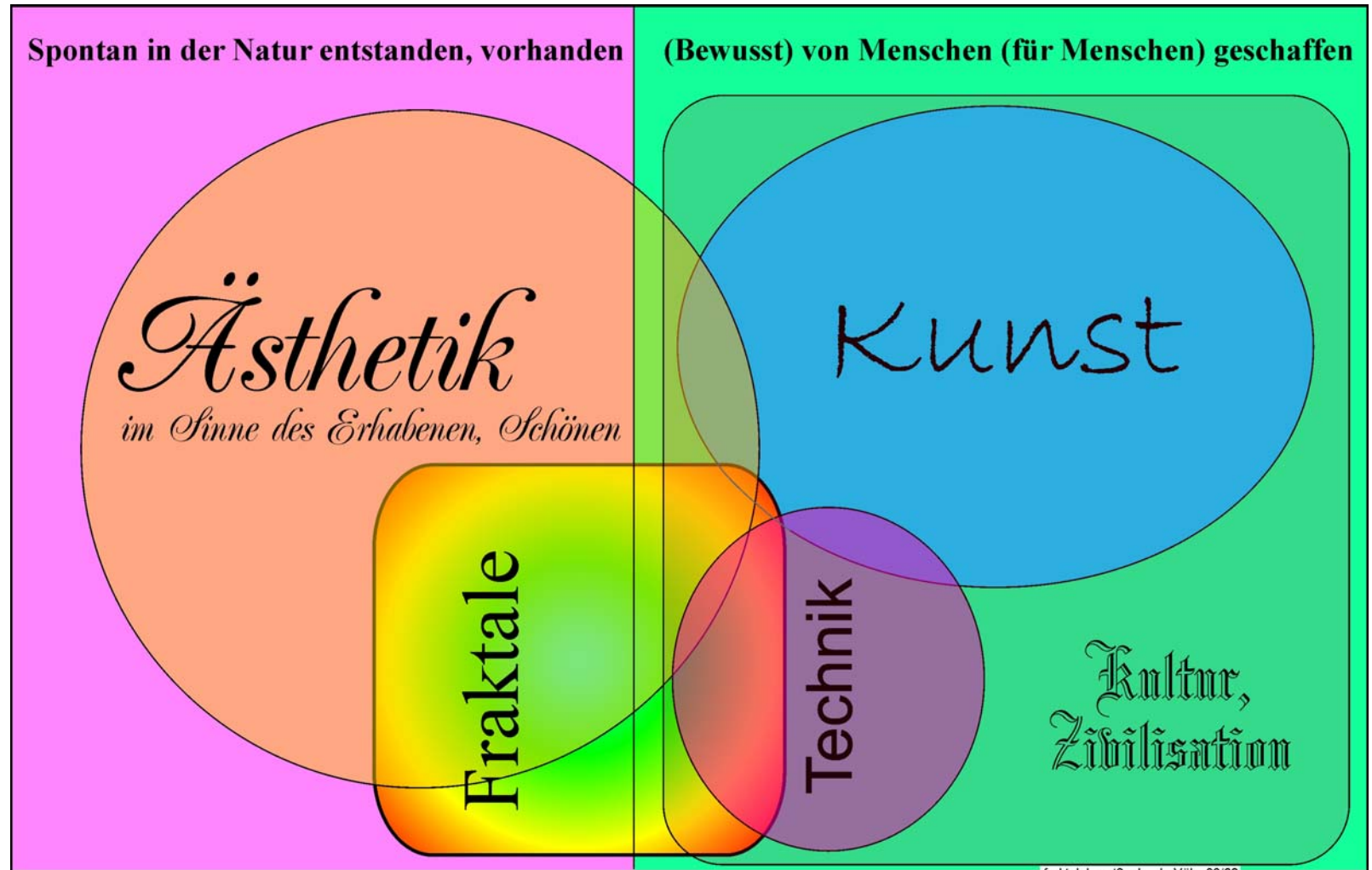
Fraktale haben oft eine ästhetische Wirkung, deswegen sind sie jedoch keine Kunst.

Zu diesem Thema wurde ich um einen Vortrag an der Uni Leipzig gebeten.

Völz, H.: Fraktale -
Ästhetik - Kunst.
Spectrum 19 (1988)
H. 8, S. 16-19

Als Ergebnis entstand das inzwischen erweiterte Bild

Nach einigen Theorien der Mathematik existieren deren Bilder und Inhalte auch dann, wenn sie nicht dargestellt werden.



Geschichte der Fraktale

- 1870 CANTOR führt Punktmenge (CANTOR-Menge) ein
- 1875 Die stetige, nirgends differenzierbare WEIERSTRAB-Kurve (DU BOIS)
- 1890 PEANO-Kurve füllt Fläche, vorgestellt
- 1891 HILBERT-Kurve
- 1903 H. POINCARÉ: Stabilität des Sonnensystems
- 1904 HELGE VON KOCH: Schneeflocken und Eisblumen
- 1915 W. SIERPINSKI erfindet das nach ihm benannte Dreieck
- 1918 G. Julia, Grundsatzarbeit zu den Julia-Mengen, Iterationsproblematik
- 1919 Die HAUSDORFF-Dimension komplexer geometrischer Objekte
- 1945 J. v. NEUMANN benutzt zellulare Automaten
- 1950 N. WIENER Kybernetik Multistabilität, Auslöseeffekt, Rückkopplung
- 1958 KOLMOGOROFF führt Begriff Kapazität analog HAUSDORFF-Dimension ein
- 1961 RICHARDSON: Skalierungsgesetze, z.B. Küstenlinien, Grenzen
- 1961 E. LORENZ entdeckt die Chaotik der Wettergleichungen, Schmetterlingseffekt
- 1968 A. LINDENMAYER genetische Algorithmen, formale Sprache; L-Systeme
- 1970 J. HORTON CONWAY: Life
- 1972 R. THOM entwickelt Katastrophen-Theorie
- 1975 FEIGENBAUM-Diagramm
- 1975 MANDELROT prägt Wort „Fraktale“ in seiner ersten französischen Publikation.
- 1978 M. FEIGENBAUM findet Periodenverdopplung und Konstante $F=4,6692016090\dots$
- 1980 1.4. MANDELROT findet auf dem Bildschirm das Apfelmännchen
- 1985 M. F. BARNSLEY erzeugt mit iterativen Gleichungssystemen den Farn
- 1987 BARNSLEY findet die fraktale Transformierte zur Bildkompression
- 1990 A. LINDENMAYER „The Algorithmic Beauty of plants“
- 1992 PEITGEN definiert die Rückkopplungsmaschine für Iteration

JULES HENRI POINCARÉ (1854 – 1912)

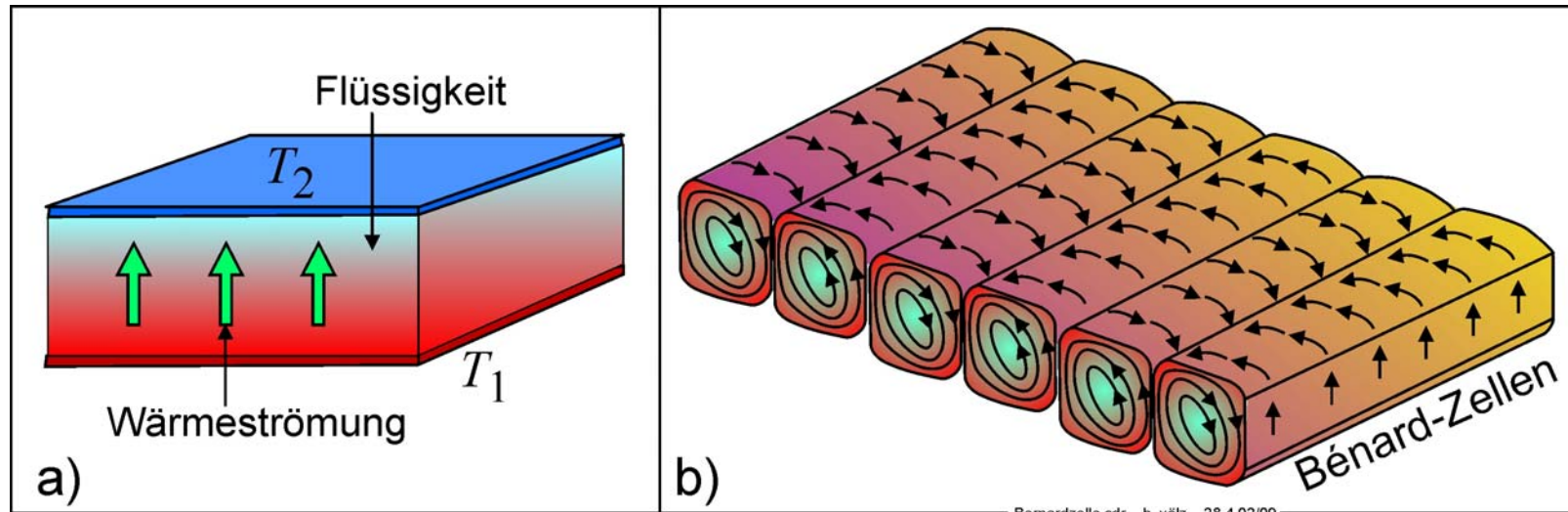
1887 schrieb der KÖNIG OSKAR II von Schweden einen wissenschaftlichen Wettbewerb mit einem Preis von 2500 Goldkronen aus. Beantwortet werden sollte die Frage: „Ist das Planetensystem stabil?“ Den Preis gewann 1903 trotz seiner Negativaussage HENRI **POINCARÉ**. Er stellte fest:

„Eine sehr kleine Ursache, die wir nicht bemerken, bewirkt einen beachtlichen Effekt, den wir nicht übersehen können, und dann sagen wir, der Effekt sei zufällig. Wenn die Naturgesetze und der Zustand des Universums zum Anfangs-Zeitpunkt exakt bekannt wären, könnten wir den Zustand dieses Universums zu einem späteren Moment exakt bestimmen. Aber selbst wenn es kein Geheimnis in den Naturgesetzen mehr gäbe, so könnten wir die Anfangsbedingungen doch nur annähernd bestimmen. Wenn uns dies ermöglichen würde, die spätere Situation in der gleichen Näherung vorherzusagen – dies ist alles, was wir verlangen –, so würden wir sagen, dass das Phänomen vorhergesagt worden ist und dass es Gesetzmäßigkeiten folgt. Aber es ist nicht immer so; es kann vorkommen, dass kleine Abweichungen in den Anfangsbedingungen schließlich große Unterschiede in den Phänomenen erzeugen. Ein kleiner Fehler zu Anfang wird später einen großen Fehler zur Folge haben. Vorhersagen werden unmöglich, und wir haben ein zufälliges Ereignis.“

Emergenz

lateinisch *emergere* Auftauchen

Es entsteht eine neue, das System kennzeichnende Eigenschaft. Typisch: Dissipation, Wärmebewegung, BERNARD-Zellen
Dabei tritt Singularität; Bifurkation an kritischen Punkten auf, keine Rückrechnung möglich.



Synergetik

griechisch: *synergein* Zusammenwirken

Betrifft Selbstorganisation komplexer Systeme

Beschreibt die Entstehung neuer Eigenschaften des Systems

Unbestimmtheit im Kleinen bewirkt Bestimmtheit im Großen

Kleinste Ursachen haben große Auswirkungen

Z. B. wenn einzelne atomare Ereignisse in makroskopische Dimensionen verstärkt werden

Beispiel: Keimbildungen bei Kondensationen von Tropfen oder Entstehung von Turbulenzen

Intelligenz

Lateinisch *intellegere, intellectum* innwerden, verstehen, erkennen

1. Betrifft **typisch menschliche Fähigkeiten**; insbesondere abstrakt, vernünftig zu denken und daraus **zweckvolles Handeln** abzuleiten. Klugheit, Lebenstüchtigkeit, Schlauheit, Gerissenheit betreffen mehr den alltäglichen Umgang.
2. **Intelligenz-Quotient (IQ)**: Messmethode für ausgewählte geistige, vor allem logische Fähigkeiten eines Menschen.
3. **Emotionale Intelligenz (EQ)**: Fähigkeit des Menschen, Gefühle zu erkennen und mit ihnen sinnvoll umzugehen.
4. **Künstliche Intelligenz**: Forschungsgebiet für Computer, die menschliche Intelligenz nachahmen.
5. Schicht der **wissenschaftlich Gebildeten**.
6. Vernunftbegabte Wesen, vor allem **Außerirdische** (Allianz).

In der **Psychologie** bezieht sich Intelligenz auf zweckgemäßes Handeln (Verhalten) und liegt insbesondere dann vor,

- wenn jemand besonders gut **Analogieschlüsse** zu ziehen vermag,
- wenn er sein Wissen und seine Erfahrung schnell und **sinnvoll auf Unbekanntes, Neues** oder im neuen Kontext zu übertragen vermag.

JOSEPH WEIZENBAUM (1923 - 2008) glaubte einmal, dass es eine **obere Grenze** für Intelligenz geben müsse, wie etwa die Entropie der Informationstheorie.

Doch bald wurde ihm klar, dass bereits die Intelligenz von **Mensch und Tier** recht verschieden ist.

Sie wird vor allem durch die **spezifischen Bedürfnisse** bestimmt, und die sind ja sehr unterschiedlich.

Ihre Intelligenz ist daher **unvergleichbar spezifisch**. Deshalb müsste auch die Intelligenz von Robotern erklärt werden.

Weiter ist zu beachten, dass eine **rechentechnische Lösung** immer erst dann vor, wenn der **Algorithmus terminiert** hat.

Doch **Lebewesen** müssen auch vor dieser Grenze (vor ihrem Tod) schlüssig handeln.

Alle Untersuchungen führen also konsequent zu einer Simulation $\approx$ Nachbildung, Nachschaffung von Intelligenz.

Künstliche Intelligenz

= KI = Artificial Intelligence

1956 wird sie von JOHN MCCARTHY (*1927) auf der Dartmouth-Konferenz als Forschungszweig definiert

Eine wesentliche Grundannahme ist, dass unser **Geist einem Computer ähnelt**.

MARVIN LEE MINSKY (*1927) sagt, sie (**harte KI**) **gleicht** der des Menschen und ein Ziel ist die Beseitigung des Todes.

Mittels des Computers sollen **kognitive (geistige) Funktionen**, u. a. das **Denken** des Menschen simuliert werden.

Typische Fragen sind daher: „können Maschinen denken?“ und „können sie kreativ sein?“

Berücksichtigt werden Inhalte von Informatik, Mathematik, Linguistik, Neurophysiologie und kognitiver Psychologie.

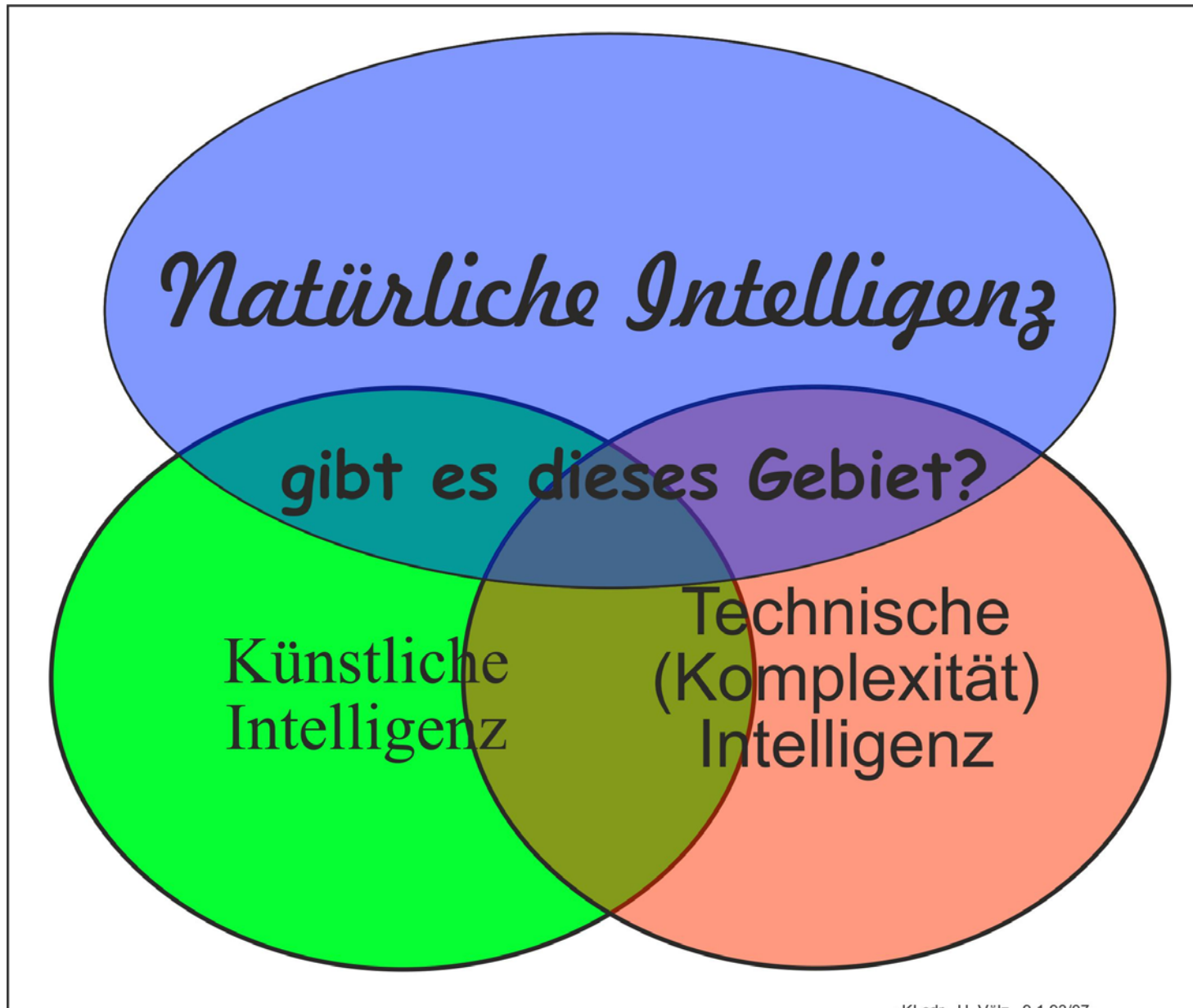
Die Rechner-Programme sollen vor allem **lernfähig** sein, d. h. sich selbstständig verändern können.

Die Anwendungen der KI sollen typisch menschliche Leistungen verbessern und ersetzen.

Z. T. leisten sie hier schon Erstaunliches.

Gehen die Simulationen (Anwendungen) nicht aus den o. g. Analysen hervor, so werden sie nicht der KI zugerechnet.

Beispiele sind Taschenrechner, Rechnernetze und Handy.



KI.cdr H. Völz 9.1.93/07

Turing-Test

Er wurde 1950 von ALAN MATHISON TURING (1912 – 1954) dazu vorgeschlagen, ob „Maschinen denken können“. Der Prüfer hat dabei ein unsichtbares Gegenüber und soll im Dialog klären: Mensch oder Computer? Ein simulierter Beispieldialog lautet (**P** = Prüfer; **X** = 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?

X: Das gäbe keinen Rhythmus.

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

X: 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.

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

Zu beachten ist auch:

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

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

Ein Rechner hat meist erst dann ein Ergebnis, **wenn er hält**, denn sonst kann sich ja noch alles ändern.

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

Können Computer denken?

In Abgrenzung zur harten KI führen CHURCHLAND und SEARLE [10] das so genannte *Chinesische Zimmer* ein:

In ihm sitzt **völlig abgeschirmt**, jemand, der kein Chinesisch versteht,

aber mit formalen Tabellen chinesische Fragen auf Chinesisch beantwortet.

Von außen betrachtet, wird so der Eindruck erweckt, als ob das Chinesische Zimmer Chinesisch verstünde.

Ein mögliches Gegenargument 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.

Wenn aber der Magnet - unabhängig von der technisch möglichen Realisierung - immer schneller bewegt wird, dann tritt irgendwann der Fall ein, dass die *elektromagnetischen Wellen zu Licht* werden und das Zimmer erhellen.

Ähnliche Effekte erwarten die Vertreter der harten KI auch bei anderen technischen Varianten.

Deshalb wird auch die *Chinesische Turnhalle* eingeführt,

In ihr „übersetzen“ viele Menschen parallel Chinesisch genauso formal

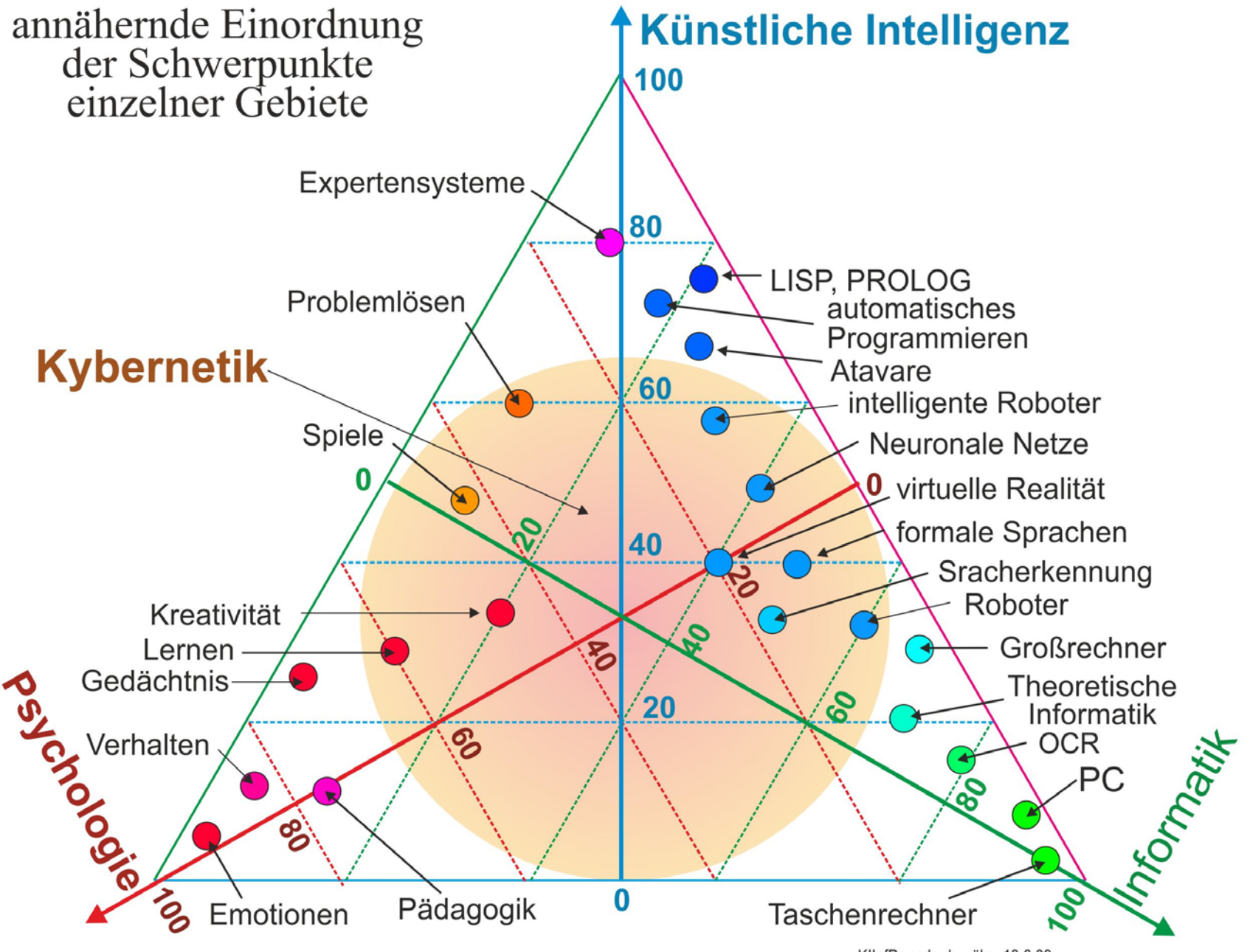
Doch es lässt sich zeigen, dass auch alle zusammen dadurch kein Chinesisch verstehen.

Hauptrichtungen der KI

- 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**, Atavare
- 4) Strategische und lernende **Spiele**, wie Mühle, Dame, Schach, Go, Turm von Hanoi
- 5) **Virtuelle Welt** (Wirklichkeit): Hard-, Software, u. a. Handschuhe, Helm, Cyberbrille, Wearables, Cyber-Reisen
- 6) **Vergleich** Computer $\Leftrightarrow$ Mensch

Die KI hängt mit den Gebieten der Psychologie, Informatik und Kybernetik zusammen.

Das ermöglicht, die einzelnen Gebiete bzw. Ergebnisse in ein quantitatives Dreieck für die Anteile der Forschungszweige einzutragen.



Vergleich: Mensch $\Leftrightarrow$ Roboter, Computer

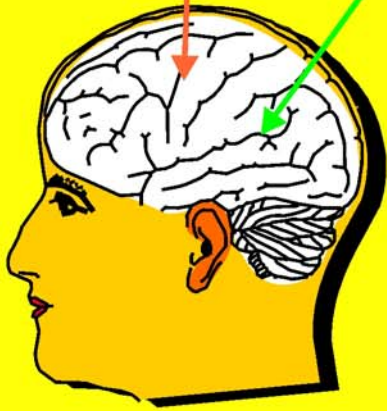
Kriterium	Mensch	Roboter, Computer
Ursprung und Entwicklung	Im Laufe der Evolution entstanden	Vom Menschen zu seinem Nutzen entwickelt
Verhalten wurde optimiert	Zum erfolgreichen Überleben in der realen Umwelt	als praktikable, dem Menschen nützliche Lösungen mittels Modellen
Ablauf der Informationsverarbeitung	Top-down : von ganzheitliche über komplex bis trial-error, Erfahrungen und Ursache-Wirkungs-Analysen aus logischen Einzelschritten	Bottom-up : vom logischen Einzelschritt über strukturelle, funktionelle Einheiten und Programmierung zum 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, neuronal, physiologisch, psychologisch, kognitiv, soziologisch	Elektronisch, physikalisch, chemisch, optisch, strukturell
System	Gehirn und Nervensystem	Vorwiegend elektronische Schaltkreise
Methoden, Verfahren	Assoziative, intuitive und logisch neuronale Verknüpfungen	Programmiersprachen, wie LISP, PROLOG und SMALLTALK

Vorteile $\Leftrightarrow$ Nachteile bzgl. Mensch $\Leftrightarrow$ Computer, Roboter

	Mensch	Computer, Roboter
Vorteile	• Verschiedene Methoden für Wissen und Schlussfolgerungen: z. B. assoziativ, prozedural, funktional, logik-, objektorientiert, heuristisch und nicht formal logisch: Alltagswissen, ganzheitliche Betrachtung, kein vollständiger Algorithmus erforderlich • Zusammenhang und Kontext wird erkannt, ermöglicht Ausnutzen von Erfahrungen, Analogieschlüsse, qualitative Entscheidungen, Erkennen ungewöhnlicher Fälle, Ausnahmen und Grenzfälle • Intuition ermöglicht Umgang mit neuen Problemen und gewinnen neuer Ideen, Lösungen und Algorithmen, erfordert kreativen Menschen, Antizipation • Umgangssprache ist universell, Denken in Bildern möglich, Abstraktionsvermögen	• Sehr schneller im Zugriff zu Daten • Extrem schnelle Rechnung • Hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit • Umfangreiche Speicher-Möglichkeiten • Gute Wiederholbarkeit der Rechnungen • Viele Ausgabe-Varianten: Text, Grafik, Video, Sound usw. • Algorithmen sofort lauffähig und immer leicht kopierbar • Vorteile von Modellen (Computereperiment): • Zugriff für Menschen zu gefährliches, zu weit entferntes • Zeitraffer, -Lupe: für Menschen zu langsames (Evolution: Leben/Weltall) oder zu schnelles (Kernphysik) • Voraus-, Rückschau, hypothetische Welten • leichte Änderbarkeit des Modells
Nachteile	• Umfang der Rechnungen, Vielfalt der Kombinationen, Menge der verfügbaren Daten sind stark begrenzt. • Mensch denkt und handelt vergleichsweise sehr langsam • Jeder einzelne Mensch muss mühsam Verfahren, Methoden und Algorithmen erlernen, um sie anzuwenden. Sie sollten dazu möglichst einfach sein. Er kann sie außerdem irgendwie wieder vergessen	• Technik realisiert im Wesentlichen nur was der Mensch vorschreibt. Neue Probleme, Ideen, Lösungen und Algorithmen kommen nur vom Menschen • Im Prinzip muss jeder Schritt im Voraus vorgeschrieben sein. jedoch Pseudozufalls-Algorithmen und trial-error • Alltags- (graues) Wissen, Bewusstsein, Intuition und (weitgehend) Emotionen sind (z. Z.) nicht formalisierbar

Information

Im Gehirn existiert auch **andere** Information betrifft u. a. Verhalten, Automatismen usw. meist **nicht** bewussteinfähig



Wissen =
potentielle im Gehirn gespeicherte Information, meist *bewussteinfähig*; gewonnen durch Lernen, Erfahrung usw.

praktisches Wissen
handlungsrelevant mit Nutzanwendung

Formal-Wissen über Abstraktes, Theorie, Kunst, Mythen usw.

Real-Wissen über etwas Existierendes; verstehen, erklären

z. B.

Informations-Prozess
u. a. technischer

Eingangs-
Information

**System,
Empfänger**

Ausgangs-
Information

**Stoff u.
Energie**

Welt

WissenInformation.cdr h. vözl 16.5.11

Künstliches Leben und Life

Einen leider nicht ganz neuen Überblick hierzu enthält [7]

Im Prinzip handelt es sich hauptsächlich um Programme, die Abläufe zeigen, die dem Leben irgendwie ähneln.

Die älteste und zum großen Teil sehr typische Variante ist das „Spiel“ „*life*“.

Es wurde um 1970 von JOHN HORTON CONWAY (*1937) entwickelt.

Zunächst wurde es noch ohne Rechner also manuell im MIT gespielt.

Das setzte er 5 \$ für jede entstehende Figur bzw. Ablauf aus.

Das führte zum erheblichen Missbrauch der ersten Großrechner.

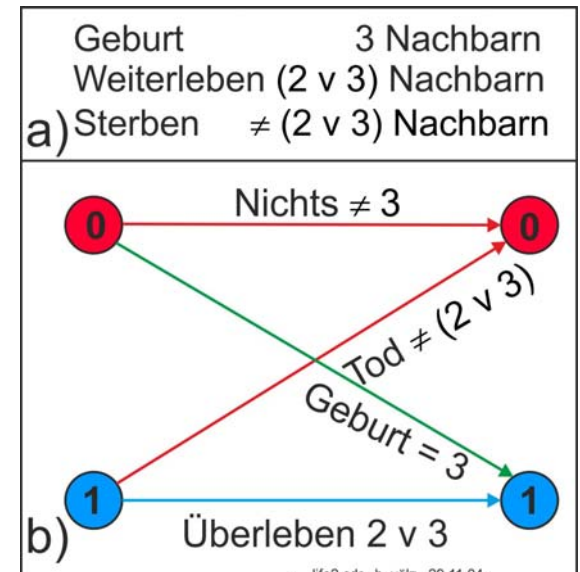
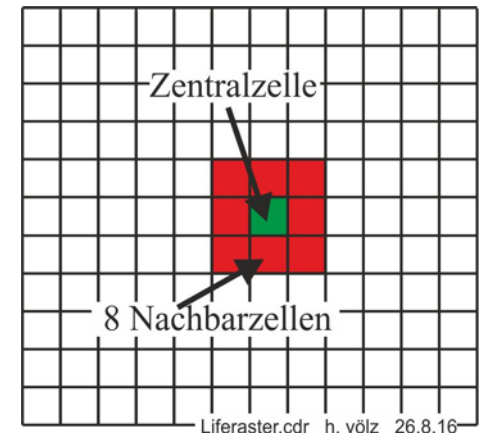
Heute sind fast alle Lösungen bekannt.

Das Prinzip geht von einem quadratischen Raster (rechts) und getaktetem Ablauf aus.

Jede Zellen kann lebend (belegt) sein oder nicht.

Aktuelle werden die 8 Nachbarzellen abgefragt und für die nächste „Generation tritt dann ein:

- **Geburt:** ist die Zentralzelle „leer“ (tot) und hat genau drei mit Leben belegte Nachbarzellen, so wird sie „befruchtet“ und gewinnt Leben.
- **Überleben:** Die Zentralzelle ist „belebt“, bleibt am Leben, wenn sie zwei oder drei belebte Nachbarzelle hat, sie sich wohl und lebt weiter.
- **Tod:** Die belebte Zentanzelle hat keine oder nur eine belebte Nachbarzelle. Sie fühlt sich einsam und stirbt. Bei vier belebten Nachbahrzellen verhungert sie.



Verhalten von Life

Life zeigt eine Vielzahl von Varianten seines getakteten Ablaufs:

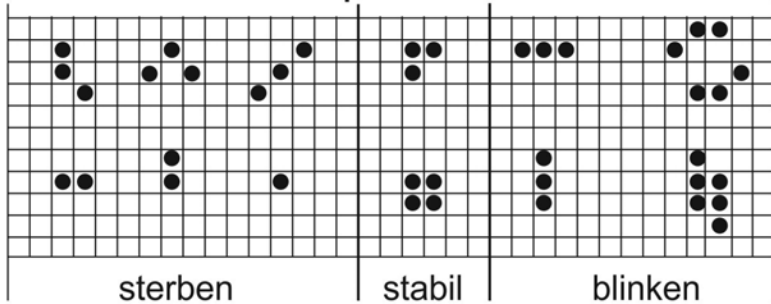
- **aussterbende** Strukturen,
- **oszillierende** Strukturen,
- **unveränderliche** Strukturen,
- sich in der Ebene (im Raster) **bewegende** Strukturen,
- Strukturen, die **ständig neue gebären**,
- Strukturen, die **andere vernichten** und sich dabei nur vorübergehend ändern.

Bedeutsam ist, dass es auch Strukturen gibt, die im Verlaufe eines Spiels nie entstanden sein können

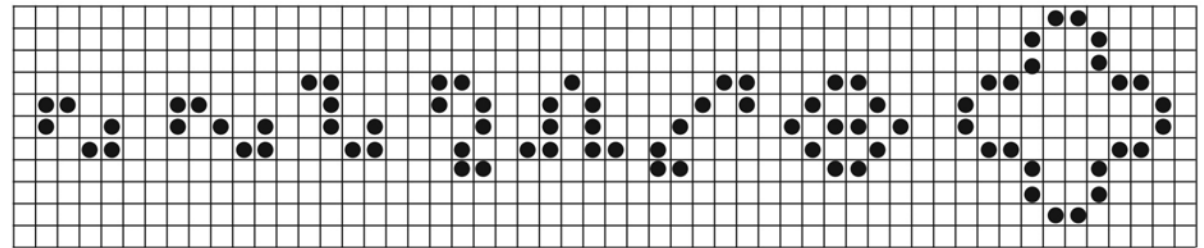
Eine **Weiterentwicklung** von Life schuf u.a. MANFRED EIGEN (1927) [11]

Dabei sind u.a. auch Zufälle berücksichtigt und so kann Evolution simuliert (nachgebildet) werden.

Hauptvarianten

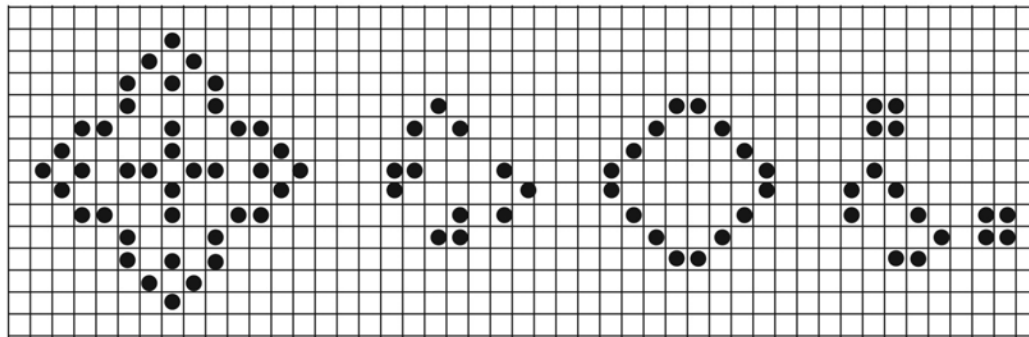


Still-Leben

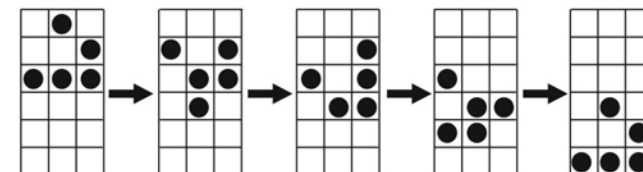
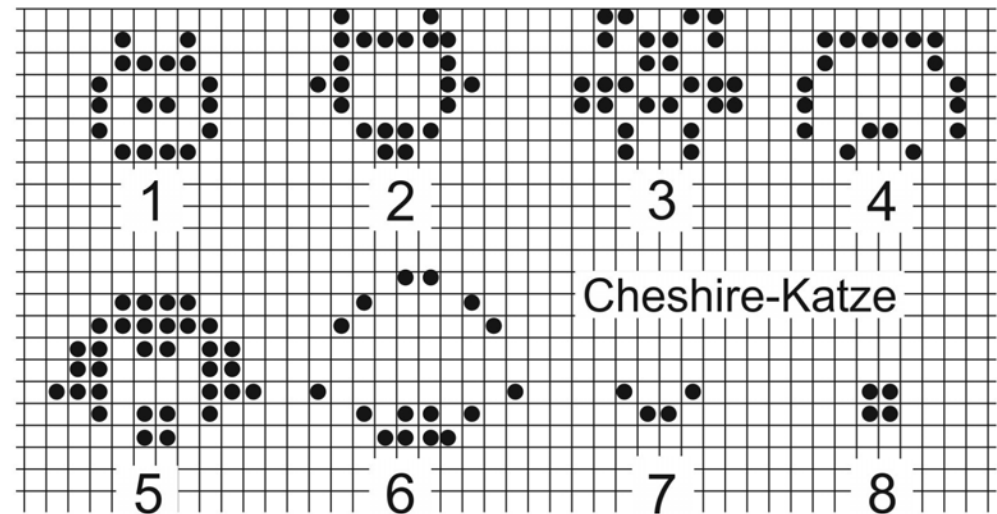
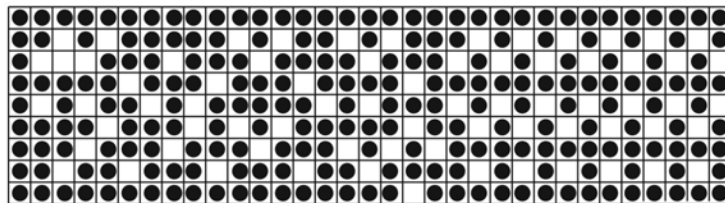


Flugzeug-Träger Schlan-ge Angel-haken Knüttel Hut sinkend. Schiff Bienen-wabe See

periodische Strukturen



nicht möglich im Spiel



ein Gleiter

Zusammenfassung für V-Information

Primär fordert sie eine **leistungsfähige Rechentechnik**.

Dadurch ermöglicht sie Berechnungen die manuell kaum oder gar nicht durchführbar sind.

Im Zentrum stehen dabei (schnelle) **Simulationen** von auch sonst ablaufenden Prozessen.

Da die Rechentechnik aber **nicht an Naturgesetze gebunden** ist, sind auch sehr ungewöhnlich Abläufe erreichbar.

Wenn sie mit spezieller **Technik erlebbar gemacht** werden, dann liegt **Virtuelle Realität** vor.

Wichtige Anwendungen der V-Information sind hauptsächlich

Komplexe Berechnungen, Fraktale, Künstliche Intelligenz, Roboter und Künstliches Leben

Begrenzungen ergeben infolge der **Zeitkomplexität** und den nicht berechenbaren Funktionen.

Computermethoden sollten immer „**durchschaut**“ werden.

Unverstandene Software zu verwenden ist oft nutzlos, zuweilen sogar gefährlich.

Leider wird hiervon dennoch zuweilen bei „**big data**“ Gebrauch gemacht.

Eigentlich ist es nicht sinnvoll, eine **Aussage nur numerisch zu gewinnen, insbesondere bevor feststeht**, dass eine Lösung existiert.

Dann entspricht Rechnen mit dem Computer zumindest teilweise einem **Probieren**.

Das kann aber erzwungen werden, wenn Probleme vordringlich zu behandeln, noch **bevor theoretische Grundlagen** erreicht wurden.

Dabei können sich dann eventuell wertvolle **Hinweise für eine Theorie** ergeben

Weil der Mensch z. T. nicht algorithmisch denkt, bleiben einige Inhalte dem Rechner verschlossen.

Dann kann eine **Kombination von Computer und Mensch** völlig neue und effektive Lösungen ermöglichen.

Vielleicht ist es daher sinnvoll, in Analogie zu anthropomorph (dem Menschen gemäß) **computer-promorph** einzuführen.

Ursprüngliche Definition

Wesentlich ist die (hier richtig übersetzte) Aussage:

Information ist Information weder Stoff noch Energie

Daraus folgen die **drei Modelle**: Stoff, Energie und Information

Diese Aussage ergänzte er bereits damals **genial richtungweisend** [14] S. 192:

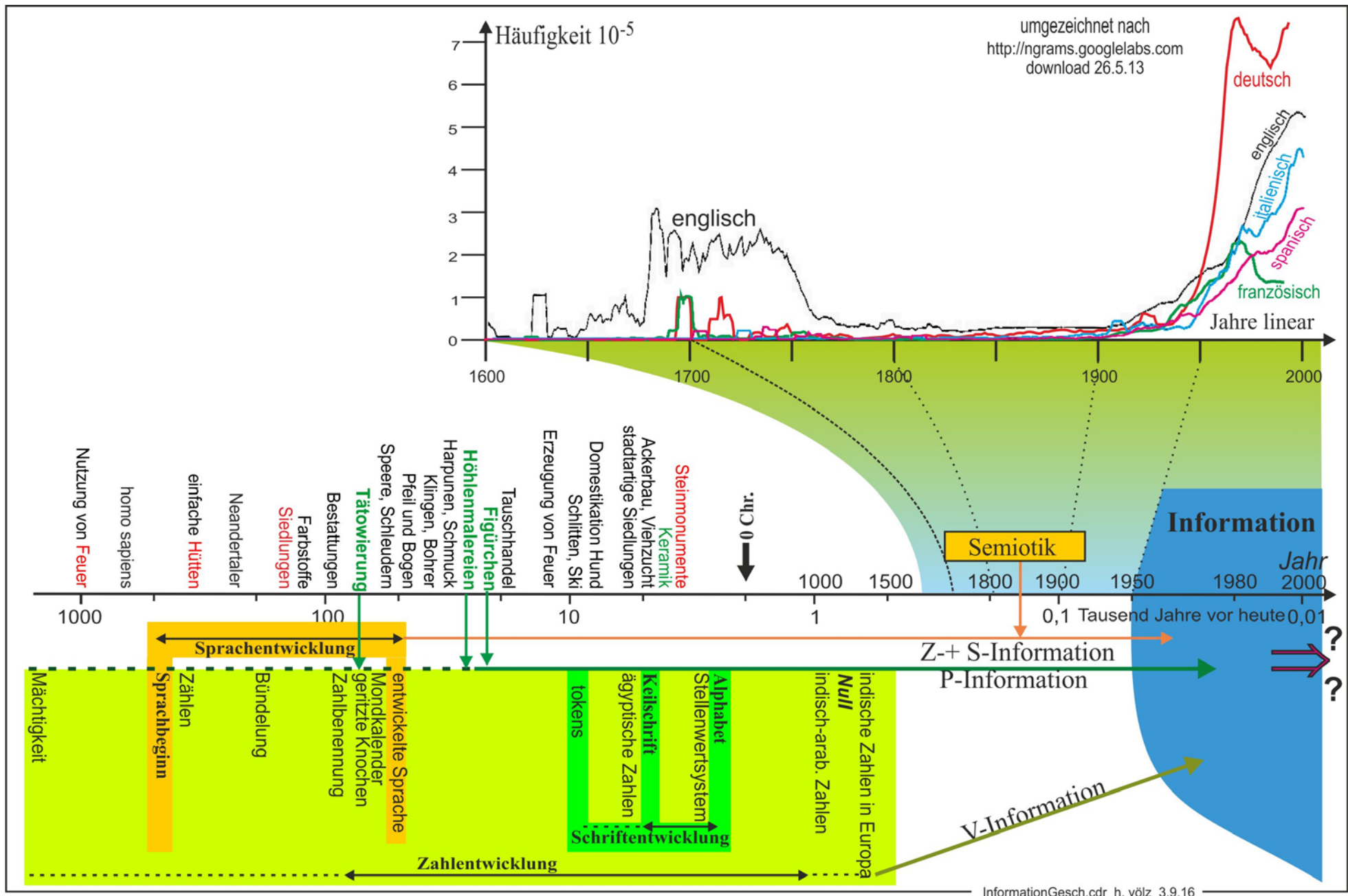
„Das mechanische Gehirn scheidet nicht Gedanken aus »wie die Leber ausscheidet«, wie frühere Materialisten annahmen, noch liefert sie diese in Form von Energie aus, wie die Muskeln ihre Aktivität hervorbringen. Information ist Information, weder Materie noch Energie. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben.“

Information geht **primär** auf NORBERT WIENER zurück

Erst später wurden andere, schon z. T. sehr lange bekannte Bereiche eingegliedert

- **Verhalten** gemäß einem Umdeuten von Reizen im Sinne Informationsträgern
- **Sprache** in Richtung zur Kommunikation (S-Information)
- **Bild, Schrift** und Figürchen im Sinne von Speicherung (P-Information)
- **Semiotik** als Z-Information
- **Rechnen** und **Computertechnik** für V-Information

So ergibt sich das folgende Bild



Von wem stammt der Begriff Information?

Im Vorwort zu Kybernetik von 1947 sagt WIENER [14],

dass R. A. FISCHER, CLAUDE SHANNON und er ungefähr gleichzeitig auf die Idee einer *statistischen* Beschreibung gekommen seien (s. S-Information)

Weiter erwähnt er, SHANNONS Untersuchungen betreffen „Probleme der Verschlüsselung von Information“

Außerdem verwendet SHANNON in der zentralen Arbeit ausschließlich *Kommunikation* [15]

Das WIENER-Buch [14] enthält ein langes Kapitel: „Zufallsprozesse, Information und Kommunikation“. Darin gibt es aber keinen Hinweis auf SHANNON

Auf S. 111 verweist WIENER auch auf JOHN VON NEUMANN (János; 1903 – 1957)

Eventuell drückt sich WIENER wegen Geheimhaltung um eine konkrete Aussage

Information wird von WIENER im Sinne von Kybernetik funktionell (Modell = W-Information) eingeführt

Was ist keine Information?

Heute besteht Gefahr alles Information zu nennen: Holz, Steine, Ernährung, Benzin usw. also auch eigentlich stoffliche oder energetische Beschreibungen oder andere Modelle.

Kaum sinnvoll Information ist dann benutzt, wenn andere Begriffe hinreichend deutlich den Inhalt erfassen, Beispiele sind:

Bild-, Kunst-, Struktur-, Prozess-, Wetter-, ästhetische, chemische, elektronische, physikalische usw. Information
Hier wären u.a. Ansicht, Aussage, Beschreibung, Bericht, Darlegung, Erklärung, Inhalt, Mitteilung usw. **angebracht**.,
Seit einiger Zeit besteht jedoch die **Tendenz** - wo nur irgendwie möglich - Information zu benutzen.
Das **schadet** dem Begriff „Information“, macht ihn unscharf und sollte daher möglichst vermieden werden.

Das **Modell Information ist vor allem dann sinnvoll**, wenn andere, **stofflich-energetische Modelle zu umständlich** sind.

Dies gilt besonders für die Wiener eingeführten **Auslöseprinzipie** oder **Verstärkereffekte**

In diesem Sinne kann z. B, Energie beliebig wachsen, z. B.: Druck auf einen Klingelknopf löst Atombombe aus
Ähnlich lösen minimale Mengen eines Katalysators oder Enzyms, die sich oft nicht einmal verbrauchen, gewaltige chemische Reaktionen aus.

Aber auch Bezeichnungen für typische umgekehrte Komposita wie **Informations-Elektronik** sind angebracht.

Information: Überblick und Eigenschaften

Hier werden drei besondere Aspekte der Information aus allgemeiner Sicht behandelt:

- Es gibt einige ***allgemeingültige Eigenschaften*** der Information.
Sie sind bei allen Informationsarten mehr oder weniger stark ausgeprägt vorhanden.
Daher ermöglichen sie eine nahezu allgemeingültige ***Definition*** von Information.
- Für die verschiedenen ***Klassen*** von Information gelten Besonderheiten, die bereits oben behandelt sind und hier nur zusammengefasst und gegenübergestellt werden.
- Insgesamt wäre ein ***optimaler Umgang*** mit Information anzustreben. Er betrifft u. a.:
Was unbedingt gespeichert werden muss? Wie kann eine hohe Sicherheit erreicht werden?
Wie lässt ein Missbrauch von Information verhindern?
Vorschläge hierzu sind grundsätzlich wünschenswert und werden oft gefordert.
Sie sind jedoch schwer zu gewinnen und lassen sich dann wohl auch nur (z. Z.) teilweise erfüllen.
Dafür sind Politik, Philosophie und nicht auch jeder Einzelne gefordert.

Informations-Arten

Die **W-Information** ist eine Präzisierung und Erweiterung von NORBERT WIENERS *Informations-Sicht*.

Sie ergibt sich oft aus komplexen *Ursache-Wirkungs-Beziehungen* mit Betonung der Wirkung als *Informat*.

Teilweise tritt dabei sogar eine deutliche *Verstärkung zum Output* auf $\Rightarrow$ *Potentiator*.

Beispiele sind Auslöseffekte, Enzyme, Katalysatoren und Katastrophen (Schmetterlingseffekt).

Durch sie kann eine Evolution zu Komplexerem erfolgen, dabei ähnelt sie z. T. der (thermodynamischen) Neg-Entropie.

Ferner muss *kein Erhaltungssatz* gelten, das System muss dabei ja *nicht abgeschlossen* sein.

Die *Verstärkung* kann auch „nur“ eine *Vervielfachung* (durch Kopien) sein und/oder *iterativ* erfolgen.

Bei der **Z-Information** erfolgt eine Abbildung der Realität auf Zeichen und deren Gesetze.

Dabei werden häufig inhaltliche Aussagen im Sinne von (individuellem) Wissen über die Realität betont

Die Zeichen zur Beschreibung der Welt gehören auch zur Welt; dadurch können Paradoxa, Antinomien usw. entstehen

Die Zusammenhänge in der Welt lassen sich oft in Mathematik überführbar ($\Rightarrow$ s. o. Modeschöpfer!).

Dabei werden oft unberechtigt logische Wahrheitskriterien (Ja/Nein) verlangt $\Rightarrow$ Problem der GOEDEL-Entscheidbarkeit.

Mathematik operiert primär Zahlen und Rechnen, die dann in Aussagen zur Realität übersetzt, codiert werden müssen.

Axiomatik, Klassen, Formeln usw. verdichten die Inhalte, müssen aber zum Verstehen mühevoll ausgewickelt werden.

Abstraktes Denken eröffnet zusätzliche Möglichkeiten.

S-Information betrifft vor allem den *Wirkungsgrad* bei Übertragungen oder technischen Einrichtungen. Sie betrifft die Überbrückung des Raumes und wurde daher primär für die optimale Gestaltung der Nachrichtentechnik (Telegraph, Telefon, Rundfunk) geschaffen. Grundlegend ist dabei die Statistik der Signale (z. B. Amplitude der Zeichenträger). Die Inhalte der Übertragung bleiben konsequent unbeachtet. Die allgemeine Grundlage bilden Signalquelle und Kanalmodell $\Rightarrow$ *Entropie* und *Kanalkapazität*. Die Anwendungsbreite reicht von der Maß-Theorie bis zur perfekten Konstruktion der Informationsprozesse. Dazu gehören Modulation und Codierung der Signale, Kompression, Fehlererkennung, -korrektur und Kryptographie. Obwohl eigentlich keine inhaltlichen Aussagen zulässt, entstanden viele statische Anwendungen für Kunst und Literatur, Sprache, Bilder, Gedächtnis usw.

Die **P-Information** betrifft die Speicherung von Information. Sie betrifft eigentlich nur den Informationsträger. Sie ermöglicht es so, aktuelle Information für die Zukunft aufzuheben und dann zu nutzen. Durch sie ist eine fast kostenlose und nahezu beliebige Vervielfältigung von Information möglich. Durch sie kann Information prinzipiell nicht verloren gehen. Sie ermöglicht auch eine hohe Komprimierung von Information Theoretisch bis herab zu 1 Bit je endlicher Datei.

V-Information verlangt leistungsfähige Rechentechnik und beruht weitgehend auf Simulation der Realität Da aber Algorithmen und Formeln nicht auf die Naturgesetze beschränkt sind, können auch (andersartige) virtuelle Realitäten erlebbar gemacht werden. Es gibt auch unberechenbare Funktionen, z. T. außerhalb der Grenzen der Berechenbarkeit.

Die Variante einer selbständigen **Q-Information** (Quantentheorie) ist noch ungewiss. Daher fehlt sie im folgenden Überblick. Doch das QuBit ist bereits breit eingeführt, es gibt auch neuartige logische Gatter. Erste Anwendungen für die Kryptografie existieren bereits und Quanten-Computer werden versucht.

Vereinfachte Darstellung

Das nebenstehende Schema fasst die Fakten gestrafft zusammen.

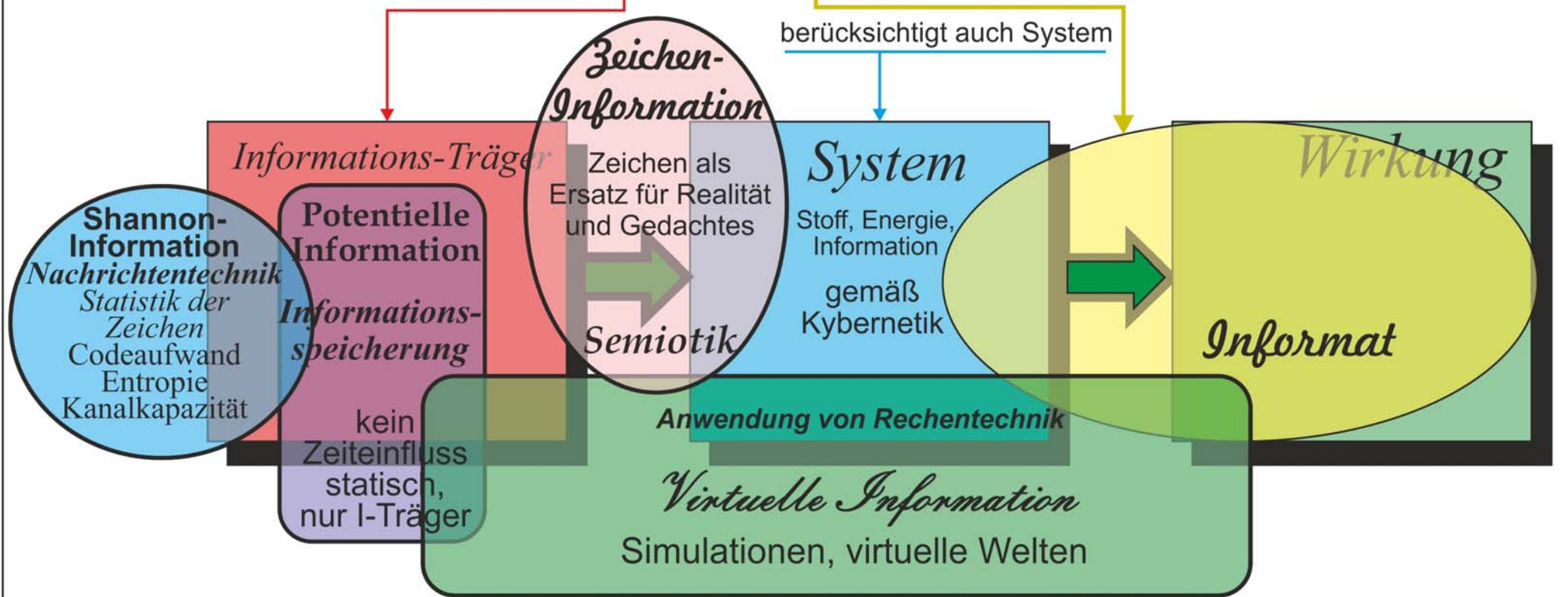
Die einschränkende Zuordnung zur allgemeinsten (kybernetischen) W-Information zeigt das folgende Bild.

Informations-Art		neue Möglichkeiten		
W		Informationsträger - System - Informat		
Z		Zeichen für Anderes , Als Input teilweise als Wirkung		
T - Information	S	Überbrückung von Raum , Nachrichtentechnik, Shannon-Theorie		
	P	Überbrückung von Zeit, Aussagen über Gewesenes, Vergangenes, Speichern potentiell (keine Rückrechnung möglich)		
	V	Simulation für Informationsprozesse Anwendung der Rechentechnik Möglichkeit von Virtuellen Räumen		
Q		Gibt es eine Quanten-Information ?		

InformationAll.cdr H. Völz 30.5.16

Aspekte und Teile der Information

Information = Träger + (Informat = *Wirk-Information*)



InfAspoekt.cdr h. Völz 13.6.16.

Auf mögliche *weitere spezielle oder zukünftige Informationen* ist oben und weiter unten genauer hingewiesen.

Allgemeine Definition von Information

Infolge des hohen Abstraktionsgrades kann Information, wie Stoff und Energie, genauer nur per Aufzählung definiert werden, die allerdings niemals vollständig sein kann.

Aus den vorangegangenen Betrachtungen folgen die **wichtigsten Eigenschaften**:

- Information setzt ein **System** voraus, das Input und/oder Output für Stoff, Energie und/oder Information besitzt.
- Ein stofflich-energetischer **Träger** erzeugt eine Wirkung, das **Informat**, das erheblich vom jeweiligen System abhängt.
- Ein System kann als **Output** einen stofflich-energetischen Träger als Input für ein (anderes) System erzeugen.
- Information sowohl sein Träger als auch Informat **geschehen immer in der Zeit**.
Die Prozesshaftigkeit ist lange als *Information und Verhalten* bekannt. z. B. von FRIEDHARD KLIX (1927 - 2004) [13].
- **Gespeicherte** „Information“ ist **nur potentielle Information** (Informationsträger) die erst durch einen Wiedergabe- oder Rezeptionsvorgang eines Systems zur eigentlichen Information wird.
- In ihrer gespeicherten (stofflich-energetischen) Form ist Information **leicht zu kopieren und zu vervielfältigen**.
- Information kann im Prinzip **nicht verloren gehen**: Liegt sie erst einmal gespeichert vor, so erfolgen fast immer viele Kopien, die an verschiedenen Orten abgelegt werden.
- Wirklich **neue Information** ist extrem *schwer* zur *erzeugen*. Das verlangt Kreativität und Phantasie und betrifft vorrangig Kunst und Wissenschaft. Hierzu gehören u. a. Verallgemeinerungen, Formeln und Axiom-Systeme.
- Information ist im Prinzip **ressourcenfrei**. Die für ein Bit notwendige Träger-Energie ist extrem klein und mittels Kompression kann auf ein Bit nahezu beliebig viel potentielle Information untergebracht werden.
- Information (an sich) besitzt infolge ihrer notwendigen „Interpretation“ durch ein passendes System **keinen** (echten) **Wahrheitswert**.. Sie kann **wahr, glaubhaft, wahrscheinlich, irrelevant** oder **falsch** sein.
- **Messen** liefert spezielle Aspekte (Ausprägungen) der Information (unter Berücksichtigung des Systems).

Zur Wahrheit

Wahrheit beruht immer auf einen **Vergleich** mit etwas Anderem.

Zur Vereinfachung kann für beide ein (nahezu) identischer Informationsträger vorausgesetzt werden.

Dann ist der nur noch ein **Vergleich des Informats** notwendig, der auch ein **Vergleich der Systeme** sein kann.

Bei einer **Kommunikation** kommt der Vergleich von **beabsichtigter** und **erreichter** Wirkung oder von Sende- und Empfangssystem hinzu.

Bei **hoch komplexen** Systemen oder Informaten ist die Wahrheit besonders schwierig festzustellen.

Deshalb gibt es ein **Spektrum** von wahr über vermutlich, wahrscheinlich, möglich, unwahrscheinlich, irrelevant bis falsch.

Hinzu kommt noch die **subjektive Einschätzung** der Zuverlässigkeit von Informationsquellen.

Sie ist oft einseitig und betrifft auch die **Glaubwürdigkeit** von Informationsträgern im Kontext der Quelle.

Sie kann korrekt, zuverlässig, vertrauenswürdig, unsicher bis absichtlich falsch informierend sein.

Zuweilen wird auch absichtlich eine **Überfülle von Information** benutzt, um Sachverhalte zu verstecken, zu verschleiern.

In diesem Kontext sind besonders destruktive, **schädigende Informationen**, auch wenn sie wahr sind, zu beachten.

Beispiele sind Anleitungen für Bombenbau sowie die Herstellung und der Vertrieb von Giften.

Für sie müssen unbedingt neue Methoden gefunden werden.

M. E. sollte das künftig vorwiegend moralisch erfolgen.

Doch hier mangelt es offensichtlich (noch) an Einsicht und (Vorbild-) Haltung, nicht nur bei den meisten Politikern.

Information geht kaum verloren

Die ganze Menschheitsgeschichte beweist, dass eine entstandene, erzeugte Information, kaum mehr zu vernichten ist. Weder **Verbote** oder **Bücherverbrennungen** noch **Folterungen** haben unerwünschte Information total vernichten können. Selbst durch **Töten** von Menschen ist sie nicht zu beseitigen gewesen. Eher wird sie dadurch interessanter. Typische Beispiele sind der Tod von SOKRATES (477 - 399 v. Chr.) und das **heliozentrische** Weltsystem. Um unerwünschte Information garantiert zu vernichten, müsste die **gesamte Menschheit ausgerottet** werden. Doch auch dann könnten sie eventuelle **Außerirdische** finden und dann interpretieren, so wie es die Archäologien tun. Sobald **Speichern** von Information recht **einfach** ist, erfolgt es überall und fortwährend.

Ein frühes Beispiel geschah 1963. In der Zeitung „National Enquirer“ erscheint ein Photo des zusammengeknähten LEE OSWALD, der als der mutmaßliche Mörder von JOHN F. KENNEDY (1917 - 1963) galt. Die gesamte Auflage wird verbrannt, zuvor wird ein Exemplar gestohlen. Es ist im Besitz des belgischen Sammlers GEORGE BLOMMAERT.

Doch schon seit Jahrzehnten setzt für neue Information sofort die **massenhafte elektronische Vervielfältigung** ein. Insgesamt wird so ab einem gewissen technischen Stand der Speicherung Information prinzipiell **allen zugänglich**. Dieses Geschehen bewirkt eine **Informationsschwelle**, die territorial zeitlich recht verschieden ausfällt. Im positiven Sinn bewirkt sie **Demokratisierung**, im negativen Verleumdung, Hetze und Krieg.

Am 9.8.1974 muss der Präsident RICHARD MILHOUS NIXON (1913 - 1994) wegen der Watergate-Affäre von 1972 zurücktreten.

So wurden die Aufrufe zur Wende in der DDR vor allem auf **Disketten** verbreitet.

Mit den Reden des iranischen Schiitenführers RUHOLLAH MUSSAWI HENDI (AYATOLLAH CHOMEINI; 1900 - 1989) geschah es mit **Tonbandkassetten**.

Heute geschieht das vor allem mittels whistleblowers über das **Internet**.

Auch beim **arabischen Frühling** dürfte diese Entwicklung nicht zu unterschätzen sein.

Zwei mögliche Prinzipie

MANFRED BONITZ führte eine systematische Analyse durch, wie Wissenschaftler mit „ihrer“ Information umgehen [12]. Dabei fand er zwei spezielle Prinzipie:

- **Holographie-Prinzip:** Wissenschaftler verhalten sich so, dass ihre neuen Ergebnisse möglichst überall hin gelangen. Umgekehrt holen sie sich die für sie interessantesten Ergebnisse aus allen nur irgendwie erreichbaren Quellen. (Im Namen ist „graphie“ unglücklich, denn es wird nicht „geschrieben/gezeichnet“ sondern „verbreitet“.)
- **Geschwindigkeits-Prinzip:** Wissenschaftler verbreiten und holen sich die relevanten Informationen immer mit der technisch höchstmöglichen Geschwindigkeit.

Viele Fakten und Erfahrungen zeigen zusätzlich, dass beide Prinzipie in der Tendenz für alle „Informationen“ gelten. Allein der Journalismus und die Massenmedien zeigen das überdeutlich. Selbst der Einzelne strebt meist danach, seine neuen Erkenntnisse umfangreich weiterzugeben. Ferner suchen viele mit hohem Aufwand (z.B. durch googeln), nach dem, was sie interessiert. Klatsch, Tratsch und Gerüchte sind eine Folge dieser typisch menschlichen Eigenschaft.

Natürlich gibt es **Gegentendenzen**, wie Geheimhaltung, bewusste Auslassungen, Falschinformation usw. (s. u.)

Zur Geschichte zur Information

- 1824 CARNOT: Kreisprozess
- 1854 Entropie-Begriff; 2. Thermodynamischer Hauptsatz
- 1857 BOLTZMANN: $S = k \cdot \ln(W)$
- 1924 KÜPFMÜLLER: Systemtheorie
- 1928 R. V. L. HARTLEY: Logarithmus zwischen Symbolen und Information
- 1929 LEO SZILARD: Physik Zusammenhang von Information und Entropie
- 1933 KOTELNIKOW: Informationstheorie + Abtasttheorem
- 1940 24.3. Eingangsdatum der SHANNON-Arbeit im JIRE
- 1946 GABOR Arbeiten zur Informationstheorie, logons
- 1948 J. W. TUKEY benennt kleinste Nachrichteneinheit „bit“ (binary digit)
- 1949 SHANNON: „Communication in the Presence of Noise“
- 1951 SHANNON Ratestrategie für Texte
- 1954 CARNAP-Entropie
- 1957 FUCKS: Analysen zu Musik, Literatur usw.
- 1960 LANDAUER: IBM nicht Messen sondern Löschen von Information benötigt Energie
- 1961 BRENNER, JACOB, MESSELSOHN Wirkung der m-RNS
- 1962 RENYI: α -Entropie
- 1963 BONGARD-WEIß-Entropie
- 1965 MARKO: bidirektionale Information

Nicht berücksichtigt sind die nachträglichen Einordnungen Sprache, Schrift usw.

Und die Zukunft?

Prognosen sind oft sehr unsicher. Dennoch ist es legitim zu fragen:

Wird es künftig noch weitere Informationsarten geben?

Vielleicht existieren sie sogar schon im Ansatz. Hier folgen einige Hinweise:

- Eine bereits vielleicht wichtige Variante könnte eine Q-Information infolge der **Quantentheorie** sein. Zu ihr gehört u. a. das **QuBit**. Wegen ihrer Komplexität wird sie kurz zusammengefasst erst **abschließend** behandelt!
- Zuweilen wird von einem **Informationsfeld** gesprochen. Wie es eventuell mit der W-Information zusammenhängt ist noch zu prüfen (s. u.).
- Die **Informationsschwelle** betrifft die Folgen der nahezu vollständigen Verfügbarkeit von Informationen und deren Konsequenzen für gesellschaftliche Verhältnisse $\approx$ W-Information (s. u.: Informationskultur).
- **Schließlich sind Technik, Kultur und Zivilisation** in ständiger Weiterentwicklung, dabei könnten sich neue Informationsarten herausbilden.
- Weitere Ansätze könnten aus dem **Kosmos** oder der **Evolution** kommen, eventuell sind sogar **Außerirdische** zu berücksichtigen.

Informationsfeld

Mehrfach– allerdings wenig erfolgreich – wurde versucht, ein Informationsfeld einzuführen.

Einen neueren Überblick mit vielen Beispielen und Literaturangaben gibt [26] u. a. S. 397ff.

Wegen der geringen Bedeutung und Unbestimmtheit vieler Aussagen werden hier nur einige Grundzüge dargestellt.

Prinzipiell besteht ein gewisser Bezug zu den physikalischen Feldern, die nur durch ihre Wirkungen nachweisbar sind.

Feldart	erzeugt von	Nachweis durch	Möglichkeit als Wellen	Wirk-Partikel
elektrisch	Ladungen	Beschleunigung von Ladungen	Radiowellen, Licht, Röntgenstrahlung usw.	Lichtquanten, Photonen
magnetisch	elektrischem Strom, Dauermagnet	Anziehung/Abstoßung von Magneten, stromführenden Leiter		
Gravitation	Massen	Anziehung von Massen (<i>fühlen</i>)	Gravitationswellen	Massen, Gravitonen
akustisch	Schallquelle	Mikrophon, Ohr (<i>hören</i>)	Luft- Saitenschwingungen, Oberflächenwellen	Phononen
thermisch	Wärmequelle	Thermometer (<i>fühlen</i>)	BERNARDzellen?	Photonen?
optisch	Lichtquelle	Photozelle (<i>sehen</i>)	Interferenz	Photonen

Da auch Informationsfelder durch Ihre Wirkungen bestimmt werden, müssen sie **großflächig im Raum** existieren

Sie können daher kaum im Sinne der W-Information **kaum** als auslösender **Informationsträger** interpretiert werden.

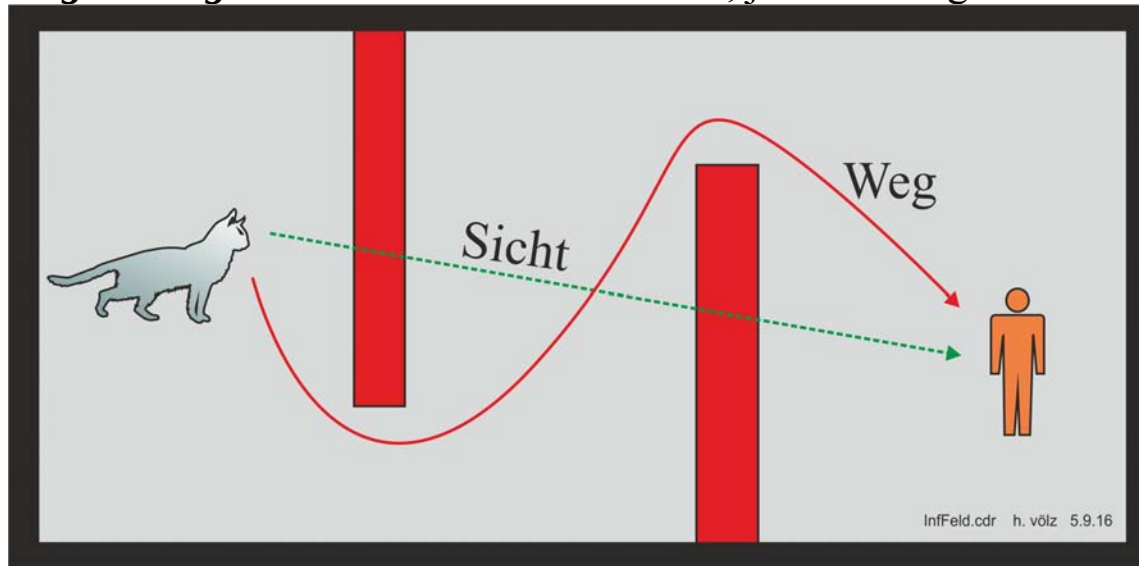
Doch bezüglich ihrer Wirkung auf Objekte verhält es sich sonst ähnlich wie ein (realer) Informationsträger.

Unklar ist ob beim Informationsfeld auch wie in der Physik **Fernwirkung** vorliegt.

Dazu müsste die **Geschwindigkeit** der „Ausbreitung“ gemessen werden.

Soziales Verhalten

Die älteste Quelle von 1963 geht auf den Soziologen KURT LEWIN (1890 – 1947) zurück (28). In Anlehnung an die Kybernetik war ihm der betont strukturelle Aspekt der Soziologie zu statisch und zu eng. Für ihn stand das **funktionell** zu erreichende Ziel im Vordergrund, dabei wird immer der **kürzeste Weg** gewählt. Dennoch können **längere Wege um Hindernisse** vorteilhaft, ja notwendig sein.



Dies leitete er u. a. aus der üblichen **Gestalttheorie** im sozialpsychologischen Sinn ab. Danach sind **Verhalten und Handeln** Feldhandlungen gemäß der Feldtheorie. So wurde er auch zum Begründer der **Gruppendynamik**. Innerhalb einer **Gruppe** besteht ein **Kräftefeld**, das sich aus den **Interaktionen** zwischen den Mitgliedern erkennen lässt. Mit dem amerikanischen Gestaltpsychologen JUNIUS F. BROWN entstand sogar eine **Feldtheorie der Gesellschaft** [29]. In diesem Sinne lässt sich auch die Aussage von STEINBUCH interpretieren

„Information ist ein Kitt, der die Gesellschaft zusammenhält“

Fortsetzung 1

Ähnliches gilt für das Verhalten von Personen bzgl. des körperlichen (Sicherheits-/**Optimal-**) **Abstandes**.

Einerseits ist jeder interessiert, Kontakt aufzunehmen. Er ist ja schließlich ein gesellschaftliches Wesen.

Zu dicht wirkt sich dagegen als Einengung oder Bedrohung aus: „keep your distance!“

Dieser Abstand ist jedoch erheblich länder- und kulturkreis-typisch sozialisiert.

Bei internationalen Treffen ist daher zu beobachten, wie zwei im Gespräch ständig umeinander „herumtanzen“.

Der eine will den Abstand verkleinern, der andere vergrößern.

Ähnliches geschieht im Gedränge, beim Zu- und Abströmen von Menschen zu bestimmten Orten, wie Bahnhöfen, Supermärkten, Sportplätzen, Konzertsälen, Kinos, Urlaubsorten usw.

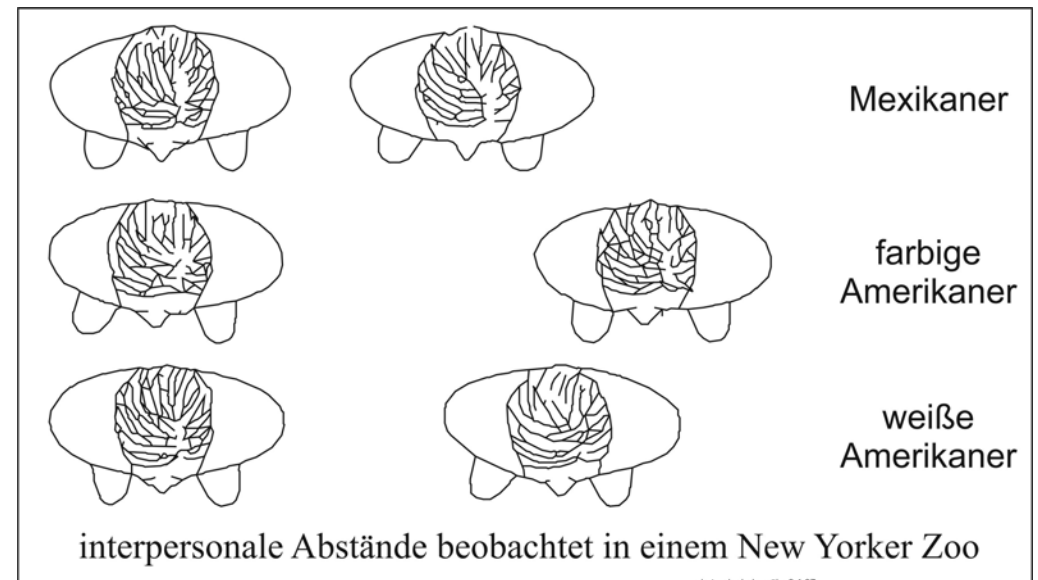
Es ist formal ähnlich der Einstellung des Gitterabstandes in Kristallen durch Abstoßung und Anziehung

Hierzu ein Gleichnis von ARTHUR SCHOPENHAUER (1788 - 1860); zuweilen Bertolt **Brecht** (1898 - 1956), dann aber mit fälschlich mit Igel n zugeschrieben

„Eine Gesellschaft Stachelschweine drängte sich an einem kalten Wintertag recht nahe zusammen, um, durch die gegenseitige Wärme, sich vor dem Erfrieren zu schützen. Jedoch bald empfanden sie die gegenseitigen Stacheln; welches sie dann wieder voneinander entfernte. Wann nun das Bedürfnis der Erwärmung sie wieder näher zusammenbrachte, wiederholte sich jenes zweite Übel, so daß sie zwischen beiden Leiden hin- und hergeworfen wurden, bis sie eine mäßige Entfernung voneinander herausgefunden hatten, in der sie es am besten aushalten konnten.“

So treibt das Bedürfnis der Gesellschaft, aus der Leere und Monotonie des eigenen Innern entsprungen, die Menschen zueinander; aber ihre vielen widerwärtigen Eigenschaften und unerträglichen Fehler stoßen sie wieder voneinander ab. Die mittlere Entfernung, die sie endlich herausfinden, und bei welcher ein Beisammensein bestehen kann, ist die Höflichkeit und feine Sitte.

Dem, der sich nicht in dieser Entfernung hält, ruft man in England zu: keep your distance! - Vermöge derselben wird zwar das Bedürfnis gegenseitiger Erwärmung nur unvollkommen befriedigt, dafür aber der Stich der Stacheln nicht empfunden.“



Fortsetzung 2

Experimentell wies FRIEDHARD KLIX (1927 - 2004) den **subjektiven** (ganzheitlich wahrgenommenen) **Zielabstand** bei Spielen wie „Turm von Hanoi“ nach [13], ähnlich bei Schach und Go. VÖLZ interpretierte das Entstehen von **Emotionen** ähnlich [30], [26] S. 468ff.

Auch die 2 Informations-Prinzipien von MANFRED BONITZ [12] können so betrachtet werden.

In großen Menschenansammlungen **breitet** sich **Massenpanik** und ähnliches **schnell aus** und erfasst sogar Personen, die sonst **nicht dazu neigen**. Das funktioniert sogar dann, wenn eigentlich **keine unmittelbare Bedrohung** besteht.

Wir bewegen uns problemlos durch ein **Gedränge**, so wie eine **Fliege kollisionsfrei** durch enges Gestrüpp fliegt. Ob bei den genannten Inhalten ein Zusammenhang **zum Informationsfeld** besteht, ist **unklar**.

Das gilt auch für die 1974 von JAMES LOVELOCK und LYNN MARGULIS aufgestellte **Gaia-Hypothese**

Von solchen und ähnlichen Ergebnissen ist der Weg zu **rational Unerklärbaren** nicht mehr weit.

So werden u. a. folgende Inhalte einem **Informationsfeld zugeschrieben**:

Charisma, Hysterie, Ekstase, Angststörungen usw. sogar die Ausbreitung von Epidemien sollen so erklärbar werden.

Die **Aura** eines Menschen wird so als Energie des Informationsfeldes interpretiert, das den Körper umgibt.

Sie ist zwar für uns nicht sichtbar, spiegelt Gesundheit, geistige Aktivität und den Gefühlszustand wieder.

Vor allem sollen **Tiere** das Feld wahrnehmen können. Z. B. werden sie **vor einem Erdbeben unruhig**

Beim Tsunami 2005 flüchteten Elefanten lange zuvor ins Landesinnere und retteten so vielen Einheimischen das Leben.

Hunde warnen ihren an Epilepsie leidenden Halter vor einem bevorstehenden Anfall.

Menschen, die angeblich mit dem Feld Kontakt aufnehmen können, werden als „hellsichtig“ bezeichnet.

Sie gibt es als „**Seher**“, „alte Weise“ oder „**Schamanen**“ in jeder Kultur.



Ähnliche Begriffe und Inhalte

Die Experimente zur **Quantenverschränkung** (s. u.) weisen auf eine Möglichkeit hin, dass materielle Abläufe im „Bezugsraum“ synchron im nichtmateriellen „Informatorischen Raum des Hyperraums“ ablaufen und umgekehrt. Das könnte vielleicht ein „Übergreifen“ von Stimmungen, Emotionen usw. auf andere erklären.

SHELDRAKE [33] führt **morphogenetische** (morphische) **Felder** ein, die teilweise dem Informationsfeld nahe stehen. Er vermutet, dass die Natur in ihnen generell eine statistische (in Häufigkeiten) Erfahrungsspeicherung vornimmt. Er führt hierzu viele Beispiele und mögliche Versuche an

ALEXANDER GURWITSCH nimmt ein **biologisches, miotisches Feld** an (in [34])

Es löst als Initialzündung die Zellteilung aus und ist mit einem superschwachen Photonenstrom gekoppelt. Nach jeder Teilung steigt es deutlich an und könnte so aus dem Abbau der nicht mehr benötigten Feldenergie herrühren.

Der französische Soziologe PIERRE BOURDIEU hat den Begriff **Soziales Feld** geprägt.

Er will damit die Entwicklung des Bewusstseins erklären.

Die übertragenen Informationen sind Wissen, Gefühle, Vorahnungen, Intuition, Prophezeiungen, Fernwahrnehmung usw. Sender und Empfänger sollen Hirnareale in speziellen Funktionszuständen und Kombinationen sein

GOTTFRIED FISCHER [31] versucht seinen Informationsfeld-Begriff auf das Verhältnis **Geist ↔ Materie** auszudehnen. Dabei will er auch einige theologische Inhalte erfassen.

Die mathematischen Zusammenhänge beschränkt er jedoch auf das **Größenwachstum** von Lebewesen, Das kann zumindest teilweise als Wiederbelebung des **Vitalismus** aufgefasst werden

STAMPER [32] versucht sogar das **Wirksamwerden von Normen** als Informationsfeld zu beschreiben

Ungewöhnliche Bezeichnungen sind schließlich universelles Gefühlsfeld oder gar Heiliger Geist

Informationskultur

Wenn Individuen zusammenleben, dann muss es **Übereinkünfte – Gebote bis Verbote** – zum Umgang miteinander geben. Für die Menschheit bestimmen sie ganz wesentlich die **Kultur und Zivilisation**. Dabei gibt es lokale und gruppenspezifische Varianten als Kulturkreise mit unterschiedlichen Übereinkünften. Ein historisches Standardwerk hierzu schrieb 1788 ADOLF FREIHERR VON KNIGGE (1752 - 1796). Das zweibändige Werk trägt den Titel „**Über den Umgang mit Menschen**“.

Entgegen einigen Trivialisierungen enthält es Regeln für einen kulturvollen zwischenmenschlichen Umgang. Beim heutigen Stand der Technik ist Ähnliches dringend für den **Umgang mit Information** notwendig. Das Spektrum reicht dabei von **gesetzlichen** über **technische** Festlegungen sowie **Gebote und Tabus bis Verbote**. Sehr wahrscheinlich ist dabei auch eine Unterscheidung bezüglich der **Anwendungen** ($\approx$ Kulturkreise) erforderlich. Zurzeit können dazu nur erste allgemeingültige Ansätze mitgeteilt werden.

Wie ist künftig mit Daten umzugehen?

- Wie sollen Daten vor **Zerstörung, Verlust** usw. **geschützt** werden?
- Wie ist der **Zugriff** auf Daten zu regeln? U. a. Rechte, Möglichkeiten, Geschwindigkeit usw.
- Neu festzulegen ist der Umgang mit **Urheberrechten** (Zitate, Plagiate, Vergütungen).
- Für **Ausbildung** und **Kultur** müssen die entsprechenden Daten **kostenlos** verfügbar sein, Abgaben sind nur bei erreichtem Gewinn zu fordern!
- Deutlich abgeschwächt muss werden, das **Wissen und Daten Macht bedeuten**.
- **Fast jede Geheimhaltung** ist zu vermeiden, zumindest ist eine strenge Zeitbegrenzung erforderlich.
- Es darf auch **kein Missbrauch** von Daten zugelassen werden.
- Wie ist mit **Schädlichem, Destruktivem** umzugehen? Wahrscheinlich ist moralisch wichtiger als gesetzlich
- Die o. g. **Informationsschwelle** kann hier wahrscheinlich neue Ansetze erbringen.

Geheimhaltung

Ob es überhaupt eine Geheimhaltung geben muss, kann ernsthaft bezweifelt werden.

Beachtenswert ist hierzu ein Zitat von JOHANN GOTTFRIED SEUME (1763 – 1810) aus Apokryphen (1, 415):

*Wo Geheimnisse sind, fürchte ich Gaunerei. Die Wahrheit darf und kann vor Männern das Licht nicht scheuen.
Es gibt keine Wahrheit, die man vor Vernünftigen verbergen müsse.*

Denn meist wird sie nur dazu benutzt, um schädliche oder nachteilige Information zu unterbinden:

1. **Mächtige** wollen so erreichen, dass ihre schändlichen Pläne nicht bekannt werden.
2. **Verbrecher** wollen so ihre Schandtaten vertuschen.
3. **Erfinder**, Kulturschaffende, Entdecker usw. um aus ihren Neuerungen größtmöglichen Gewinn zu erreichen.
4. **Schwache** und **Ängstliche**, um Angriffsmöglichkeiten nicht sichtbar werden zu lassen (Privatsphäre).

Geheimhaltung bei Mächtigen

Insbesondere vollbringen die (egozentrischen) Machthaber, einiges was jenseits der Vernunft ist.

Gewiss war es während des letzten Weltkriegs sinnvoll, die Arbeiten zur Entschlüsselung der Enigma im Blechley Park sehr geheim zu halten.

Aber musste danach Sir WINSTON LEONARD CHURCHILL, SPENCER (1874 - 1965) alles Wissen und alle Technik um den Colossus total vernichten und dann auch noch bis 1975 geheim halten lassen?

Weiter sind bis heute weder die Akten zum Mord an JOHN FITZGERALD KENNEDY (1917 - 1963) noch zum Flug von RUDOLF HEß (1884 - 1966) nach England (1941) freigegeben.

J. NEIRYNCK weist in diesem Kontext deutlich auf damit zusammenhängende, politische Ungerechtigkeiten hin, wortlautähnlich paraphrasiert [18]:

WERNHER FREIHERR VON BRAUN (1912 - 1977), der die V2-Entwicklung im Hitlerkrieg zu verantworten hatte, erhielt mit seinen Gefährten problemlos die amerikanische Staatsangehörigkeit und konnte so weiterarbeiten, als ob nichts geschehen sei.

Um gewissermaßen diese Verherrlichung des Kriegsverbrechens zu kompensieren, wurde ein so genannter Geistesgestörter namens Rudolf **Heß** in Nürnberg feierlich verurteilt und in Spandau prunkvoll mehrere Jahrzehnte lang gefangen gehalten.

Diese mehrfach belegte Doppel-Moral zeigt, dass sich immer noch ein Verbrechen lohnt, vorausgesetzt, man ist ein hoch kompetenter Verbrecher.

Hinzu kommt u. a. auch noch die „Aufwertung“ der „guten“ Spione und der entsprechender Einrichtungen.

Viel Ähnliches ist auch bei Wiedervereinigung Bürgern und Gütern der DDR geschehen.

Das alles ist neben den zerstörerischen Folgen auch eine nicht unerhebliche und schädliche **Verschwendung an menschlicher Kreativität!**

Falsche Anwendung der Geheimhaltung

Für das **Aufdecken von Verbrechen** ist die **Kriminalistik zuständig**.

Doch oft sind danach die **Strafen der Justiz** unverständlich.

Z. B. kann es doch nicht richtig sein, **Mörder** in Vollzugsanstalten milde und sehr teuer zu „pflegen“ und den **Opfern** kaum Hilfe zu geben. Das ist völlig falsch verstandene Humanität.

Ferner sollte hierbei deutlich zwischen **Hackern und Crackern unterschieden werden**

- **Hacker** decken nur die Schwächen, Fehler und Untaten auf. Sie sollte daher stets als **Helden** anerkannt werden.
- **Cracker** betreiben dagegen zerstörerische Aktivitäten oder Diebstahl. Sie sind entsprechend zu bestrafen.

Für **Erfinder**, Kulturschaffende usw. ist eine relativ kurzfristige, aber **scharf zeitlich begrenzte** Geheimhaltung berechtigt. Sie darf aber nur solange andauern, bis es ihnen gelungen ist, als Urheber **gesetzlich anerkannt** zu sein.

Dazu müsste für alle Neuerungen etwas Ähnliches wie im Patentwesen geschaffen werden.

Da es immer „schlechte“ Menschen gab und künftig geben wird, ist bezüglich der **Intim-** und **Privatsphäre** weitgehender Schutz **gerechtfertigt**. Aber auch dies scheinen bereits viele gemäß der **postprivacy** nicht mehr wahrhaben.

Auf alle Fälle ist der heute übliche indirekte Missbrauch zum Nutzen der „Sünder“ zu missbilligen. Hierzu schuf ich das nebenstehende Eselbild



Mangelhafte bis absichtlich falsche Information

Viel zu wenig wird immer noch die *Schädlichkeit* von *Über- und Fehlinformation* beachtet.

Sie existiert aber noch stärker als im täglichen Leben bei *übertragener und gespeicherter Information*.

Das *Spektrum reicht* von *Nachlässigkeiten* über *missverständliche* Darstellungen, schlecht Recherchiertes, beabsichtigte *Auslassungen*, Fakten *aus dem Zusammenhang* lösen, *Unsinniges, Erdachtes, Überinformation, Falschdarstellungen* bis *Erlogenes*.

Hinzu kommen *destruktive Informationen*, wie Anleitungen zu Viren, Bombenbau, Rauschgifthandel, Pornografie (Bilder), Pädophilie usw.

Es ist oft kaum möglich, diese Informationen zu *erkennen*, geschweige denn, sie zu *verbieten* oder zu *vernichten*.

Hinzu kommt, dass die offizielle *Politik* viel zu häufig diese Methoden für die *Durchsetzung der Macht* missbraucht.

Nicht selten werden mögliche oder gar richtige Gegenhinweise als *Verschwörungstheorie* oder *Verrat* verleumderisch abgekanzelt.

Auch wenn es *äußerst schwierig* ist, können hierzu gewiss *neue Methoden* gefunden werden.

Zur *Überinformation* folgen unten weitere Aussagen.

Auch wäre es vielleicht möglich, eine (unabhängige) *Inстанz zu schaffen*, welche zumindest die *Nutzer schnell warnt*,
Urheberschutz

Informationsschwelle

Diesen Begriff habe ich 1990 im Zusammenhang mit der Wende eingeführt [25], [26]. S. 476 und [27].

Er geht von der These aus, dass neue **Information** im Prinzip **nicht mehr verloren gehen kann**.

Das belegen viele **Beispiele** aus der Menschheitsgeschichte.

Verbote, Bücherverbrennungen, Folterungen oder **Töten** von Menschen vernichteten jemals unerwünschte Information

Sie wurde dadurch **eher interessanter** und erlangte sogar **größere Aufmerksamkeit**. Beispiele hierfür sind:

Besonders alt sind die Auswirkungen des erzwungenen Tods von SOKRATES (477 - 399 v. Chr.)

Jeder Index von Büchern hat sich bestenfalls nur für eine gewisse Zeit leidlich aufrechterhalten lassen.

Alle Versuche der Kirche das heliozentrische Weltsystem als falsch und sündhaft zu erklären, blieben erfolglos.

Im 2. Weltkrieg wurden die Sendungen des Londoner Rundfunks trotz angedrohter und durchgeführter Todesstrafen beachtlich viel gehört.

Ein erster **Qualitätssprung** tritt auf, als das **Speichern** von Information recht **einfach** und **allgemein zugänglich** wird.

In der Zeitung „National Enquirer“ erscheint ein 1963 ein Photo des zusammengeknähten LEE OSWALD

Er galt mutmaßlich als Mörder von JOHN F. KENNEDY. Die gesamte Auflage wurde verbrannt

Zuvor wurde jedoch ein einziges Exemplar „gestohlen“. Es ist im Besitz des belgischen Sammlers GEORGE BLOMMAERT.

Die bessere Zugänglichkeit zu Information bewirkte, dass der USA-Präsident RICHARD MILHOUS NIXON (1913 - 1994) am 9.8.1974 wegen der Watergate-Affäre von 1972 zurücktreten musste.

Die verbotenen Reden des iranischen Schiitenführers Ayatollah **Chomeini** (Ruhollah Mussawi Hendi, 1900 - 1989) wurden illegal über Tonbandkassetten weit verbreitet.

Auch die **Wyssotzki-Lieder** gab es in der UdSSR offiziell nicht, wurden aber über **Tonband** massenweise verbreitet.

Die **Wende in der DDR** wurde im beachtlichen Umfang mit Disketten (von der Kirche) unterstützt.

Die **Politiker** und Machthaber, können so etwas **nicht eingestehen**. Sie wollen es ja als **ihre Leistung anerkannt haben**.

Informationsschwelle 2

Die allgemeine **Verfügbarkeit des Internets** ermöglicht quasi jedermann den Zugriff zu allen möglichen Informationen. Darüber hinaus kann er in ihm auch seine Meinung öffentlich publik machen.

Sofern es so in einem Staat (Kulturkreis) möglich ist, Information schnell zu vervielfältigen und weiterzugeben, wird die **Informationsschwelle** überschritten.

So wird die **Glaubwürdigkeit** von Machthabern, Nachrichten erhöhte Bedeutung erlangen und leichter überprüfbar sein. Das bewirkt eine beachtliche Demokratisierung eines Staates, Kulturkreises oder der Gesellschaft.

Diktaturen jeglicher Art werden dadurch deutlich an Macht verlieren, Zusätzliche Hilfe bringen die **Whistleblower**. Diese Entwicklung dürfte auch deutlich den **Arabischen Frühling** gefördert haben.

In der **Zukunft** werden daher kaum mehr Zensur, offizielle Lügen usw. (vielleicht sogar Kriege) wirksam sein. Um jegliche unerwünschte Information garantiert zu vernichten, müsste nämlich die **Menschheit ausgerottet** werden. Doch selbst dann könnten eventuelle Außerirdische die Information finden und interpretieren, ganz ähnlich wie es Archäologen und Kriminalisten tun.

Leider ermöglicht diese Entwicklung aber auch **negative Auswirkungen**.

Dabei sind Nachlässigkeiten, missverständliche Darstellungen und schlecht Recherchiertes noch die geringsten Mängel. Weitaus schwerwiegender sind beabsichtigte Auslassungen, aus Zusammenhang gelöste Fakten sowie Unsinniges,

Erlogenes und Überinformation alles zum Zweck der Missbrauchs, der Verleumdung und Hetze.

Besonders folgenschwer waren **falsche Kriegsbegründungen** machthungriger, größenwahnsinniger Herrscher.

Offiziell werden mögliche (richtige) Gegenhinweise als **Verschwörungstheorie** oder **Verrat** verleumderisch abgekanzelt.

Gegen diese Möglichkeiten muss eine **öffentliche Meinung** und ein breites Interesse für Veränderungen erreicht werden.

Sie sind so zu fördern und zu entwickeln, dass „Gutes“ auch dann öffentlich anerkannt wird, wenn es unbequem ist.

Dagegen muss „**Schlechtes**“ dem **öffentlichen Misskredit** ausgesetzt und tabuisiert sein.

Hierzu sind **Vorbilder** (leider kaum bei den Mächtigen vorhanden) und individuelle **Zivilcourage** notwendig.

Ausbildung, Kultur und Urheberrecht

Menschen sollen und müssen menschenwürdig leben.

Weltweit zentrale Probleme sind dabei immer noch Ernährung und Unterkunft; negativ sind Kriege und Katastrophen.

Hiergegen sind die ökonomischen und technischen Möglichkeiten verstärkt voranzutreiben.

Die Verbreitung entsprechender Informationen könnte und muss weitaus mehr leisten.

- Es ist eine allgemeine und **gute Ausbildung** lebensnotwendig.
- Für ein erfülltes Leben jedes Einzelnen ist auch ein **hohes kulturelles Niveau** notwendig.

Insbesondere stehen den beiden letzten Punkten zwei anderen Interessen entgegen.

- Viel entsprechendes **Wissen** ist von Konzernen, Interessenverbänden usw. **monopolisiert** und daher nur teuer bis gar nicht verfügbar.
- Neues Wissen ist **schwer zu erzeugen** und die relativ wenigen, die es erbringen, fordern oft **überhöhte Vergütungen**.

Diese Widersprüche sind insbesondere durch das **völlig überholte Urheberrecht** leider festgelegt.

Hier ist eine Änderung in folgender Weise dringend notwendig.

- Informationen für Ausbildung und Kultur müssen **für jedermann kostenlos und leicht zugänglich** verfügbar sein.
- Die **individuelle Anerkennung** von Neuerungen muss vor allem **gesellschaftlich und moralische erfolgen** (u.a. wie bei Künstlern „die Callas“). Sie muss quasi zu einer allgemeinen Verpflichtung werden.
- Wenn die Neuerungen, z. B. durch massenweise Publikation oder technische Geräte, **Gewinn erbringen**, sind **beachtliche Abgaben** (hohe Steuern) erforderlich, deren Verwendung dann gesellschaftlich zu regeln ist.

Natürlich ist das sehr schwer gegen den Egoismus Einzelner (Konzerne usw.) durchzusetzen.

Dennoch ist es äußerst **dringend anzustreben**.

Datensicherheit

Allgemein betrifft sie das zuverlässige Aufheben von Daten, dabei müssen erreicht und angewendet werden

- Hohe **Zuverlässigkeit** der Datenträger und Speichergeräte (technischer und moralischer **Verschleiß**)
- Optimal spezifische **Lagerung** (bezüglich Temperatur, Feuchte usw., s. u. ARRHENIUS-Gleichung)
- **Backup-Strategien** und Umspielungen auf neue (eventuell ewige) Formate (notwendige **Datenmigration**)

Zu unterscheiden sind dabei:

- **Datenträger** insbesondere Offline-Medien: **Stabilität** der Aufzeichnung, optimale **Lagerung**, **Umspielung**, Software für **Formate**, **Migration** und systematisches **Backup**.
- **Gerätetechnik** insbesondere **Verschleiß** (wie rechtzeitig erkennen?!), **Abwärtskompatibilität** bei neuen Geräten, **Obsoleszenz** (s. u.).

Notwendiger Schutz betrifft vor allem

- **Katastrophen** (Naturgesetze, Erdbeben, Wetter usw.)
- **Absichtliche Zerstörung** (Krieg, Feindseeligkeit, Sabotage, Terror, Viren usw.)
- **Natürlichen Zerfall** (infolge Thermodynamik und Quantenphysik)
- Aber auch immer wieder auftretende **menschliche Fehler** (Bedienfehler, Spionage) sind sehr zu beachten

Geplante Obsoleszenz

*Lateinisch **obsolescere** das Veralten*

Der Begriff wurde **1832** von BERNARD LONDON **eingeführt**: „Ending the Depression Through Planned Obsolescence“

Die erste Anwendung wird ALFRED P. SLOAN (1875 – 1966) zugeschrieben.

Als Präsident von **General Motors** führte er in den 20er-Jahren jährliche Veränderungen bei Automobilen ein.

Das führte zu vermehrten Verkauf der neuen Modelle.

1924 verständigten sich international Hersteller von **Glühbirnen** darauf, die Lebensdauer auf 1000 Stunden zu begrenzen.

Dieses **Phoebus-Kartell** existierte mindestens bis 1942

Anfang der 1940er-Jahre flog das Kartell auf, künstliche Begrenzung der Lebensdauer von Glühbirnen wurde verboten.

Doch auch danach brannten die Glühlampen nicht mehr länger als 1000 Stunden.

Es gibt nämlich einen Zusammenhang zwischen Helligkeit, Lebensdauer und Stromverbrauch.

Andererseits gibt es für **Spezialanwendungen** (z. B. Verkehrsampeln) Lampen mit erhöhter Lebensdauer.

Sie sind aber deutlich dunkler.

Es gibt **viele Varianten** für (angebliche) Obsoleszenz)

So werden für neue Betriebssysteme keine **Treiber** mehr bereitgestellt.

Teilweise werden auch (absichtlich eingeführte **Modetrends** hierzu gezählt (allgemein: **psychologische Obsoleszenz**).

Andererseits hat z. B. Apple im iPhone die **Akkus fest eingebaut**.

Auch die Einschränkung der Verfügbarkeit von **Reparaturanweisungen** wird zuweilen angeführt.

Zuweilen wird sogar das absichtliche **Verkleben der Gehäuse** genannt.

Bei der **digitalen Technik** ist Obsoleszenz **programmtechnisch** lösbar.

Wenn **Obsoleszenz nachgewiesen** wird, schädigt das natürlich das **Image der Firma**.

Schädliche Einflüsse

Seit Menschengedenken gab und gibt es immer wieder große Datenverluste.

So vernichtete der Brand der Alexandrinischen Bibliothek 47 v.Chr. etwa 700 000 unwiederbringliche Buchrollen.

Noch immer werden wichtige Dokumente und Bücher durch „schlechtes“ Papier unbrauchbar.

Im September 2004 brach in der Herzogin **Anna Amalia Bibliothek** ein verheerender Brand aus.

Er vernichtete das Gebäude und beschädigte wertvollen Buch- und Kunstbestand

Ein großer Datenverlust betraf 1,2 Mill. Magnetbänder der NASA von den Mondlandungen.

Es fehlt eine systematische Katalogisierung, Bänder befinden sich teilweise in losen Pappkartons

Teilweise löst sich die Magnetschicht von der Trägerfolie.

von der 1976er Viking-Mission zum **Mars** haben 10 bis 20% der NASA-Datenbänder signifikante Fehler

Oft bereitet auch der schnelle moralische **Verschleiß von Technik und Programmen** große Probleme.

Eine alte 8-Zoll-Diskette enthält gewiss noch zuverlässig die Daten. Aber wo ist sie noch lesbar?

Aus diesen und vielen weiteren Gründen sind **Backup, Virenschutz usw. dringend zu beachten**

Es gibt zu all diesen Problemen viele Aussagen.

besonders nützlich sind die Informationen der Datenrettungsfirma **Ontrak**.

Leider muss des Umfanges wegen hier auf weitere Aussagen verzichtet.

ARRHENIUS-Gleichung

Sie wurde 1896 von SVANTE AUGUST ARRHENIUS (1859 - 1927) für chemische Reaktionen aufgestellt.
Danach erreicht eine Reaktion 50 % des Umsatzes in der **Halbwertszeit**

$$t_H = t_0 \cdot e^{\frac{\Delta E}{k \cdot T}}.$$

Es bedeuten T die absolute Temperatur und $k \approx 1,36 \cdot 10^{-23}$ J/K die BOLTZMANN-Konstante.
Die Zeitkonstante t_0 beträgt für Elektronenbahnen $\approx 3 \cdot 10^{-15}$ s und für Gitterschwingungen $\approx 10^{-4}$ s.
Angewendet auf einen Speicherzustand bedeutet es, dass nach dieser Zeit eine Fehlerrate von 50 % auftritt.
Für die notwendigen, viel kleineren **Fehlerraten** f_R ist nutzbare **Zeit** daher **deutlich kleiner**.
Die dafür **notwendige Energie** beträgt dann

$$\Delta E_{\text{Fehler}} = \Delta E / -\ln(f_R).$$

Für $f_R = 10^{-4}$ ist etwa die **10-fache** Bit-Energie notwendig.
Insbesondere ist beachten, dass es infolge der Exponentialfunktion **keine absolut sichere Speicherung** geben kann.
Achtung! Durch **Lagerung bei tiefen Temperaturen** können erheblich längere Speicherzeiten erreicht werden.
Das folgende Beispiel zeigt dies deutlich.

Beispiel Flash-Speicher

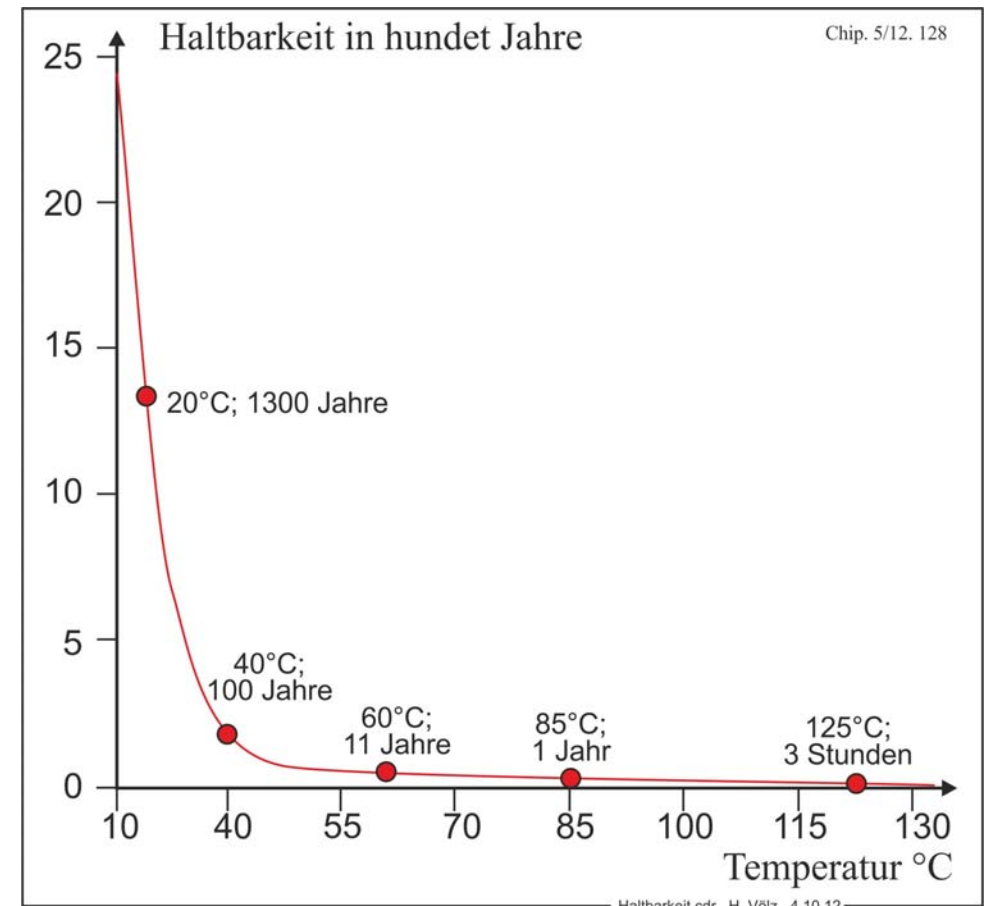
Im Allgemeinen wird dieser Zusammenhang verschwiegen, da er den Verkauf reduzieren würde
Ein Beispiel (Bild) enthielt Chip 5/2012; S.128 für einen typischen **Flash-Speicher**, z. B. USB-Stick.

Hiernach dürfte in einem **Kühlschrank** bei 10 °C der Datenbestand für etwa 10 000 Jahre gesichert.

Für den Motorola Mikrocontroller MPC 555 wurden für eine gesicherten Datenerhalt folgende Werte bestimmt.

Temperatur in °C	Jahre
20	54 430
40	7 243
55	1 768
60	1 137
80	220
100	51
120	14
125	10

Nicht so stark gesichert ist er jedoch gegenüber **Strahlungen** hoher Quanten-Energie.



Ein Lehrbeispiel für falsche Prognosen

Es geschah auf einem LEIBNIZ-Tag der Akademie der Wissenschaften der DDR Mitte der 80er Jahre.

ROBERT ROMPE (1905 - 1993): Vortrag zur Verkürzung des Zeitabstandes zwischen **Innovation** und **Produktion**.

Er benutzte dabei Werte ähnlich der folgenden Tabelle:

Schallaufzeichnung 1830 WEBER auf Glasplatte $\Rightarrow$ 1877 EDISON-Walze	47 Jahre
Relais 1835 J. HENRY erfindet Relais $\Rightarrow$ 1883 erste Anwendungen Telefon.....	48 Jahre
Mikrophon 1860 PHILIPP REIS $\Rightarrow$ 1877 Anwendung Telefon.....	17 Jahre
Röhre 1905 LEE FOREST erste Röhre $\Rightarrow$ 1812 Röhren Fertigung bei AEG	7 Jahre
Transistor 1947 Transistor durch BARDEEN, SCHOCKLEY, BRATTEIN $\Rightarrow$ 1949 Flächentransistor für Uhren ..	2 Jahre

Dann kam er zum Ergebnis, dass dieser Abstand offensichtlich schnell auf Null schrumpft.

In der Diskussion antwortete JÜRGEN KUCZYNSKI (1904 - 1997) in der für ihn typischen Weise:

Lieber Herr Kollege Rompe wir stimmen im Prinzip überein, aber wir streiten noch darüber, ob Archimedes als er mit „Heurika“ aus dem Bad stieg und zum Experiment mit der Krone sehr schell nach Hause lief, sich erst noch abtrocknete oder nicht!

Dennoch gibt es auch immer wieder ähnliche, falsche Aussagen (s. Beispiel oben), etwa:

Beim **Rundfunk** dauerte es 38 Jahren bis ihn 50 Millionen benutzten,

beim **Internet** nur 4 Jahre. Bereits 2005 erfolgten 360 Millionen Suchanfragen im Internet. ...

Erstaunlich ist, dass sich **schnell Gegenbeispiel finden** lassen, für oben z. B.:

Fotographie. 1822 NIEPCE macht erstes Foto $\Rightarrow$ 1842 Foto auf Leipziger Messe 20 Jahre

Was ist zukünftig aufzuheben und verfügbar zu halten?

Im Prinzip ist heute alles, was auf der Welt elektronisch geschieht, **vollständig zu speichern**.

Die Menge ist oft so groß, dass zuweilen **kein sinnvoller Zugriff** mehr möglich ist.

Störend bis schädlich ist der **Ballast „überflüssiger“ Daten**: Doppelungen, Markt, Geheimdienste usw. (s.o.)

Daher wird es immer wichtiger: **Was und wie** muss künftig wie **gespeichert werden**.

Es ist eine optimale **Redundanz** und **Relevanz** zu **definieren**.

Dabei sind **Inhalte**, **Sachbezüge** und **zeitbegrenzende Kriterien** zu berücksichtigen.

In diesen und weiteren Punkten können fast nur Fragen gestellt und Aufgaben genannt werden, z. B.:

- Was für ist für **wen** erforderlich? Individuell, wissenschaftlich, didaktisch, kulturell, gesetzlich usw.
- Was ist für die **Menschheit**, **Zivilisation** und **Technik** notwendig und von Nutzen?
- Was ist für **Kultur und Geschichte** wichtig: Originale der Kunst, Menschenbild, Religion usw.?
- Was muss ein (oder mehrere) **Welt-Archive** (*on demand*) bereithalten?
- Wie sind **Sammler** und **Nostalgiker** einzuordnen?

Für alle Inhalte sind **Universalformate** und **spezielle Hardware** gegen den einen „digitalen Verlust“ notwendig.

Vergleich von Mikrofiche $\Leftrightarrow$ elektronische Daten $\Leftrightarrow$ neue Techniken.

Es gibt interessante Weiterentwicklungen bei Adobe!?

Unklar ist, ob Speichern der **Originale** oder/und ihre **Rekonstruktion** mittels Formeln und Algorithmen besser ist.

Abzuwägen sind auch **inhaltliche** $\Leftrightarrow$ **ökonomische Grenzen**.

Eingrenzungen und Beschränkungen

Sie betreffen unterschiedlich insbesondere:

- **Lehrbücher, Lexika, Publikationen** usw.; es genügt ein eingeschränkter, aktuell zu haltender Anteil (***Didaktik***)?
- **Museen, Archive, Bibliotheken** usw., es sind hauptsächlich typische Originale in geringer Anzahl aufheben.
- **Rundfunk, Fernsehen, Presse**: es sind wichtige Zeitdokumente und (Eigen-) Produktionen zu speichern.
- **Historiker**: Vor allem sind nur die Original-Dokumente; sie werden jedoch ohnehin ständig neu interpretiert.
- **Archäologie** muss kulturhistorische Inhalte als „Welterbe“ sichern.

Eine systematische Übersicht ergibt:

Inhalt der Information	Art der Information	Umgang für die Speicherung
<i>Historisch</i>	Originale	Dauerhaft aufheben (Archive!)
<i>Kulturell, künstlerisch</i>	Menschliche Werte betreffend	Auswahl von Originalen aufheben, allgemein verfügbar machen
<i>Utilitär, technisch, wissenschaftlich</i>	Wissen, Fakten, Gesetze, Methoden	ständig aktualisieren
<i>Didaktisch</i>	Darstellungsform, gut lehrbar	Besseres ersetzt Älteres
<i>Geheimhaltung</i>	Fakten, Geschehen	falls überhaupt notwendig, dann unbedingt zeitliche Begrenzung
<i>Destruktiv, zerstörerisch</i>	Wissen, Methoden	moralische Verurteilung (Verbot, Strafen?)

Quantentheorie

MAXWELL und BOLTZMANN setzen die **kausalen Gesetze an die Spitze** und leiten aus ihnen **Durchschnittswerte** ab. Bei der **Quantentheorie** sind die Grundaussagen Durchschnittswerte, Aufsummierung der **Einzelwerte** ist kausalartig.

Relativitätstheorie gilt großräumig, **Quantentheorie** im Mikrobereich.

Entsprechend unserer **Erfahrungen** verfügen wir nur über eine **Sprache der Makrowelt**.

Daraus folgen die **Probleme** bei der Beschreibung der anderen, der Mikrowelt. Dies betrifft auch unsere **Intuition**.

Dennoch ist die Quantentheorie heute die am besten bestätigte physikalische Theorie.

Außerdem ist sie Grundlage vieler technischer Anwendungen, vor allem der Informationstechnik (Transistor, Laser usw.).

Dennoch sind ihre Beziehungen zur Information und Informationstheorie (bisher) kaum er-, geschweige den begründet.

Natürlich ist es möglich, die Quantentheorie im Sinne der Z-Information als **Abbildung der Mikro-Welt** zu betrachten.

Doch das bringt keine zusätzlichen Erkenntnisse zur Information, denn das gilt ja auch für alle anderen Theorien.

Natürlich gibt es Ansätze; u. a. führte CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER (1912 - 2007) ein völlig **hypothetisches Ur** ein.

Aus den vermuteten 10^{120} Ur sollte sich dann die Raumzeit einschließlich der Quantentheorie ableiten lassen.

HOLGER LYRE schrieb dazu 1998 das Buch „Die Quantentheorie der Information“ [19].

Das interpretierte und ergänzte WERNER HELD 2001 [20].

Doch nirgends gibt es Hinweise, welche Eigenschaften das Ur haben und wie wirken könnte.

Noch weniger aussagekräftig sind andere, ebenfalls voll hypothetische Versuche.

Mit den **ersten experimentellen Anwendungen** ab Mitte der 1990er Jahre ergaben sich erste brauchbare Ansätze.

Besonders wichtig sind heute vor allem die **Quantencomputer** und **-kryptographie** mittels des **QuBit**, (s. u.).

Gewiss dürften noch zu erwartende Ergebnisse dieses Quanten-Informations-Wissen deutlich erweitern.

Ob dabei aber eine völlig neue Informationsart entsteht, die dann getrennt zu benennen wäre, ist noch ungewiss.

Dieses Kapitel bringt daher nur versuchsweise, den aktuellen Stand mit sehr knappen Aussagen (s. u.).

Beschreibungen der Quantenphysik

Für sie existieren heute drei inhaltlich gleich gültige Beschreibungen:

- **Matrizenschreibweise** von WERNER HEISENBERG (1901 - 1975) von 1925,
Sie hat heute nur noch geringe Bedeutung und wird deshalb hier nicht beschrieben.
- **Wellengleichung** von ERWIN SCHRÖDINGER (1887 – 1961) von 1926.
- **Abstrakte Schreibweise** von PAUL ADRIEN MAURICE DIRAC (1902 – 1984) von 1958.

SCHRÖDINGER-Wellengleichung

Für sie wird eine ortsabhängige komplexe **Wellenfunktion** ψ eingeführt.

Mit Gesamt-Energie W , potentieller Energie U , Masse m und PLANCK-Konstante h gilt dann:

$$\nabla \psi = (W - U) \cdot \psi \cdot \frac{2 \cdot m}{h^2} .$$

Diese einfache Schreibweise erfordert den Nabla-Operator

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k = \frac{\partial}{\partial r} .$$

1927 Interpretiert MAX BORN (1882 - 1970) das Betrags-Quadrat von ψ als Wahrscheinlichkeitsamplitude.

$$dW = |\psi|^2 \cdot dV .$$

Sie besitzt jedoch im Gegensatz zur Makrophysik **keine physikalische Realität** bedeutet aber auch **kein Nichtwissen**.

Sie stellt **alles dar**, was wir je über das **Quantensystem wissen können**, aber z. T. nicht erfahren werden.

Die räumliche Wahrscheinlichkeits-Verteilung eines Quantenobjekts zeigt sein **Orbital** (lateinisch **orbis** Umlauf)

Klassisch entsprechen sie den umlaufenden Elektronen und können auch als Z-Information interpretiert werden.

Die Wellenfunktion ψ beschreibt also nicht den Zustand eines Quantenobjekts, sondern gibt nur die Wahrscheinlichkeit dafür an, was bei einer makroskopischen Messung des Objekts erhalten werden kann.

DIRAC-Schreibweise

1958 schuf PAUL ADRIEN MAURICE DIRAC (1902 – 1984) eine abstrakte Schreibweise für die Quantenphysik.

Sie gilt für die Matrix-Schreibweise von HEISENBERG und die Wellengleichung mit Ψ von SCHRÖDINGER.

Benutzt wird ein komplexer Wert $\xi = a + b \cdot i$ mit $i = \sqrt{-1}$

Für die Zeile der Matrix wird $\langle \xi |$ (gesprochen *bra*) und für die Spalte $|\xi\rangle$ (gesprochen *ket*) eingeführt.

Sie ist besonders übersichtlich für die einfachsten quantenphysikalischen Systeme mit nur zwei orthogonalen Zuständen.

Solche Systeme entsprechen einem QuBit (s. u.). Beispiele sind:

Abstraktes (binäres) System	Elektronenspin	Photon-Polarisation	Atomares System*)
$ 0\rangle$	up $ \uparrow\rangle$	horizontal $ \leftrightarrow\rangle$	Grundzustand
$ 1\rangle$	down $ \downarrow\rangle$	vertikal $ \updownarrow\rangle$	angeregter Zustand
Standardbeschreibung	STERN-GERLACH-Versuch	Polarisator	Energieniveaus

*) Hier wird eine starke Vereinfachung gemacht, denn eigentlich existieren bei jedem atomaren System viele Zustände

Für den Betrag der Matrix gilt dann $\langle \xi | \xi \rangle$ (gesprochen *bra-ket*, englisch Klammer)

Für zwei Lösungen (Zustände) A und B – z. B. der SCHRÖDINGER-Gleichung – ist dann $\langle A | B \rangle$ ihr Skalar-Produkt

Superposition und BLOCH-Kugel

Für ein gegenüber allen Einwirkungen von der Außenwelt abgeschirmtes Quantensystem gilt:

$$\Psi = c_1 \cdot |A\rangle + c_2 \cdot |B\rangle \text{ mit } c_1^2 + c_2^2 = 1.$$

Darin sind c_1 und c_2 beliebige, (reelle) frei verfügbare Konstanten.

Es existieren also **gleichzeitig unendlich viele überlagerte Quantenzustände** $\Rightarrow$ **Superposition**).

Hier liegen die Vorteile vom Quantenrechner und QuBit (s. u.).

1932 beschrieb JOHN VON NEUMANN (1903 – 1957) die Inhalte in „Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik“. FELIX BLOCH (1905 – 1983) schuf hierfür ein **Kugelbild**.

Es kann durch alle Punkte auf der **Kreisoberfläche** mit $r = \langle A|B \rangle$ veranschaulicht werden.

Am oberen „Nordpol“ befindet sich der eine Zustand (z. B. A), am unteren „Südpol“ der andere (dann B)

Durch eine **externe Einwirkung**, z. B. durch eine Messung wird **zufällig** ein einziger Zustand angenommen.

Dabei wird dem System Quantenenergie entnommen und so verstärkt, dass sich ein Makrosystem ändert.

Das Makrosystem kann dabei aber nur einen einzigen von den vielen Quantenzuständen übernehmen.

Seine Auswahl erfolgt zufällig. Die Folge ist **Dekohärenz** = aufgehobene Superposition.

Jede Messung an einem Quantensystem „ähnelte“ folglich einer klassischen zerstörenden Wiedergabe (dRAM).

Im Gegensatz zum d-RAM ist aber ein „Refresh“ nicht möglich!

Die Wiedergabe liefert aber nicht eindeutig deterministische, sondern nur statistisch bedingte Werte.

Das ist letztlich auch eine Auswirkung der HEISENBERG-Unschärferelation.

Das QuBit

Den Begriff **Quantenphysikalisches Bit** hat (QuBit) 1995 hat BENJAMIN W. SCHUMACHER geprägt [21]

Neben QuBit sind auch qbit, QBit und Qbit gebräuchlich.

Für eine evtl. Quanteninformation ist es genauso grundlegend wie das Bit für die SHANNON-Information.

Die beiden Bit-Zuständen $\{0, 1\}$ werden analog auf das Quantensystem mit zwei orthogonalen Zustände übertragen:

$$\text{QuBit} = \{c_1|0\rangle + c_2|1\rangle\}.$$

Es besitzt damit **gleichzeitig alle kontinuierlichen Werte** der **Kreisoberfläche** mit dem Radius 1.

Durch eine **Messung** wird jedoch zufällig nur ein einziger reeller Wert mit c_{1m} und c_{2m} angenommen:

$$x = c_{1m} \cdot 0 + c_{2m} \cdot 1.$$

Er liegt im abgeschlossenen Intervall $[-1 \dots \pm 0 \dots 1]$.

Bzgl. der **eigentlichen Quantenzustände** gilt daher:

Sie sind **nicht zu klonen**; es gibt **kein Backup**; **Fehlerkorrektur** dürfte sehr **schwierig** sein.

Traumaskop als QuBit-Modell

Das Traumaskop ist ein ***Vorläufer des Films*** und wird zuweilen noch als Kinderspielzeug benutzt [22], S. 546.

In der Mitte eines langen Fadens ist eine runde Pappscheibe befestigt (folgendes Bild rechts oben).

Auf ihrer Vorder- und Rückseite befinden zwei Bewegungsphasen eines Bildes

Durch Rotation kann so dem Auge Bewegung vorgetäuscht werden.

Bei sehr schneller Rotation werden jedoch beide Bilder zu einem Bild überlagert.

Dieser Effekt wird hier zur ***stark vereinfachten*** Veranschaulichung des QuBit herangezogen.

Vorder- und Rückseite sind durch unterschiedliche Schrift-Fonts, -Farben und -Größen zufällig mit 0 oder 1 belegt.

Auf beiden Seiten sind so vier Belegungen möglich: 11, 12, 21 oder 22

Eigentlich müsste eine Kugel mit unendliche vielen Inhalten in zwei Achsen rotierend gewählt werden.

Ohne Rotation sind daher 2 Bit (∞) für die Entscheidung über die aktuelle Belegung erforderlich (SHANNON-Entropie).

Bei ***schneller Rotation*** überlagern sich beide Seiten und beide Belegungen sind sofort, aber unscharf sichtbar.

Diese summarische Bild entsteht auch aus vielen Schräglagen bis zum dünnen Strich

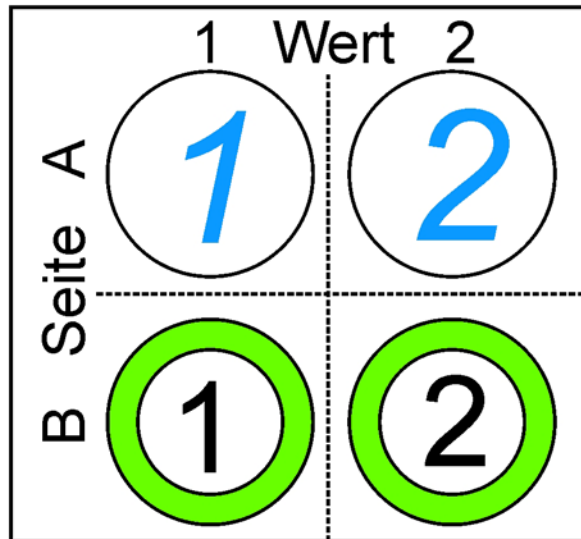
Es entspricht ***1 QuBit mit Superposition***.

Es werde nun angenommen, dass extrem schnell rotierende Traumaskop befinde sich im Dunkeln und sei ***atomar klein***.

Ein kurzzeitiger ***Lichtblitz zerstört*** es und gleichzeitig entsteht ein Bild von der zufälligen Lage.

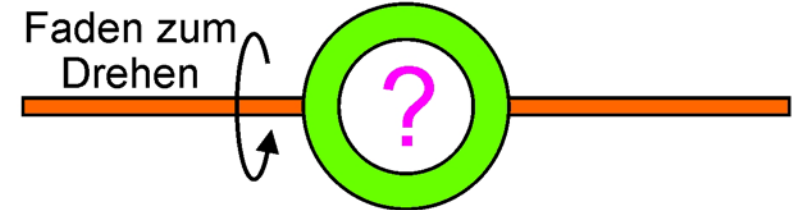
Das QuBit hat einem Messwert mit ***Dekohärenz*** (ohne Superposition) einen Messwert erzeugt.

Möglichkeiten
zur beidseitigen
Kennzeichnung
einer runden
Scheibe.



a)

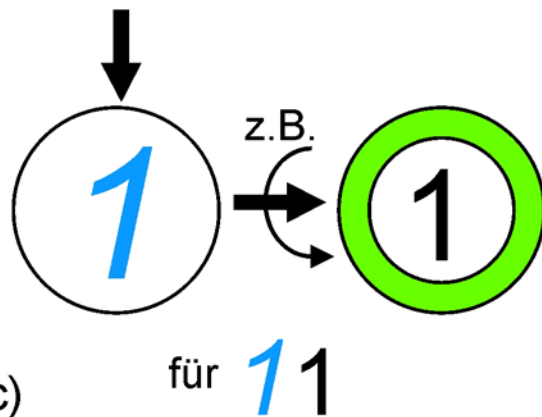
Modell Traumaskop



enthält Seiten A und B,
können jeweils 1 oder 2 besitzen,
auf A-Seite ist Zahl größer + kursiv.
Möglich sind die vier Varianten:
 $AB = \{11, 12, 21, 22\}$.

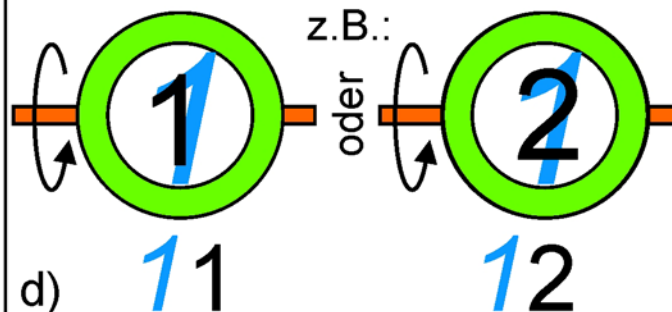
b)

Klassische Informationstheorie
verlangt zur Entscheidung
Hinlegen + Umdrehen
= 2 Bit



c)

Korrespondenzmodell
nach N. Bohr:
Traumaskop rotiert sehr schnell,
beide Seiten sind zugleich sichtbar.
 $\Delta t \rightarrow \infty$.
Zur Entscheidung genügt
= 1 Blick



d)

Quantentheorie
Traumaskop rotiert (Spin)
mit sehr kleiner Masse
bei sehr tiefer Temperatur.
Es sind immer beide Zustände
zugleich vorhanden (verschränkt).
 $\Psi = c_1|A\rangle + c_2|B\rangle$
Messung erfolgt mit Lichtblitz
 $\Delta t \ll 1/\omega$
Foto zeigt nur Zustand c_{1m}, c_{2m} .
Lichtblitz zerstört den Zustand Ψ ,
exakte Wiederholung unmöglich.
= 1 QuBit

e)

QuBit-Systeme

Es sind viele QuBit-Systeme vorgeschlagen und erprobt worden und neue kommen ständig hinzu.

Hier können nur einige kurz beschrieben werden Details enthält u. a. [23] S. 680 und neuere Ergänzungen in [24].

- **JOSEPHSON-Kontakte** wurden 1997 von SHNIRMAN u. a. vorgeschlagen. BRIAN DAVID JOSEPHSON (*1940)
- **Quantenpunkte** (= quantum dots = Quanten-Fallen) schlugen 1998 DANIEL LOSS und DAVID DIVINCENZO vor: Mit dem Rasterkraftmikroskop werden atomweise im Halbleiterkristall „Fehlstellen“ von wenigen nm³ eingebaut. Quantenpunkte sind leider immer etwas mit dem umgebenden Kristallgitter verkoppelt → kurze Dekohärenzzeit.
- **Kernspin:** Nutzung erfolgt durch NMR (**n**uclear **m**agnetic **r**esonance = Kernmagnetische Resonanz), bisher das einzige QuBit-System, das bei Zimmertemperatur funktioniert. Für ein Qubit sind aber immer sehr viele Moleküle ($\approx 10^{18}$) → geringe Speicherdichte.
- **Ionenfallen** wurden von THEODOR WOLFGANG HÄNSCH (*1941) und ARTHUR LEONARD SCHAWLOW (*1921) für freie Atome und von WINELAND und DEHMELT für Ionen vorgeschlagen. Sie verlangen sehr gutes *Vakuum* und *mehrstufige Kühlung* bis zu wenigen nK.
- **Magneto-optische Fallen** (= MOT = **m**agneto **o**ptical **t**rap) wurden 1987 von JEAN DALIBARD (*1958) entworfen, später von DAVID PRITCHARD und STEVEN CHU (*1948) gebaut.
- **BOSE-Einstein-Kondensat** (BEK englisch BEC) wurde 1924 von ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955) und SATYENDRA NATH BOSE (1894 – 1974) vorhergesagt und kann als Weiterentwicklung der Ionenfallen gelten. Es wurde erstmalig 1995 von WOLFGANG KETTERLE (*1957) bei wenigen μ K mit Rubidium-Atomen realisiert und dann für QuBit von IGNACIO CIRAC und PETER ZOLLER vorgeschlagen.

Dekohärenz- und Schaltzeit

QuBit sind nur solange beständig, wie **kein äußerer Einfluss** ausgeübt wird, der eine Dekohärenz bewirkt.

U. a. stören kosmische und radioaktive Strahlung, Photonen-Emission und spontaner Atom-Zerfall.

Selbst minimales thermisches Rauschen stört. Deshalb sind extrem tiefe Temperaturen – **mK bis nK** – notwendig.

Sie können nur mit komplizierter, **mehrstufiger Kühlung** u. a. Laser-Kühlung erreicht werden.

Annähernd gilt: je größer die Masse, desto kürzer ist die **Dekohärenzzeit** t_{De}

So ist z. B. ist die Superposition zweier Zustände mit 1 g Masse und 1 cm Ø bereits nach ca. 10^{-23} s zerstört.

Typischen Dekohärenzzeiten hängen auch erheblich vom jeweils verwendeten Quantensystem ab.

Die besten Werte wurden bisher beim gut „abgeschirmten“ **Kernspin** erreicht.

Für Quantencomputer sind außerdem noch die „Gatter-Schaltzeiten“ t_{Ga} der QuBit wichtig.

Das Verhältnis t_{Ga}/t_{De} gibt die maximal mögliche Anzahl der Operationen an.

Typisch sind folgende, aber stark von der Temperatur Und Weiterentwicklung abhängigen Werte:

System	t_{De}	t_{Gatter}	Verhältnis
Ionenfallen	10^{-4} s	10^{-17} s	10^{13}
Kernspin	10 s	10^{-6} s	10^7
Quantenpunkte	10^{-6} s	10^{-9} s	10^3

Verschränkung und Nichtlokalität

Ein Speichern oder Kopieren von QuBit ist leider nicht möglich.

Daher werden (ähnlich dem Bit) QuBit fast nur zur **Datenübertragung** und in **Computern** benutzt.

QuBit und quantenphysikalische Teilchen lassen sich fest zu einer Gesamtheit verkoppeln.

Sie besitzen dann nur noch gemeinsame Eigenschaften.

Hierfür hat 1935 SCHRÖDINGER den Begriff **Verschränkung** eingeführt.

Passiert z. B. ein Photon durch einen Kristall, so können 2 verschränkte Photonen von jeweils halber Energie entstehen.

Sie befinden sich in einer unbekannten Superposition, aber ihre Polarisierungen stehen grundsätzlich senkrecht zueinander.

Beide bewegen sich in entgegengesetzte Richtungen.

Wird nun eines **gemessen**, so wird dessen Superposition aufgehoben = **Dekohärenz**

Damit liegt seine Polarisationsrichtung fest und zwangsläufig besitzt das andere **sofort** die dazu senkrechte Polarisation.

Die Entfernung beider Photonen Teilchen spielt dabei keine Rolle, das bedeutet **unendliche Geschwindigkeit!**

Heute wird statt dessen von **Nicht-Lokalität** gesprochen, Sie steht völlig im Gegensatz zur klassischen Physik.

EINSTEIN, PODOLSKY und ROSEN nannten sie **spukhafte Fernwirkung**, heute ist **EPR-Paradoxon** üblich.

Sie folgerten, die Quantenmechanik muss entweder nichtlokal oder unvollständig sein (Theorie verborgener Parameter).

1964 konnte JOHN BELL mittels seiner Ungleichung die Nicht-Lokalität beweisen

Mathematisch bedeutet das: In zwei verschränkten Teilchen steckt mehr Informationen als in deren einfachem Produkt.

Gemäß der **Komplementarität** sind für Quantensysteme niemals die Werte aller Observablen gleichzeitig definiert.

Ein Beispiel hierfür ist ein **Elektron**, das auch als **Welle** in einen großen Raum existiert.

Wird es **als Teilchen registriert**, so geschieht das an einem genau definierten Ort.

Ohne Verzögerung muss dabei die Welle im gesamten Raum verschwinden.

Das wird als **Kollaps seiner Wellenfunktion** bezeichnet → 1922 Kopenhagener Deutung von NILS BOHR.

Quanten-Kryptografie

Die Verfahren verwenden einzelne Photonen zur Übertragung des Schlüssels.

Es gibt zwei Varianten der Polarisierungscodierung

1. mittels einzelner Photonen
2. mittels nicht lokaler Korrelation verschränkter Zweiteilchenzustände, z. B. mit korrelierten Photonen.

Es werden entweder horizontal-vertikal oder diagonal sowie verschränkte Zustände von $22,5^\circ$ und $67,5^\circ$ gewählt.

Wenn der Lauscher nicht weiß, in welcher Basis ein Qubit codiert ist, kann er es praktisch nicht auszulesen.

Zusätzlich wird durch den Versuch der Zustand zerstört, so dass unbemerktes Lauschen nicht möglich ist.

Auf dieser Grundlage entstanden und entstehen verschiedene Wege zur „sicheren“ Kryptografie.

Ihre Realisierung ist schwierig: Rauschen der Übertragungskanäle, Transmissionsverluste, Messfehler usw.

1969 schlug STEPHEN WIESNER die Quantenkryptographie vor, wurde aber erst 1983 in den Sigact News veröffentlicht.

1984 Protokoll zur Schlüsselübertragung von CHARLES H. BENNETT und GILLES BRASSARD wurde publiziert = BB88.

1989 demonstrierte C. BENNETT und J. SMOLIN einen Schlüsselaustausch mit polarisierten Photonen über 30 cm.

1991 wurde das BB84-Protokoll erstmals erfolgreich über eine Distanz von 32 cm vorgeführt.

1993 Physiker von IBM und der Universität Montreal benennen eine Möglichkeit für die Teleportation.

1995 gelang NICOLAS Gisin der Schlüsselaustausch über 23 km.

1997 gelang ANTON ZEILINGER (*1945) die erfolgreiche „Teleportation“ zweier Photonen.

1999 gelang ihm Kryptografie mit verschränkten Photonen über 360 m mit 800 Bits/s und einer Fehlerrate von $\approx 3\%$.

2004 wurde zum ersten Mal eine Geldüberweisung mittels Quantenkryptografie über 1,5 km gesichert.

Diese Aufzählung ist nicht vollständig, denn ständig werden neue Ergebnisse gewonnen.

Zusätzlich generieren Quantensysteme als Zufallszahlengeneratoren Schlüssel für klassische Verfahren.

Quanten-Computer

Sie benötigen:

1. **Quanten-Register** bestehen aus mehreren verschränkten QuBit, die gemeinsam vor äußeren Einflüssen geschützt werden müssen. bisher sind bis zu 1000 QuBit realisiert.
2. **Quanten-Gatter**, die deutlich andere Eigenschaften als die klassische Register (wie AND, OR NOT usw.) besitzen. es sind z. Z. reichlich zehn Varianten bekannt, darunter das Hadamard-Gatter und Controlled-NOT (CNOT).
3. **Angepasste Algorithmen**. Am bekanntesten ist der SHOR-Algorithmus zur extrem schnellen Primzahlzerlegung; Durch ihn könnten die heute üblichen Krypto-Verfahren unsicher werden.

Bei den Quanten-Rechnern liegen immer alle möglichen Ergebnisse gleichzeitig als Superposition vor.
Daher wären Quanten-Computer evtl. viel leistungsfähiger und schneller als klassische Computer!

1994 PETER SHOR entwickelt seinen Algorithmus und beutzt ihn zur Primzahlzerlegung von 15.

1997 D. CORY, N. GERSCHENFELD und I. CHUANG nutzen die Atome komplexer Moleküle. Ihre Kernspins können als QuBits durch ein externes Magnetfeld parallel oder antiparallel ausgerichtet werden. Die Moleküle bilden aus ihnen das Quantenregister.

1999 wurde erster 5-QuBit-Computer mit Molekül BOC-13C₂-15N-2D₂- Glycerin-Fluorid realisiert.

2001 wurde mit dem Perfluorobutadien-Eisen-Komplex C₁₁H₅F₅O₂Fe die Zahl 15 in ihre Faktoren zerlegt.

2005 gelang RAINER BLATT erstmals, ein QuByte zu erzeugen. Die Verschränkung aller acht Qubits musste durch 650.000 Messungen nachgewiesen werden und dauerte 10 Stunden.

Auch hier werden ständig neue Ergebnisse vorgestellt, es ist noch nicht abzusehen wann der praxistaugliche Quantencomputer vorliegen dürfte.

Maser und Laser

Maser und Laser sind *heute so bekannt*, dass hier kaum Erklärungen erforderlich sind.

Sie beruhen auf der *stimulierten Emission* in Kombination mit einem *3-Term-Zuständen*; s. z. B. [10] S. 143 + {3}
Ihre Wirkung entspricht einer W-Information.

Erwähnt seien daher hier nur wenige Eck-Daten

1916 ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955) sagt *Stimulierte Emission* voraus.

1928 RUDOLF LADENBURG (*1882) und HANS KOPPERMANN (*1895) weisen stimulierte Emission nach.

1951 CHARLES HARD TOWNES (*1915) benutzt stimulierte Emission für *ersten Maser*.

1954 *NH₃-Laser* durch NIKOLAJ GENNADIJEWITSCH BASSOW (*1922) und PROCHOROW.

1956 NICOLAAS BLOEMBERGEN (*1920) *Festkörper-Maser*, 1957 von DERRICK SCOVIL realisiert.

1957 GORDON GOULD (1920 – 2005) prägt *Begriff Laser*.

1960 THEODORE HAROLD MAIMAN (*1927) Laser mit *Rubin-Kristall* und Blitzlampe für 694 nm.

1962 BASSOW realisiert *Injektions-Halbleiter-Laser* mit GaAs.

1964 TOWNES, BASSOW und ALEXANDER MICHAJLOWITSCH PROCHOROW (1916 - 2002) *Nobelpreis* für Physik.

1982 *CD-Spieler* mit Halbleiterlaser.

Zusammenfassung

- Prinzipiell wäre eine Zuordnung zur **Z-Information** möglich. Das bedeutet jedoch nichts Neues und betrifft auch fast nur das **Theorien-Gebäude**.
- Lediglich die Kenntnis um **Maser und Laser** ist so gut geklärt, dass eine Beschreibung per W-Information genügt.
- Die Ursache-Wirkung-Kopplung ist jedoch durch den **wahrscheinlichkeitsbedingten und stark reduzierenden Übergang** vom quantenphysikalischen Mikro- zum makroskopischen System deutlich anders.
- Das notwendige **Doppelbild von Welle und Partikel** ist so nicht einordenbar.
- Infolge möglicher diskreter **Kleinsteinheiten** (Zeit, Raum, Energie) sind keine kontinuierlichen Inhalte zu erwarten.
- **Dekohärenz, Superposition, Nichtlokalität, Verschränkung** und **Nichtclonbarkeit** erzwingen jedoch neue Aussagen
- Dennoch zeigen das **QuBit** und dessen Anwendungen in der **Kryptografie** sowie die Möglichkeit einer **neuen Computertechnik** wichtige Besonderheiten für eine mögliche aber **noch recht unbestimmte Q-Information**.

Warum Thermodynamik

Dieses Kapitel ist **leider notwendig**, da allzu häufig (selbst von Fachwissenschaftlern), die SHANNON- und BOLTZMANN-Entropie **nicht eindeutig unterschieden**, sondern **teilweise sogar vermengt** werden.

Gemeinsam sind aber beide wesentlich theoretische Grundlage für zwei technische Revolutionen.

- Die BOLTZMANN-Entropie hängt eng mit den Möglichkeiten der **Dampfmaschine** zusammen, welche die erste **industrielle Revolution** einleitet, weil sie die menschliche und Pferdekraft (PS) deutlich übertraf und daher ersetzte.
- Ähnlich steht die SHANNON-Entropie für die rasante Entwicklung der **Nachrichtentechnik**

Ferner steht **in beiden Formeln** der **Logarithmus**.

Dies soll auch der Grund gewesen sein, das NORBERT WIENER diesen Namen SHANNON für die Formel vorschlug.

In allen anderen Punkten unterscheiden sich jedoch beide Entropien total.

Dies muss aber nur durch eine kurze Einführung in die Thermodynamik verstanden werden.

Begin der Thermodynamik

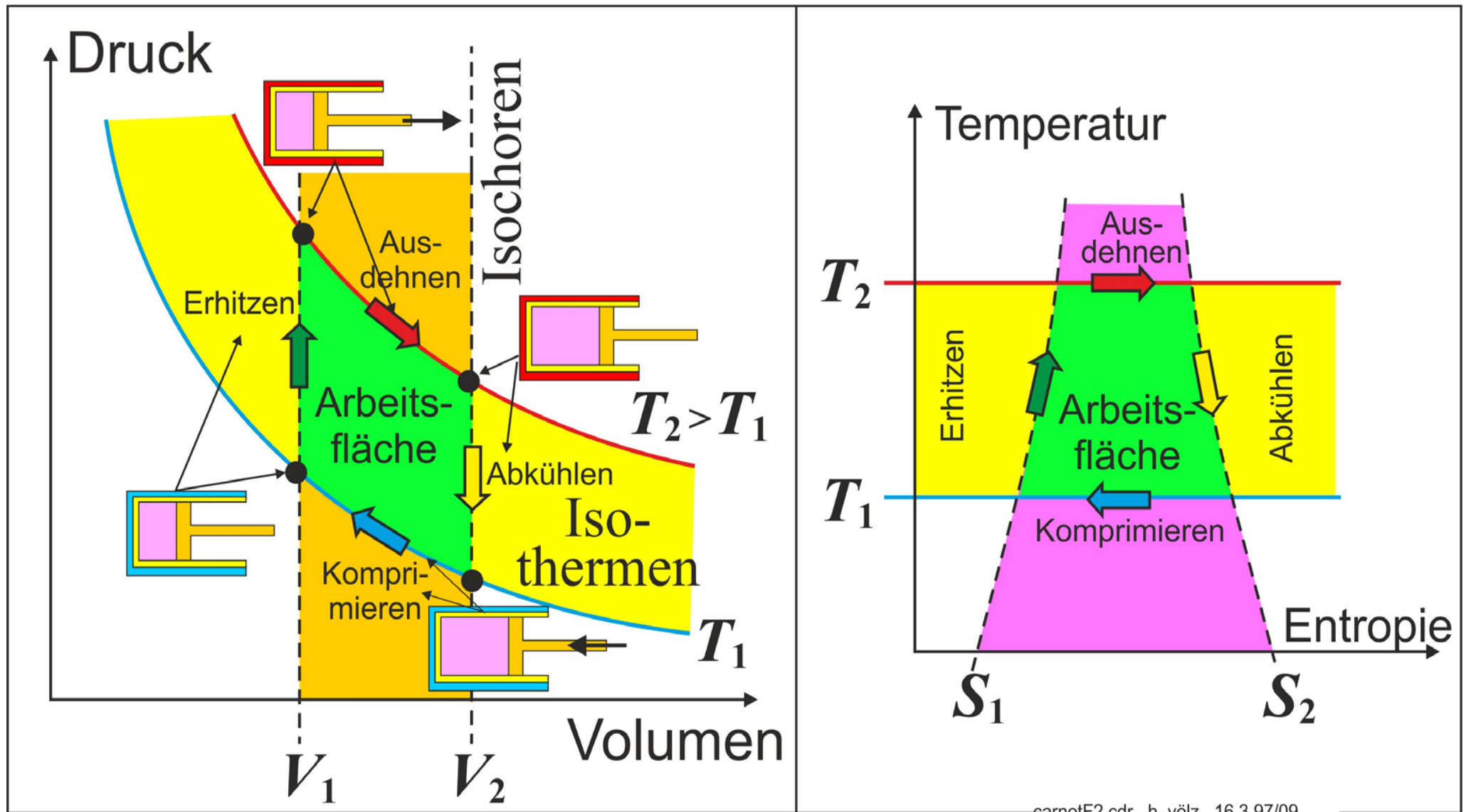
Ab Mitte des 16. Jh. war die Dampfmaschine allgemein verfügbar. Damit begann die **industrielle Revolution**. Jeder gute Ingenieur konnte damals eine bauen und einsetzen. Dabei wurde zuweilen **Wärme als Stoff** betrachtet. Doch bereits 1738 hatte Daniel BERNOULLI, (1700 - 1782) Wärme als **ungeordnete Bewegung** der Moleküle erkannt. Völlig unklar war aber, wie viel von der Wärme als **mechanische Energie** nutzbar werden konnte. Hierfür definierte 1824 NICOLAS LÉONARD SADI CARNOT (1796 – 1832) den **idealen Kreisprozess**. 1843 formulierte JULIUS ROBERT VON MAYER (1814 - 1878) den **Energie-Erhaltungssatz**. Wenig später folgten JAMES JOULE (1818 - 1889) und HERMANN LUDWIG VON HELMHOLTZ, (1821 - 1894). Das führte zum 1. Hauptsatz der Thermodynamik und 1851 formulierte KELVIN (THOMSON) (1824 - 1907) den 2. Damit waren die wesentlichen Grundlagen der der Thermodynamik vorhanden.

Der CARNOT-Kreisprozess

Für den von SADI CARNOT (1796 - 1832) definierten Kreisprozess werden **zwei ideale Wärmequellen** angenommen. Sie besitzen die konstanten Temperaturen $T_v > T_u$ die der Verbrennungs- bzw. Umwelttemperatur entsprechen. Weiter gibt es ein **Zylindergefäß** mit verschiebbaren Kolben zur **mechanischen Energiekopplung**. Mit ihm wird auch das verfügbare Volumen zwischen V_1 und V_2 geändert. Das Zylindergefäß kann wahlweise mit T_v oder T_u gekoppelt werden. Bei fester Temperatur und Volumenänderung werden die hyperbelförmigen **Isothermen** durchlaufen (Gas-Gesetze). Die geradlinigen **Isochoren** entstehen beim Abkühlen bzw. Erhitzen, wenn das Volumen konstant gehalten wird. Entlang den großen Pfeilen (im Bild links) entsteht so der Kreisprozess, der die **Arbeitsfläche** begrenzt. Ihre Größe entspricht der aus der **Wärmeenergie** ΔQ erzeugten **mechanischen Energie** ΔW . Aus den Gasgesetzen folgt dann der Wirkungsgrad des idealen Kreisprozesses zu.

$$\eta = \frac{\Delta Q}{\Delta W} \leq \frac{T_v - T_u}{T_v}.$$

Damit er möglichst groß wird, muss die **Verbrennungstemperatur** T_v möglichst hoch und T_u möglichst klein sein. Jede reale Dampfmaschine hat Verluste: nicht ideale Wärmeisolation und -übertragung, Reibung bei Bewegung des Kolbens und Wirbelbildung bei seiner zu schnellen Bewegung. Daher ist ihr Wirkungsgrad stets noch kleiner. Durch Messung des erreichten Wirkungsgrades im Vergleich zum ideal möglichen, sind die Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen. Auf Basis der Theorie entwickelte RUDOLF CHRISTIAN KARL DIESEL (1858 - 1913) seinen deutlich besseren Verbrennungsmotor, für den er 1892 das Patent erhielt.

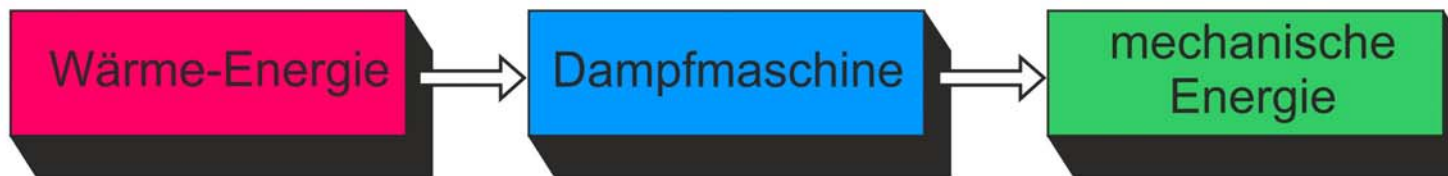


Auf das äquivalente **rechte Bild** mit der **Entropie** S (ebenfalls temperaturabhängig) wird später eingegangen. Zunächst folgt ein **Vergleich der Wirkungsgrade** (noch immer fehlt er für die Informatik!)

Problemvergleich für Wirkungsgrade

Wieviel Wärme kann in mechanische Energie gewandelt werden?

Carnot-Prozess 1824
Parameter: Temperaturen



Wirkungsgrad: $\eta = \frac{T_v - T_u}{T_v}$

(Entropie: $\Delta S = \Delta Q/T$ bzw. $S = k_B \ln(W)$)

Wieviel Information kann über den Kanal übertragen werden?

Shannon-Theorie 1940/48
Parameter: Statistik der Signale

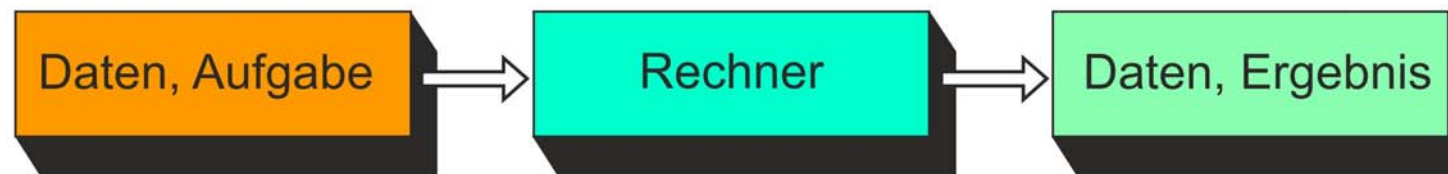


Entropie: $H = -\sum_{v=1}^n p_v \cdot \lg(p_v)$

Kanalkapazität: $C = B \cdot \lg\left(\frac{P_n + P_s}{P_n}\right)$

Was ist der beste Algorithmus zur Lösung einer Aufgabe?

Z. Z. keine Ansätze zur Lösung;
Parameter könnten sein:



- Programmgröße,
- Laufzeit,
- Speicherbedarf

wirkgradH.cdr h. völz 27.1.94

Entropie

Die Wärmemenge (Energie), die mechanisch genutzt werden wird **Verwandlungsinhalt (Entropie) genannt**.

Dafür gilt wegen CARNOT $\Delta S = \Delta Q/T$ wobei Q die Wärme-Energie und T die absolute Temperatur bedeuten.

Die gewinnbare mechanische Energie (Entropie) ΔS ist also umso größer, je tiefer die Bezugs- = Umwelttemperatur ist. Dabei gibt es keinen absoluten Bezugspunkt, denn die Wärmeenergie ΔQ tritt nur als Differenz auf.

Primitive Veranschaulichungen zur Entropie $\Delta S = \Delta Q/T$:

Sie entspricht den Stromkosten eines Kühlschranks mit der **Innen-Temperatur** T in kWh/T

Und es folgt, je tiefer T desto mehr Stromkosten.

Bereits hier sei betont, dass die thermodynamische Entropie kaum zur Information führen kann.

Sie betrifft nur die physikalische Inhalte

Das Wort **Entropie** wurde 1865 von RUDOLF CLAUSIUS (1822 - 1888), also weit vor SHANNON und WIENER geprägt:

„Sucht man für S (die Entropie) einen bezeichnenden Namen, so könnte man, ähnlich wie von der Größe U (der inneren Energie) gesagt ist, sie sey der Wärme- und Werkinhalt des Körpers, von der Größe S sagen, sie sey der Verwandlungsinhalt des Körpers. Da ich es aber für besser halte, die Namen derartiger für die Wissenschaft wichtiger Größen aus den alten Sprachen zu entnehmen, damit sie unverändert in allen neuen Sprachen angewandt werden können, so schlage ich vor, die Größe S nach dem griechischen Worte »tropae«, die Verwandlung, die Entropie des Körpers zu nennen. Das Wort Entropie habe ich absichtlich dem Wort Energie möglichst ähnlich gebildet, denn die beiden Größen, welche durch diese Worte benannt werden sollen, sind ihren physikalischen Bedeutungen nach einander so nahe verwandt, daß eine gewisse Gleichartigkeit in der Benennung mir zweckmäßig zu seyn scheint.“

Die Hauptsätze Thermodynamik

0.: Streben nach Gleichgewicht: nach hinreichend langer Wartezeit stellt es sich immer ein.

In geschlossenen Systemen gleichen sich dann immer alle Temperaturdifferenzen aus.

Makroskopische Größen, wie Druck, Temperatur, Volumen usw. ändern sich dann nicht mehr.

Dieser 0. Satz wird oft nicht genannt sondern einfach vorausgesetzt.

1.: Energieerhaltung. Hierzu gehört der CARNOT-Kreis-Prozess

Für Gesamtenergie gilt $U = \frac{3}{2} \cdot N \cdot k \cdot T$ mit Teilchenzahl N , Boltzmann-Konstante k , absolute Temperatur T

Die Änderung der inneren Energie $\Delta U = A + Q$ besteht aus mechanischer Energie (Arbeit) A und Wärme Q .

Mechanische Energie ist immer vollständig in Wärme umwandelbar, aber nicht umgekehrt, Zeitpfeil (s. o.)

Es gibt kein Perpetuum mobile 1. Art, das dauernd Energie erzeugt, ohne sie der Umgebung zu entziehen.

2.: Definition der Entropie 1854 CLAUSIUS: $\Delta S = \Delta Q/T$ (Kreisprozess); 1857 BOLTZMANN: $S = k_B \ln(W) \approx \mathbf{H\text{-Theorem}}$.

BOLTZMANN benutzt die Wahrscheinlichkeit W des Zustandes und nicht die dazugehörige absolute Temperatur T

k_B = BOLTZMANN-Konstante; die sehr großen Anzahl der möglichen Zustände erzwingt den Logarithmus (s. u.)

Zusammenstöße der Moleküle erhöhen die Entropie bis zum Maximum der Gleichverteilung) $\Rightarrow$ Zeitrichtung.

Entspricht der Irreversibilität der meisten natürlichen Prozesse $\Rightarrow$ **Wärmetod**.

KELVIN 1851: Unmöglichkeit des Perpetuum mobile 2. Art, das ständig periodisch Wärme in Arbeit wandelt

Das ist aber nicht beweisbar, wird jedoch immer wieder beobachtet und bestätigt!

3.: Der absolute Nullpunkt $T = 0$ wird 1848 von KELVIN vorgeschlagen

An ihm besitzt ein System keine Anregungsenergie mehr.

Er ist experimentell nie erreichbar. Dafür gilt nämlich $T \rightarrow 0 \Rightarrow \Delta S \rightarrow 0$

Statistische Thermodynamik

1859 bestimmt JAMES CLERK MAXWELL (1831 - 1879) die Geschwindigkeitsverteilung der Moleküle eines Gases.

1868 wurde sie von LUDWIG BOLTZMANN (1844 - 1906) deutlich erweitert

1872 gelingt es ihm hiermit die die Entropie statistisch zu erklären und so gelangt er zur zweiten Entropie-Formel

$$S = k_B \cdot \ln(W).$$

W ist die **Wahrscheinlichkeit** des einen, jeweils eingenommenem **Makrozustandes**.

Er ist eine der oft sehr vielen Kombinationsmöglichkeiten aus den **Mikrozuständen** (s. u.).

So entsteht eine Brücke zwischen der **Mikroebene** der vielen Teilchen (Atome, Moleküle usw.)

zur **Makroebene** ihrer Gesamtheit (Gasdruck usw.).

Dabei ist **Boltzmann-Konstante** $k_B \approx 1,38065 \cdot 10^{-23}$ Joule/Kelvin ist notwendig, um Übereinstimmung mit der Formel von CLAUSIUS zu erhalten.

$$\Delta S = \Delta Q/T.$$

Q = Wärme-Energie und T = absolute Temperatur.

Mikrozustand

Ein **Mikrozustand** ist klassisch durch die Angabe aller Orte q und Impulse p **eines einzelnen Teilchens** bestimmt:

$$\text{Mikrozustand} = (\vec{q}, \vec{p}).$$

Zu ihm gehört ein $6N$ -dimensionaler Vektorraum (2×3), der auch Phasenraum genannt wird.

Er ist bestimmt durch das **Verteilungsmuster** der Atome, Moleküle usw., bezüglich ihrer Orte und Bewegungen.

Er betrifft auch die Energieniveaus der Moleküle einer Reaktion.

Für möglichen Mikrozustände Z_i existieren dabei die Wahrscheinlichkeiten w_i .

Das demonstriert vereinfacht und anschaulich eine **Urne** mit zwei Löchern, in die eine Kugel fällt.

Sie kann im rechten oder linken Loch mit den $w_{links} = w_{rechts} = 1/2$ ankommen.

Bei einem **Würfel** sind es die gewürfelten Augenzahlen mit $w_1 = w_2 = w_3 = w_4 = w_5 = w_6 = 1/6$.

Es gibt auch (Mikro-) Systeme mit unterschiedlichen w_i (s. Entropie Katenspiel: $w_Z = 1/2$, $w_M = 1/4$, $w_D = w_A = 1/8$).

Besteht ein **System** nur aus **gleichen Teilchen** sind auch für alle Teilchen die w_i **gleich**.

Makrozustand

Ein Makrozustand betrifft ein **System** in dem N **Mikroteilchen** zu einer Einheit zusammengefasst sind.

Jedes Teilchen kann dabei eine der möglichen Mikrozustände z_i annehmen.

Aus den möglichen Kombinationen ergeben sich verschiedene Makrozustände.

Bei **gleichen** Mikroteilchen mit jeweils **zwei Mikrozuständen** folgen 2^N **Makrozustände** (= statistisches Gewicht).

Generell hat jeder **Makrozustand** seine eigene **Makrowahrscheinlichkeit** W_M .

Aus der **folgt dann** die dazugehörenden Entropie $S = k_b \cdot \ln(W_M)$

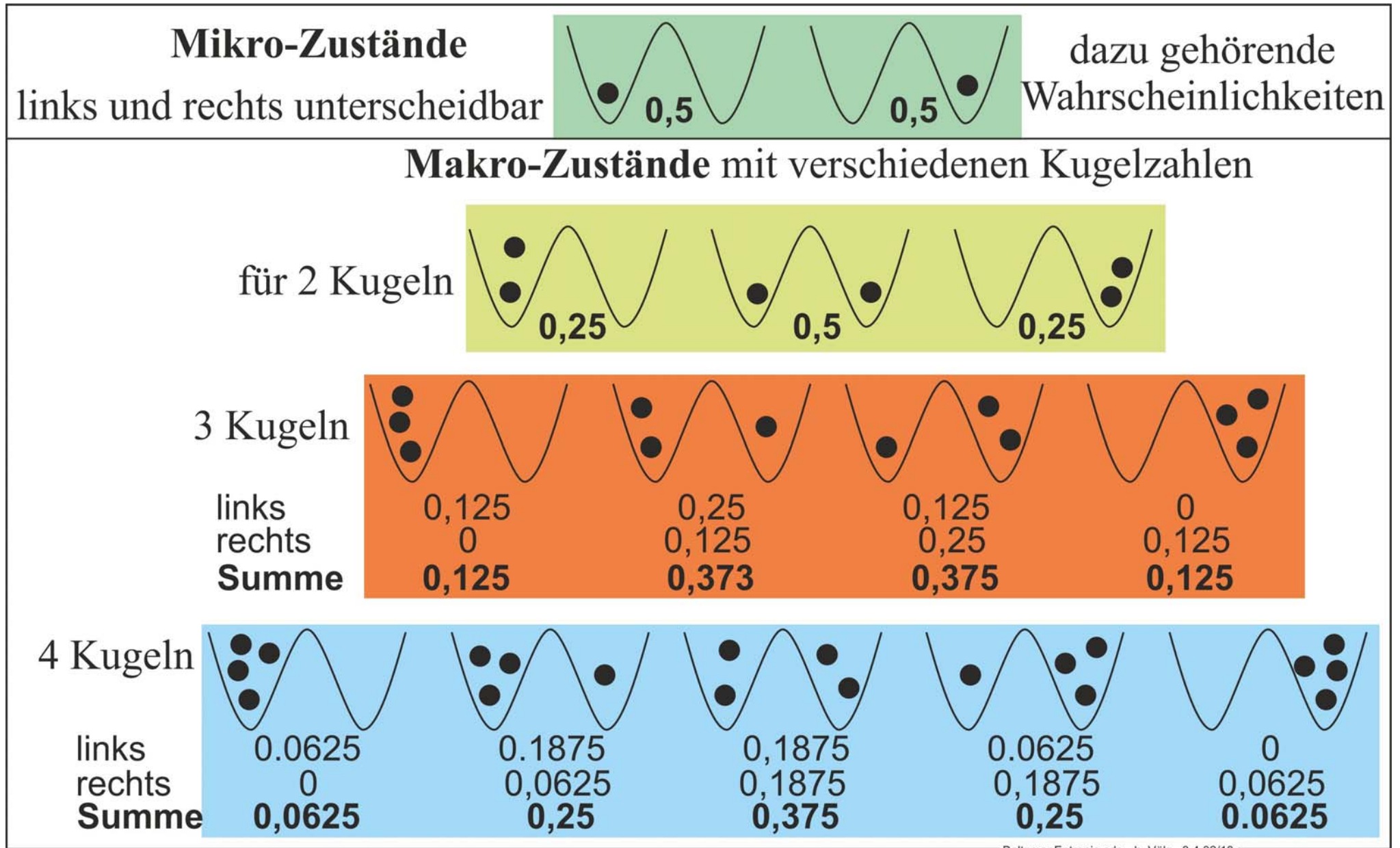
Schematisch sind diese Zusammenhänge in den beiden folgenden Beispielen gezeigt.

Werden zwei Systeme mit W_1 und W_2 sowie S_1 und S_2 vereinigt, dann muss gelten

$$W = W_1 \cdot W_2 \text{ und } S = S_1 + S_2$$

Das erzwingt den **Logarithmus** bezüglich der Wahrscheinlichkeiten $\ln(W)$.

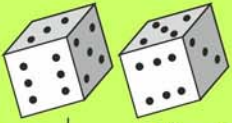
Zusätzlich ist er vorteilhaft, weil die Wahrscheinlichkeit für wachsendes N sehr schnell extrem klein wird.





Alle 6 **Mikro-Zustände** Wahrscheinlichkeit = $1/6 \approx 0,167$

Für die **Makro-Zustände** mit 2 oder 3 Würfeln gilt

 Würfel werden nicht unterschieden			 Wurf (Fälle)			Wahrscheinlichkeit	
Augen	Wurf (Fälle)	Wahrscheinlichkeit	Augen	Wurf (Fälle)	Wahrscheinlichkeit		
2	11 (1)	$1/36 \approx 0,028$	3	111 (1)	$1/216 \approx 0,005$		
3	12 (2)	$2/36 \approx 0,056$	4	112 (3)	$3/216 \approx 0,014$		
4	13 (2); 22 (1)	$3/36 \approx 0,083$	5	122 (3); 113 (3)	$6/216 \approx 0,028$		
5	14 (2); 23 (2)	$4/36 \approx 0,111$	6	222 (1); 114 (3); 123 (6)	$10/216 \approx 0,046$		
6	15 (2); 24 (2); 33 (1)	$5/36 \approx 0,139$	7	115 (3); 124 (6); 133 (3); 223 (3)	$15/216 \approx 0,069$		
7	16 (2); 25 (2); 34 (2)	$6/36 \approx 0,167$	8	116 (3); 125 (6); 134 (6); 224 (3); 233 (3)	$21/216 \approx 0,097$		
8	26 (2); 35 (2); 44 (1)	$5/36 \approx 0,139$	9	126 (6); 135 (6); 144 (3); 225 (3); 234 (6); 333 (1)	$25/216 \approx 0,116$		
9	36 (2); 45 (2)	$4/36 \approx 0,111$	10	136 (6); 145 (6); 226 (3); 235 (6); 244 (3); 334 (3)	$27/216 \approx 0,125$		
10	46 (2); 55 (1)	$3/36 \approx 0,083$	11	146 (6); 155 (3); 236 (6); 245 (6); 335 (3); 344 (3)	$27/216 \approx 0,125$		
11	56 (2)	$2/36 \approx 0,056$	12	156 (6); 246 (6); 255 (3); 336 (3); 345 (6); 444 (1)	$25/216 \approx 0,116$		
12	66 (1)	$1/36 \approx 0,028$	13	166 (3); 256 (6); 346 (6); 355 (3); 445 (3)	$21/216 \approx 0,097$		
			14	266 (3); 356 (6); 446 (3); 455 (3)	$15/216 \approx 0,069$		
			15	366 (3); 456 (6); 555 (1)	$10/216 \approx 0,046$		
			16	466 (3); 556 (3)	$6/216 \approx 0,028$		
			17	566 (3)	$3/216 \approx 0,014$		
			18	666 (1)	$1/216 \approx 0,005$		

wuerfelwahr2.cdr h. vözl 26.12.98/2013

Bei 3 Würfeln kann ein Wurf z. B die Augenzahlen 113 mit der Summe 5 zeigen.

Dabei werden die Würfel nicht unterschieden, ansonsten wären 131 und 311 getrennt zu zählen.

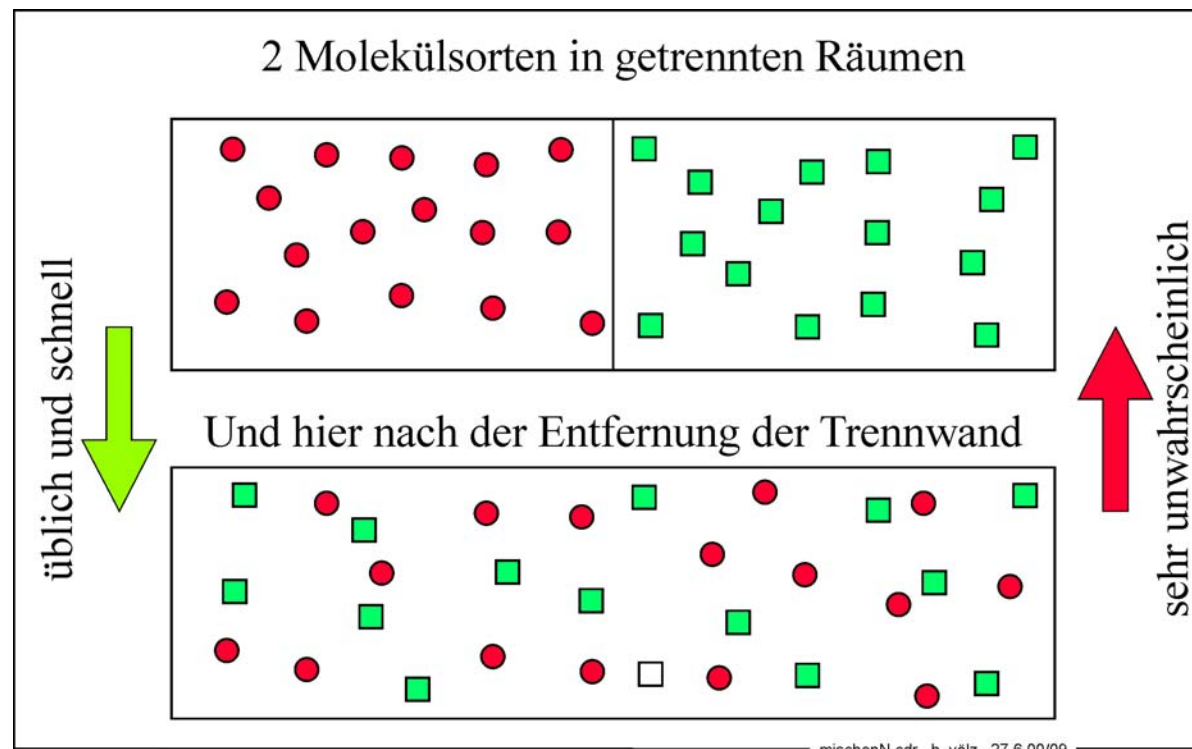
Daher gibt es für diesen Fall drei Möglichkeiten. Für die Summe 5 ist aber auch 122, 212, 221 möglich.

So gibt es für die Summe 5 insgesamt 6 Möglichkeiten mit der Summenwahrscheinlichkeit $6/216 \approx 0,028$.

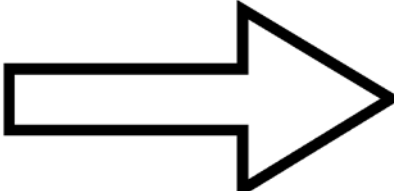
216 ist die Anzahl aller Makrostände für die möglichen Summenaugenzahlen von 3 bis 18.

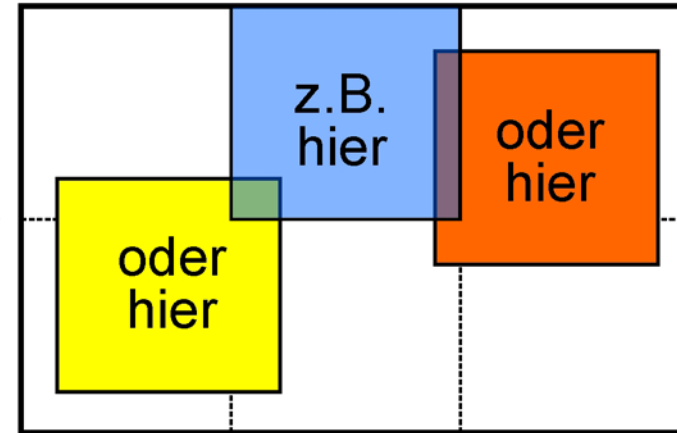
Tendenz zur maximalen Entropie

Entsprechend dem 2. und 3. Hauptsatz wird durch die Molekülstöße immer die maximale Entropie angestrebt. Gemäß dem Bild verteilen sich nach dem Entfernen der Trennwand beide Molekülarten im gesamten Raum. Dennoch kann obere Zustand auch ohne Trennwand, wenn auch äußerst unwahrscheinlich auftreten. Seine Entropie ist nämlich deutlich viel kleiner. Prinzipiell sind für solche unwahrscheinlichen Zustände auch relative Zeitdauern angebbbar. Das beinhaltet das folgende Bild



50 Atome

10^{28} Jahre
warten bis

sich alle Atome
in $1/6$ Volumen
befinden



Bezüglich der Welt gilt

Urknall vor $1,5 \cdot 10^{10}$ Jahren	heute	totale Gleichverteilung irgendwann sehr viel später
relative Entropie = 1	10^{88} -Fach	$10^{88} \cdot 10^{123} = 10^{203}$ -Fach

$$S = k \cdot \ln(W) \quad \text{Wartezeit proportional} \Rightarrow W = e^{S/k}$$

Entropie_Werte.cdr h. vözl 5.5.06

Falsche Kritik an BOLTZMANN

Die statistische Theorie von BOLTZMANN wurde seinerzeit von den meisten Physikern aus 2 Gründen abgelehnt.

1. Die **Atom-Annahme**, die bereits in der Chemie durch JOHN DALTON (1766 – 1844) benutzt wurde (Stöchiometrie). Es galt: ein Atom hat keiner gesehen! Der Widerspruch kam vor allem von ERNST MACH (1838 - 1916) und WILHELM FRIEDRICH OSTWALD (1853 - 1932).
2. Die Statistische **Irreversibilität** und Ableitung des 2. Hauptsatzes aus reversiblen Mikrozuständen. Diese Einwände kamen vor allem von HENRI POINCARÉ (1854 - 1912) und ERNST ZERMELO (1871 - 1953)

Das trieb ihn schließlich am 5.9.1906 in den Freitod.

Hierzu stellte MAX KARL ERNST LUDWIG PLANCK (1858 – 1947) fest:

Dass sich eine neue wissenschaftliche Wahrheit normalerweise „nicht in der Weise durchzusetzen pflegt, daß ihre Gegner überzeugt werden und sich, als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß die Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von, vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht wird“.

BOLTZMANN- und SHANNON-Entropie

Insgesamt ergibt sich, dass die thermodynamische (BOLTZMANN) und die informationstheoretische (SHANNON) **Entropie** in drei wesentlichen Punkten **deutlich anders definiert** sind:

1. Sie betreffen die **wandelbare** Energie der Thermodynamik $\Leftrightarrow$ die Häufigkeit von (inhaltslosen) Zeichen.
2. Unterschiedliche **physikalische Maßeinheiten**: Energie $E \Leftrightarrow$ einheitenfreie Zahl (Bit/Zeichen) .
3. Die **Boltzmann**-Entropie gilt für jeweils **einen** ausgewählten **Makrozustand**,
die SHANNON-Entropie fast alle vorhandenen (Makro-) Wahrscheinlichkeiten zusammen.

Vergleich der Formeln

	Thermodynamik	Informationstheorie
Kontinuierlich	$\Delta S = \Delta Q/T$ CLAUSIUS	$H = \text{ld} \frac{P_N + P_S}{P_S} = \text{ld}(m)$
Diskret	$S = k \cdot \ln(W)$ BOLTZMANN	$H = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \text{ld}(p_i)$

Hierzu das folgende Bild.

In eine Urne mit zwei Vertiefungen werden zwei Kugeln geworfen. Es sei gleichwahrscheinlich in welche Vertiefung eine Kugel beim Wurf fällt. Dann sind 3 Zustände mit den Wahrscheinlichkeiten $W_v = p_v$ möglich.



Boltzmann-Entropie

gilt für jeden Zustand und besagt, dass B am wahrscheinlichsten ist:

$$S_v = k \cdot \ln(W_v)$$

Er wird bei freier Entwicklung schließlich angenommen.
Die Geschwindigkeit dorthin hängt von der absoluten Temperatur ab.

Shannon-Entropie

gibt die minimale Anzahl binärer Fragen an, die bei häufigen Versuchen erforderlich sind, um den jeweils aktuellen Zustand zu bestimmen:

$$H = - \sum_{v=1}^n p_v \cdot \lg(p_v)$$

Der Versuch ergibt einen einzigen Wert $H = 1,5$,
anstatt der verschiedenen S_v .

Ein anderes statistisches System kann 4 Zustände mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten annehmen:

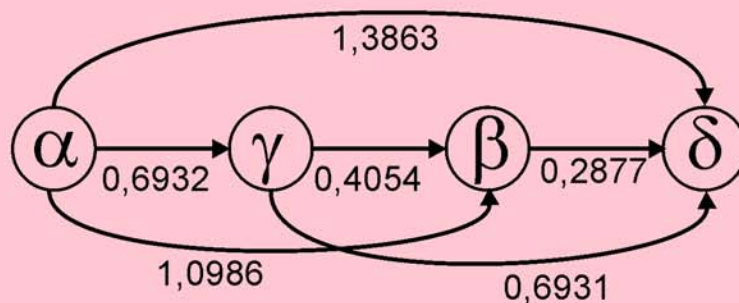
α : 0,4

β : 0,3

γ : 0,2

δ : 0,1

$$\begin{aligned} -S_A/k &= \ln(0,4) \approx 0,9163 & -S_B/k &= \ln(0,3) \approx 1,2040 \\ -S_C/k &= \ln(0,2) \approx 1,6094 & -S_D/k &= \ln(0,1) \approx 2,3026 \end{aligned}$$



Mögliche Übergänge und relative Entropieänderungen.

$$H = 1,8644 \text{ Bit /Zustand}$$

Zeitpfeil und Neg-Entropie

Selbst die unwahrscheinlichsten Makrozustände sind möglich und können daher auch immer wieder auftreten.
Das Streben zur größtmöglichen Entropie = **Zeitpfeil** gilt eben immer nur in der **Tendenz**.

Das zeigt auch das Hunde-Flöhe-Modell von EHRENFEST

In den **gegenläufigen Sonderfällen** wird zeitweilig die Entropie kleiner.

Zu diesen Zeiten wäre ausnahmsweise der Ausdruck **Neg-Entropie** berechtigt.

Auch wenn ein System **von außen Energie aufnimmt** kann sich dadurch der Zeitpfeil des Systems umkehren

Auch hier wäre es **berechtigt von Neg-Entropie** zu sprechen.

Alle anderen Interpretationen für Neg-Entropie sind **missverstanden oder gar falsch**.

Insbesondere gilt das auch für den Vorschlag von BRILLOUIN die SHANNON-Entropie **Neg-Entropie** zu nennen.

Noch deutlicher, wenn mit „neg“ dessen negatives Vorzeichen gemeint wird.

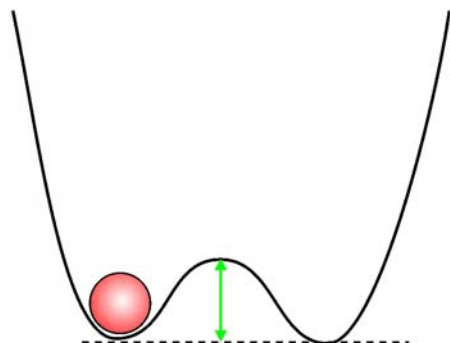
Oder wenn gar die Summe beider Entropien erhalten bleiben soll: $\rightarrow S + H = \text{konstant}$ (dies unmöglich, unsinnig!)

Beide Entropien müssen deshalb eindeutig als Homonyme angesehen werden (*griechisch **homonymía*** Gleichnamigkeit).

Es wird wohl kaum jemand einen **Bauer** (ländlicher Beruf) mit Bauer als Vogelkäfig gleich zu behandeln.

Minimalenergie je Bit

Sie ist allerdings auch aus der **Entropieformel** allerdings nur indirekt mittels CLAUSIUS ableitbar:

Bit-Energie aus thermodynamischer Sicht		
Boltzmann-Formel	$S = k \cdot \ln(W)$	2fach entartetes System  Energie-Schwelle
Vor der Messung <i>je Zustand $W = 1/2$</i>	$S = k \cdot \ln(0,5)$ $= -k \cdot \ln(2)$	
Nach der Messung <i>Zustand ist bekannt $W = 1$</i>	$S = k \cdot \ln(1) = 0$	
Energie = Wärme-Menge, die bei der Messung gewonnen werden kann	$\Delta Q = \Delta S \cdot T$ $= k \cdot T \cdot \ln(2)$	Es bedeuten: S = thermodynamische Entropie W = Zustands-Wahrscheinlichkeit k = Boltzmann-Konstante T = absolute Temperatur

entromesF.cdr h. vözl 2.1.94

LANDAUER- Effekt

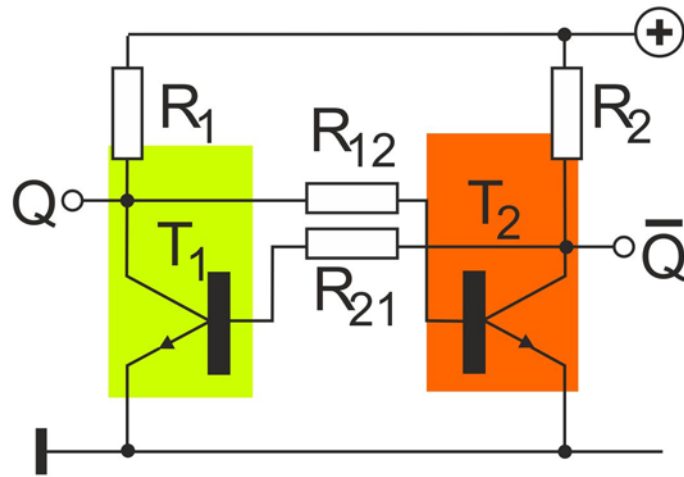
Der Physiker ROLF LANDAUER behauptete bereits 1961, dass Datenlöschen Wärme-Energie freisetzt. Diese Aussage wird leider immer zitiert und mit neuen Varianten dargeboten (nur deshalb diese Ausführung). In fast allen Arbeiten hierzu werden SHANNON- und BOLTZMANN-Entropie zumindest teilweise vermengt.

Zunächst gilt: Bei jedem Aufzeichnen/Löschen muss die Energieschwelle zwischen Bit-Zuständen überschritten werden. Erst wenn der neue (aufgezeichnete/gelöschte) Bit-Zustand erreicht ist, kann ein Teil der Energieschwelle nutzbar werden. Das ist der rein technischer Vorgang, der ähnlich auch bei der Wiedergabe von dRAMs (Refresh usw.) ähnlich auftritt.

Dort wo mit der BOLTZMANN-Entropie argumentiert wird, muss zunächst festgelegt sein: Welchem energetischen Zustand ist die 1 oder 0 zugewiesen und welcher gilt als gelöscht oder gespeichert. Je nach Codierung kann das sehr unterschiedlich sein. Als Beispiel kann das folgende Bild dienen.

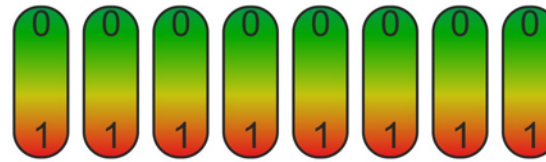
Die Wahl der Widerstände des Flipflops erzwingt, welche physikalischen Zustände beim Einschalten auftreten. Für die gewählten 8 Flipflops sind 256 Varianten möglich. Ähnliches gilt für gespeichert und gelöscht sein. Die Zuordnung zur Bedeutung 0/1 muss **informationstheoretisch** unterschiedlich über die **Codierung** erfolgen. Daher macht es wenig Sinn, Energiewerte nur gemäß einer Bitfolge über die **Boltzmann**-Entropie zu berechnen. Das erlangt daher nicht einmal theoretisch einen allgemeinen technischen Inhalt. Außerdem sind diese Energien sehr klein gegenüber den Speicherschwellen zwischen beiden Zuständen.

Beispiel-Flip-Flop

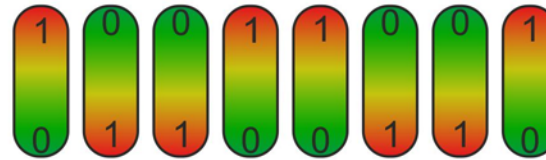


a)

alle $R_{12} < R_{21}$, $R_1 = R_2$ und $T_1 = T_2$



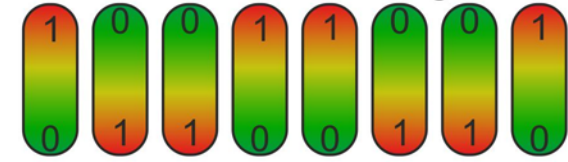
beim Start oder gelöscht



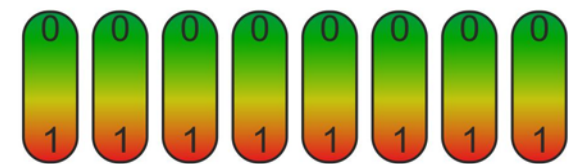
Speicherzustand: 10011001

b) Löschen erhöht thermodynamisch berechnete Entropie und gewinnt Energie vom gespeicherten Zustand zurück.

*alle $R_{12} = R_{21}$, $R_1 = R_2$ und $T_1 = T_2$
nur zufällige Fertigungstoleranzen
führen zur Verteilung*



beim Start oder mit
Information 10011001



So gelöschter Zustand besitzt thermodynamisch berechnet höhere Entropie und verlangt daher Energie.

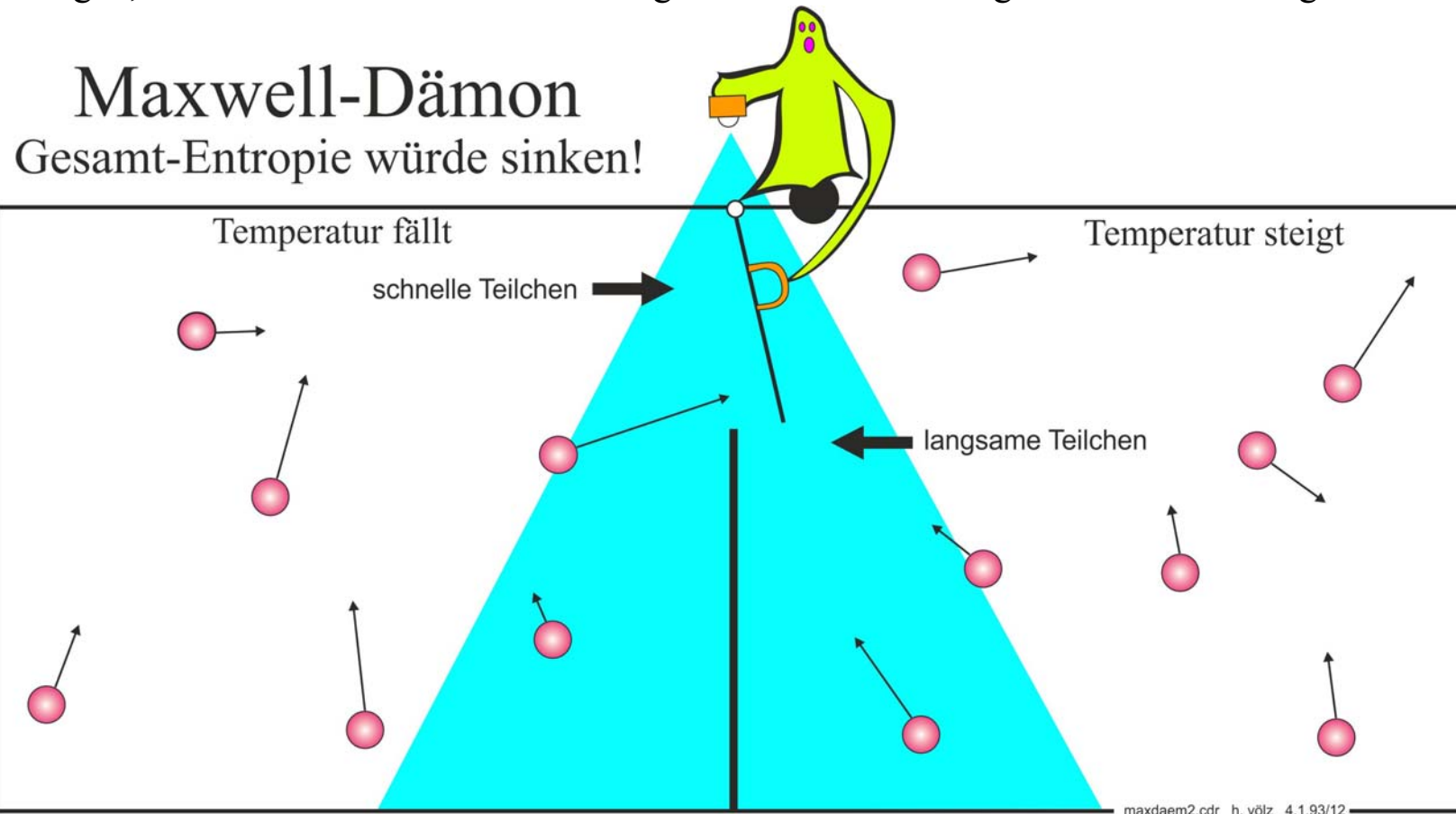
c)

Landauer.cdr h. völz 4.4.13

Maxwell-Dämon von 1867

Er beobachtet ein System mit einer Tür und öffnet sie so, dass die schnellen Teilchen nach rechts und die langsamen nach links passieren können. Das würde die Entropie des Systems verkleinern.

Es lässt sich aber zeigen, dass er allein für die Beobachtung mindestens die Energie von 1 Bit benötigt wird.



Literatur

- [1] Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie - Verlag, Berlin 1991
- [2] Völz, H.: Information I - Studie zur Vielfalt und Einheit der Information. Akademie Verlag, Berlin 1982.
- [3] Völz, H.: Elektronik - Grundlagen - Prinzipien - Zusammenhänge. 5. Aufl. Akademie Verlag, Berlin 1989
- [4] Völz, H.: Information - Software - Hardware. In: Fuchs-Kittowski, Frank / Kriesel, Werner (Hrsg.) Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt a. M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften 2016.
- [5] Barrow, J. D.: Ein Himmel voller Zahlen. Spektrum-Verlag. Heidelberg - Berlin - Oxford, 1994
- [6] Weizenbaum, J.: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Suhrkamp, Frankfurt/M, 1977
- [7] Levy, St: KL - Künstliches Leben aus dem Computer. Droemer Knaur, München 1993
- [8] Mandelbrot, B. B.: Die fraktale Geometrie der Natur. Birkhäuser, Basel - Boston, 1987
- [9] Prusinkiewicz, P.; u. a.: The Algorithmic Beauty of Plants. Springer-Verlag, New York, 1990.
<http://algorithmicbotany.org/papers/abop/abop.pdf>
- [10] Churchland, P.: Ist die denkende Maschine möglich? Spektrum der Wissenschaft, März 1990 S. 40 - 54.
Searle, J. R. u. a.: Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? Spektrum der Wissenschaft, März 1990
- [11] Eigen, M. u. Winkler, R.: Das Spiel. Piper. München - Zürich, 1983
- [12] Bonitz, M.: Zum Stand der Diskussion über Verhaltensprinzipien der wissenschaftlichen Information. Symposiumsband des WIZ, Berlin; 5. Wiss. Symposium des wissenschaftlichen Informationszentrums der AdW der DDR, 12. - 14. Okt. 1987, S.1 - 7
- [13] Klix, F.: Information und Verhalten. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1983 (1971)
- [14] Wiener, N.: Cybernetics or control and communication in the animal and the machine Hermann, Paris 1948 / Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine, Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien 1963, dito Econ 1992
- [15] Shannon, Cl. E.: A mathematical theory of communication. Bell Syst. Techn. J. 27(Juli 1948) S. 379 - 423 und (Oktober 1948) S.623 - 656. (Ebenfalls in: University Illinois Press 1949). Teil 2 auch: Communication in the Presence of Noise. Proc. IRE 37 (1949) pp. 10 - 20, (eingereicht am 24.3.1940), übersetzt in:
„Mathematische Grundlagen der Informationstheorie“. R. Oldenbourg, München - Wien, 1976
- [16] Völz, H.;Ackermann, P.: Die Welt in Zahlen und Skalen, mit Peter Ackermann, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin - Oxford, 1996
- [17] horstvoelz.de/pdf/HU./archive.pdf (alle PDF 17.01.2013)

- [18] Neirynck, J.: Der göttliche Ingenieur. Expert - Verlag, Renningen - Malsheim, 1994
- [19] Lyre, H.: Die Quantentheorie der Information. Springer Akademischer Verlag, Berlin 1998
- [20] Held, W.: Quantentheorie der Information. http://www.datadiwan.de/experten/he_002_.htm vom 9.5.2001, download 25.7.13
- [21] Physical Review A, 51 (4); 1995, S. 2738 - 2747
- [22] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 2 Technik und Geschichte vorelektronischer Medien.
Shaker Verlag Aachen 2005
- [23] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information, Bd. 1 bis 3. Shaker Verlag Aachen 2003 bis 2007
- [24] Camejo, S. A.: Skurrile Quantenwelt. Fischer Taschenbuch. Frankfurt a.M. 2007
McEvoy, J. P.; Zitate, O.: Quantentheorie.2. Auflage. Tibia-Press Überlingen 2013
- [25] Völz, H.: „Zu einer Informationsschwelle“. Vortrag am 25.2.90 auf: Kommunikationskongress Kokon '90, Chaos-Computer-Club-Hamburg, Berlin, Haus der jungen Talente, Berlin.
Völz, H. Neuer „Knigge“ über den Umgang mit Informationen. Computerwoche 10, 9. März 1990, S.8
- [26] Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin.
Shaker Verlag, Aachen 2001
Völz, H.: Zum Informationsfeld. GrKG 36(1995) 4, 164 - 170
Völz, H.: Zur Möglichkeit eines Informationsfeldes. GrKG 41(2000) 1, 3 - 9
- [27] Völz, H.: Grundlagen und Inhalte der vier Varianten von Information. Springer (Vieweg)-Verlag. Wiesbaden 2014
- [28] Lewin, K.: Feldtheorie in den Sozialwissenschaften. Ausgewählte theoretische Schriften. Verlag Hans Huber, Bern - Stuttgart 1963
- [29] Lück, H.E.: Die Feldtheorie und Kurt Lewin. Eine Einführung. Weinheim: Psychologie Verlags Union 1996
- [30] Völz, H.: Diskussion zu Rüdiger: „Über Besonderheiten der Informationsverarbeitung im Gehirn, ihre Beziehungen zu emotionalen Faktoren und der Subjektivitätseigenschaft“, in Information. IV. Kühlungsborner Kolloquium, Akademie-Verlag, Berlin 1976; S. 269 - 277
- [31] Fischer, G.: Über Proportionalitäten und Erhaltungssätze: Eine Physik der Natur-Konstanten oder Entwurf einer Feldtheorie für die Biologie: Teil I bis 3, Zool. Jb. Anat. 116(1987) 13-38; 129-167; 245- 283
Fischer, G.: Zur Synthese von Physik und Biologie. Gegenbaurs morph. Jahrb. 135(1989) 3, S. 427-438
Fischer, G.: Über einige Analogien zwischen Physik und Biologie. Gegenbaurs morph. Jahrb. 135(1989) 4, S. 545-555
Fischer, G.: Zur Bestimmung der Konstante b - Grundlagen und Voraussetzung. Gegenbaurs morph. Jahrb. 136(1990) 3, S. 253-267
- [32] Stamper, R. K.: "Signs, Information, Norms and Systems", in Berit Holmqvist, Peter B. Andersen, Heinz Klein and Roland Posner (eds), Signs at Work, DeGruyter, Berlin, 1996, pp.349-397.
- [33] Sheldrake, R.: Das Gedächtnis der Natur. Scherz-Verlag. Bern - München - Wien 1993
- [34] Bischof, M.: Biophotonen. Zweitausendundeins, Frankfurt a. M. 1995

Literatur zu Fraktalen

- Barnsley, M. F.; Hurd L. P.: Fractal Image Compression, AK Peters Ltd., Wellesley, MA, 1993
Briggs, J.; Peat, F. D.: Die Entdeckung des Chaos, Hanser-Verlag 1990
Herrmann, D.: Algorithmen für Chaos und Fraktale . Addison - Wesley. Bonn u.a. 1996
Jürgens, H., Peitgen, H. - O. und Saupe, D.: Fraktale eine komplexe Sprache für komplexe Strukturen. Spektrum der Wissenschaft; (1989) S. 106 - 118
Lauwerier, H.: Fraktale I/II, Wittig-Fachbuch, Hückelhoven 1989/1992
Lerbinger, Kl.; Kuchenbuch, M.: Faszination Fraktale. Systema. München 1992
Peitgen, H. O. u. Richter P. H.: The Beauty of Fraktals. Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo 1986
Peitgen, H. O., Jürgens, H., Saupe, D.: Chaos - Bausteine der Ordnung, rororo, Reinbeck bei Hamburg 1998

Weitere Literatur

- Balfans, D. u. Bergholz, A.: Untersuchungen zum Shannon-Fano- und Huffman-Code. Nachrichtentechnik - Elektronik 39 (1989) 6, 220 - 222
Bennett, C. H.: Maxwells Dämon. Spektrum der Wissenschaft (1988) 1, S. 49 - 55.
Del Rio L, Aberg J, Renner R, Dahlsten O & Vedral V: The thermodynamic meaning of negative entropy, Nature (2011) DOI 10.1038/nature10123
Dreyfus, H. L.: Was Computer nicht können. athenäum, Frankfurt/M 1989
Ernst, B.: Der Zauberspiegel des M.C. Escher Taco 1986.
Fano, R. M.: Informationsübertragung. Oldenbourg, München - Wien 1966. (engl. Original 1961)
Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 2. Aufl. Bd. 1 + 2. Agis - Verlag Baden-Baden 1969
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
Huffman, D. A.: A method for the construction of minimum redundancy codes. Proc. IRE 40 (1952) 10, 1098 - 1101
Klaus, G.: Die Macht des Wortes. 5. Aufl. Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin 1969 (1. Aufl. 1963)
Klaus, G.: Kybernetik in philosophischer Sicht. Dietz - Verlag, Berlin 1965
Kronthaler, E.: Syntaktische, semantische und pragmatische Information. Grundlagen aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 10 (1969) 4, 99 - 109
Luhmann, N.: Soziale Systeme. Suhrkamp, Frankfurt/M 1987
Marko, H.: Informationstheorie und Kybernetik. In: Fortschritte der Kybernetik. R. Oldenbourg-Verlag, München - Wien 1967. S.9-28.
McEvoy, J. P.; Zitate, O.: Quantentheorie.2. Auflage. Tibia-Press Überlingen 2013
McLuhan, M.: Die Gutenberg-Galaxis. Econ, Düsseldorf - Wien 1968
Morris, C.: Grundlagen der Zeichentheorie. Hanser-Verlag, München 1972
Nake, F.: Ästhetik der Informationsverarbeitung, Springer - Verlag, Wien - New York 1974
Neuberger, E.: Kommunikation in der Gruppe. R. Oldenbourg-Verlag, München - Wien 1969
Peirce, Ch. S.: Collected Papers of Charles Sanders Peirce (6 Bände) Havard University, Cambridge (Mass.) 1931- 1936
Peters, J.: Einführung in die allgemeine Informationstheorie, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 1967

Steinbuch, K.: Mensch und Maschine. In: Nova Acta Leopoldina, Neue Folge Nr. 206 Band 37/1, S. 451 ff. J. A. Barth, Leipzig 1972

Völz, H.: Abschätzung der Kanalkapazität für die Magnetbandaufzeichnung. Elektron. Rundschau 13 (1959) 6, 210 - 212

Völz, H.: Computer und Kunst. Reihe akzent 87. 2. Aufl. Urania - Verlag Leipzig Jena - Berlin 1990

Völz, H.: Das Mensch - Technik - System. Expert-Verlag, Renningen - Malsheim 1999

Völz, H.: Entropie und Auffälligkeit. Wissenschaft und Fortschritt 38 (1988) 10, 272-275 (betr.: Schönheit Haus)

Völz, H.: Gedanken zur Verdaulichkeit von Information. In: Informationswissenschaft - (Über-) Leben in der Informationsgesellschaft. Deutsche Gesellschaft für Informationswissenschaft und Informationspraxis e.V. Wiesbaden 2003, S. 15 - 32

Völz, H.: Information II, Theorie und Anwendung vor allem in der Biologie, Medizin und Semiotik. Akademie - Verlag Berlin 1983

Völz, H.: Information verstehen - Facetten eines neuen Zugangs zur Welt. Vieweg & Sohn, Braunschweig - Wiesbaden, 1994

Völz, H.: Ist Kybernetik nur noch Nostalgie? In: Abhandlungen der Leibniz-Sozität, Band 11. Georg Klaus zum 90. Geburtstag. trafo verlag Berlin 2004, S. 73 – 83

Völz, H.: Kontinuierliche Digitaltechnik. Shaker-Verlag. Aachen 2008

Völz, H.: Wort- und Sprachspiele. Shaker-Verlag Aachen 2012

Wersig, G.: Informations- und Kommunikationstechnologien. UVK - Medien. Konstanz 2000

Zeh, H., D.: Entropie. Fischer Kompakt. Frankfurt/M 2005

Ergänzende Folien unter „horstvoelz.de/pdf sonstige“; bzw. „alle PDF“:

13.07.2002 INF_Feld.pdf

03.10.2009 Quantentheorie.pdf

03.10.2009 ÄsthetikNetz.pdf

03.10.2009 Zur Vielfalt der Entropien.pdf

03.10.2009 DatenSpeichern.pdf

28.12.2009 Zufall.pdf

03.10.2009 DatenSpeichern.pdf

19.01.2011 InftheorieHU.pdf

19.01.2011 SpeichernHU.pdf

19.01.2011 InftheorieHU.pdf

09.04.2011 Verstärker.pdf

29.04.2011 Wirkungen.pdf

12.05.2011 Raum_Zeit.pdf

12.12.2011 infVerstärker.pdf

27.05.2012 SpeichernFundament.pdf

19.05.2013 FehlerAntinomien.pdf

27.08.2013 InfomationWelt.pdf