

Vortragsmaterial
Prof. Dr. Horst Völz

Zur Archivierung mit digitalen Speichern

jetzt nachträglich überarbeitet und ergänzt

Dieses Material beruht unter anderem auf:

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Shaker Verlag, Aachen 2001.

Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 1 - 3. Shaker Verlag Aachen 2003, 2005, 2007.

Weitere Details enthalten auch die Folien auf r-h-voelz.de: Speichern.pdf, DatenSpeichern.pdf und SpeichernHU.pdf

Zusätzlich befindet sich ein Literaturverzeichnis am Ende.

Dieses Material wurde heruntergeladen von horstvoelz.de.

Bei privatem Gebrauch ist es voll nutzbar, bei Publikationen, Vorträgen usw. ist die Angabe der Quelle notwendig.

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

Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr, Version 16 verfügbar.

Email: [h.voelz \(at\) online.de](mailto:h.voelz@online.de)

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

Zusammenfassung

Meist sollen digitale Daten langfristig sicher sein. Doch seit einigen Jahren ist der Begriff „Digitaler Tod“ intensiv im Gespräch. Denn es zeigte sich, dass zuweilen auf ältere digitale Daten nicht mehr zurückgegriffen werden kann. Dafür gibt es mehrere Gründe, z. B. unbrauchbar gewordene Speichermedien, Fehlen der alten Hardware oder nicht mehr verfügbare Software für alte Datenformate, vor allem aber menschliches Versagen. Insgesamt ist das Problem jedoch recht komplex. Im Vortrag wird versucht:

- Die Ursachen weitgehend umfassend zu ergründen.
- Mögliche künftige Entwicklung einzuschätzen.
- Einige Probleme der Zukunft aufzuzeigen.

Kommentar

Diese Datei ist eine zeitweilige, aber erhebliche Ergänzung der Vortragsfassung vom 18.11.12.

Infolge vieler Fakten war sie dringend notwendig.

Um aber nicht eine total neu Datei zu schreiben, wurden nur vielfältige Ergänzungen an mehreren Stelle eingefügt.

Dadurch haben leider die Systematik und Didaktik erheblich gelitten.

Deshalb wird in absehbarer Zeit mit zusätzlichen weiteren Details eine bessere, vervollständigte Variante erstellt.

Für die jetzt und hier vorhandenen Mängel bitte ich um Entschuldigung und Nachsicht.

Gliederung

1. Einführung

2. Eigenschaften der Datenträger
3. Übergang zur Hardware
4. Störfaktoren
5. Entwicklungen bei der Hardware
6. Prognosen
7. Schlussfolgerungen

Daten der digitalen Speicherung

Heute gibt es vielfältige Verfahren und Techniken der elektronischen Speicherung. Grob lassen sie sich einteilen in:

1. **Medien** auf elektronischer, optischer und magnetischer Basis, mit *Eigenschaften*, wie:
 - a) Datenverlust bei *Abschaltung der Betriebsspannung*, z. B. d-RAM und sRAM;
 - b) Mit Information *produzierte* und daher *unveränderliche* Medien, wie ROM und CD;
 - c) Nur *einmal beschreibbare, nicht löschbare* Medien, wie CD-R, DVD-R usw.
 - d) *Wiederbeschreibbare* Medien, wie Flash, Festplatten, Tapes, CD -RW usw.
2. **Speichergeräte** sind für *Offline-Medien* erforderlich.
Ohne sie sind die Medien weder beschreibbar noch lesbar.
Offline-Medien und Speichergeräte *bedingen sich gegenseitig*.
3. **Codierung** (Software) vor allem von Texten, Tabellen, Formeln, Bildern, Audio und Video.
 - a) hierfür werden weitgehend *Normen* genutzt,
 - b) es gibt jedoch auch *individuelle* Festlegungen,
 - c) zusätzlich entstehen durch *Fehlerkorrektur, Komprimierung* und *Kryptografie* vielfältige Abwandlungen;
 - d) zu beachten sind auch die Qualität der *Software*, insbesondere bzgl. Korrektheit und Fehlerarmut.

Alle 3 Aspekte unterliegen einem *technischen und moralischen Verschleiß*.

Die technische *Weiterentwicklung* bringt ständig neue Varianten hervor und löst so die vorangegangenen ab.

Wenn dabei keine *Abwärtskompatibilität* eingehalten wird, sind die alten Daten nicht mehr lesbar.

Zusätzlich sind deutlich Hardware und Software zu unterscheiden:

Hardware (1. und 2.) verlangt technische Entwicklung und Produktion mit meist sehr hohem Aufwand.

Für *Software* (3.) genügen Compiler-Programme, die meist wesentlich einfacher zu erstellen und vervielfältigen sind.

Datensicherheit

Die Sicherheit digitaler Daten ist recht komplex und kann u. a. so klassifiziert werden.

1. **Geheime** Daten, dürfen nicht an „Außenstehende“ gelangen. Für sie sind vor allem die **Kryptografie** und der **Datenschutz** zuständig. Ihre Mittel und Wege sind in diesem Beitrag unbedeutend. Z. T. muss für sie eine zuverlässige Vernichtung möglich sein. Hierzu gehört das Problem der absolut sicheren Löschung (s. 5.).
2. **Öffentliche** Daten werden meist **mehrfach kopiert** und sind daher **an verschiedenen Stellen** vorhanden. Bei ihnen ist es unwahrscheinlich, dass alle gleichzeitig verloren gehen. Sie sind fast immer wieder beschaffbar. Allgemein erfordern sie daher keine besonders hohe Datensicherheit.
3. Nur **zeitweilig gültige** Daten. Sie werden im Arbeitsprozess fortlaufend durch neue, bessere Daten ersetzt. Ein Datenschutz ist nur dann wichtig, wenn später vielleicht der historische Ablauf rekonstruiert werden muss. Das kann u. a. im Zusammenhang mit Aufklärung und Strafverfolgung wichtig werden. Daher kann es (leider) durchaus erwünscht sein, gerade diese „**Spuren**“ **zu vernichten** (s. 5.).
4. **Langzeitig** oder gar **ewig gültige** Daten. Sie müssen gesichert bereitgehalten werden und dürfen oft auch **nicht veränderbar** sein. Teilweise gibt es hierfür **gesetzliche Regelungen**. In einigen Fällen kann von ihnen der Bestand eines Betriebes oder gar eines Staates abhängen. Hierzu gibt es verschiedene Prinzipien.
 - a) Benutzung von **ROM-Medien**;
 - b) Gesonderte Varianten von **Backup**-Verfahren;
 - c) **Parallele Lagerung** an verschiedenen sicheren Orten.
5. **Zu vernichtende** Daten kommen hauptsächlich bei 1. und 3. vor. Die Datensicherheit verlangt, dass dann **keine Wiederherstellung** der Daten möglich ist. Besonders beliebt ist das **Schreddern** der Datenträger. Für wertvolle, wiederbeschreibbare Medien sind auch **hochwirksame Lösungsverfahren** erwünscht.

Fragen der Datensicherheit

Hier kann nur eine Auswahl behandelt werden.

Sie betrifft die *Zuverlässigkeit* und *Sicherheit gespeicherter Daten*, die vor allem langfristig benötigt werden.

A. Bei den **Datenträgern** (Offline-Medien) stehen folgenden Fragen im Zentrum:

1. *Wie lange* kann die fehlerfreie Wiedergabe einer Aufzeichnung *garantiert* werden?
2. Wie hat die *optimale Lagerung* zu erfolgen?
3. In welchem *zeitlichen Abstand* sind Kontrollen bzw. Umspielungen (Migration) notwendig?
4. Wie ist *erkennbar, wann* eine Aufzeichnung zur Datensicherung umgespielt werden muss?
5. Ist eventuell *absichtlich ein Verlust* eingeplant? (s. Obsoleszenz)

B. Bei der **Gerätetechnik** sind zu beachten:

1. Wann muss sie infolge von *Verschleiß* erneuert werden?
2. Wie ist ein Verschleiß *rechtzeitig* zu *erkennen*?
3. Wann und wie oft ist eine *vorbeugende Überholung* erforderlich?
4. Ist bei einer neuen Technik die *Abwärtskompatibilität* gesichert?
Andernfalls ist zusätzlich eine meist recht aufwändige Umspeicherung zu realisieren.
5. Hier kann noch mehr als bei den Datenträgern *Obsoleszenz* vorhanden sein (s. Obsoleszenz).

C. Recht groß ist auch der **Einfluss durch Menschen**.

Er reicht vom nicht ausreichendem *Wissen* über *Bedienfehler* bis zur *Spionage* und *Sabotage*.

D. Nicht zu vernachlässigen sind **externe Einflüsse**, z. B. Naturkatastrophen, wie Blitz, Orkan, Erdbeben usw. Weiter gehören dazu Brände, Hochwasser, Krieg, Terror usw.

Gliederung

1. Einführung

2. Eigenschaften der Datenträger

3. Übergang zur Hardware

4. Störfaktoren

5. Entwicklungen bei der Hardware

6. Prognosen

7. Schlussfolgerungen

Notwendige Energie/Bit

Für die Speicherung von 1 Bit wird eine **Minimal-Energie** benötigt:

$$\frac{\Delta E}{\text{Bit}} \geq k \cdot T \cdot \ln(2).$$

Darin bedeuten $k \approx 1,36 \cdot 10^{-23}$ J/K die BOLTZMANN-Konstante und T die absolute Temperatur.

Dieser Wert kann sowohl quanten- als auch informations-theoretisch bestimmt werden.

Bei Zimmertemperatur $T \approx 300$ K werden $\approx 3 \cdot 10^{-21}$ J = 0,02 eV, bzw. Photonen mit $4 \cdot 10^{12}$ Hz benötigt $\Rightarrow \lambda \approx 70$ μm .

Unterschiedliche **Speicherzustände** (0/1) müssen mindestens um diese Energie voneinander **abweichen**.

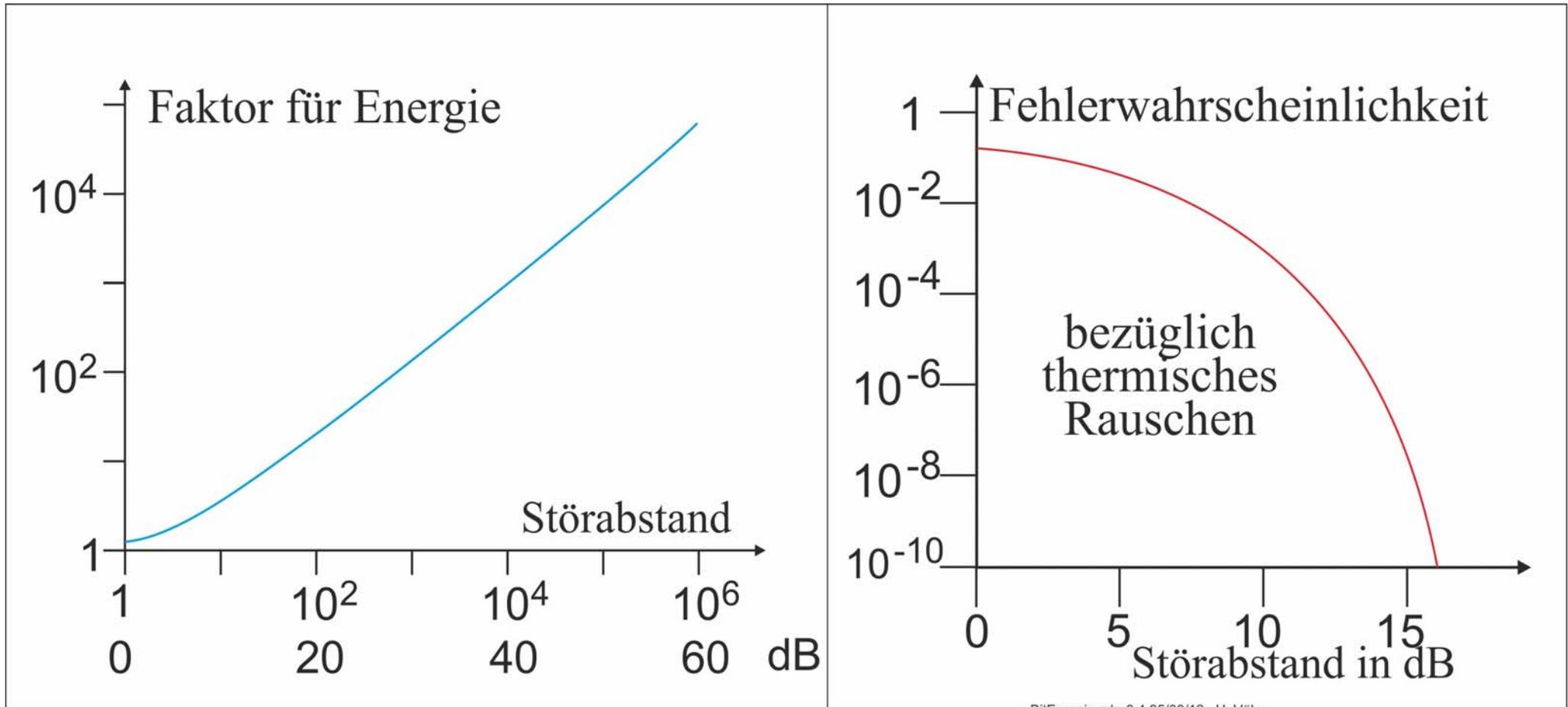
Bei der Aufzeichnung muss sie dem Speichermaterial aufgeprägt und bei der Wiedergabe zurück gewonnen werden.

Der bei $k \cdot T \cdot \ln(2)$ erreichbare **Störabstand** beträgt jedoch **Null** und daher folgt für die **Messzeit** $t_{\text{Mess}} \rightarrow \infty$.

Für **technische Anwendungen** ist deshalb eine größere Energie-Differenz notwendig.

Bezüglich des erreichbaren **Störabstandes** und der thermodynamischen **Fehlerrate** gilt das folgende Bild.

Folglich genügt etwa eine **10-mal** größere Energie (vgl. unten).



Beständigkeit des Speicherzustandes

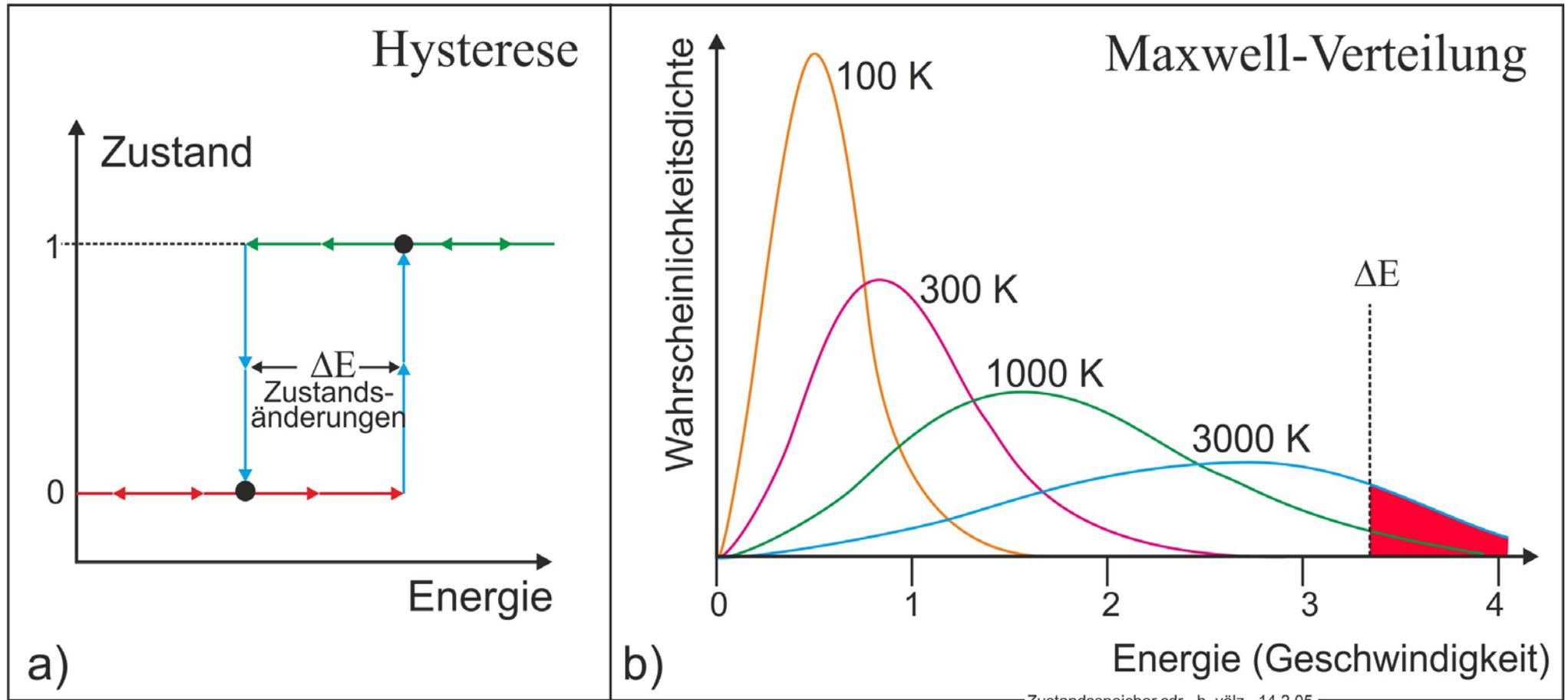
Jeder Speicherzustand ist durch die *Energieschwelle* ΔE gegenüber der Umgebung bestimmt. Auf ihn wirken immer mehrere *Störungen* ein. Die wichtigsten sind:

- Die **Thermodynamische Energie** (Rauschen) ist von der *Temperatur* abhängig und bewirkt zwei Auswirkungen:
 - a) *Fehler-Rate* gemäß der thermodynamischen MAXWELL-Verteilung (JAMES CLERK MAXWELL; 1831 - 1879);
 - b) *Zeitdauer* gemäß der ARRHENIUS-Gleichung von 1896 (SVANTE AUGUST ARRHENIUS; 1859 - 1927).
- Die **Quanteneffekte** u. a. der Strahlung (Licht, Photonen) und Tunneleffekt, z. B. Radioaktivität sind *temperaturunabhängig*.
- **Sonstige Störeinwirkungen** treten z. B. durch externe Felder, Schwingungen, mechanische Kräfte usw. auf.

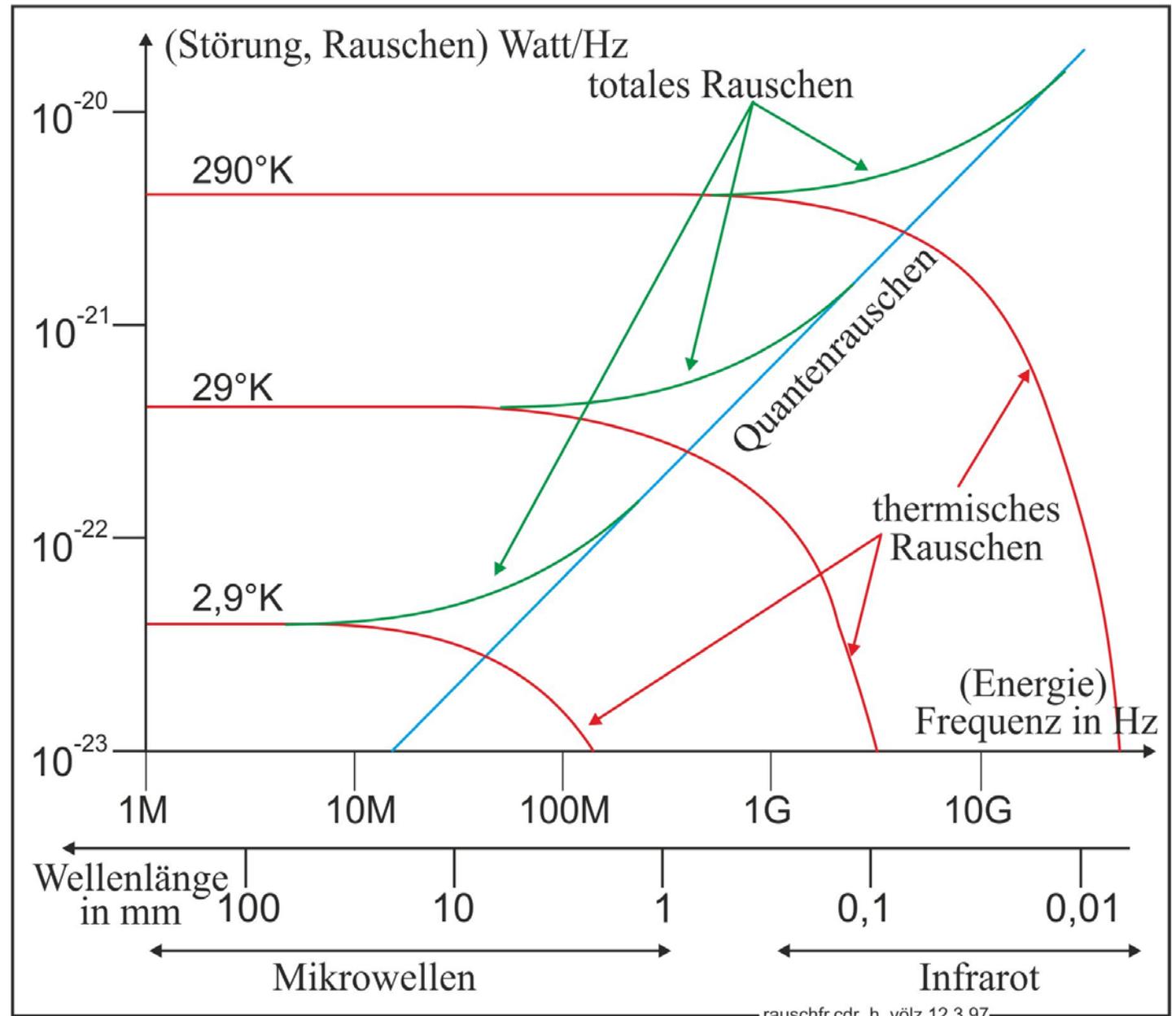
Überschreitet deren Energie – selbst kurzfristig – die *Energieschwelle* ΔE , so kann der *Speicherzustand* zerstört werden. Deshalb soll ΔE *möglichst groß* sein, dem sind jedoch deutliche Grenzen gesetzt:

- *Begrenzter Energieaufwand* bei der *Aufzeichnung* und Energiedichte im *Medium*
- Mit der Energie hängt unmittelbar auch die *Speicherdichte* zusammen. Infolge einer maximal möglichen *Energiedichte* fordert sie sogar ein *kleinstmögliches* ΔE . Daher sind insbesondere bei hohen Speicherdichten die *Störungen möglichst gering* zu halten! (s. unten)
- Zur Erhöhung der *Speicherdichte* (-kapazität) wird nicht selten die *Energieschwelle minimal* gewählt, wirkt sich teilweise ähnlich wie *Obsoleszenz* aus.

Teilchen im rechten roten Bereich können den Speicherzustand zerstören.



Bei Zimmertemperatur überwiegt das Quantenrauschen erst ab infrarotem Licht



rauschfr.cdr h. vözl 12.3.97

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

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

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.

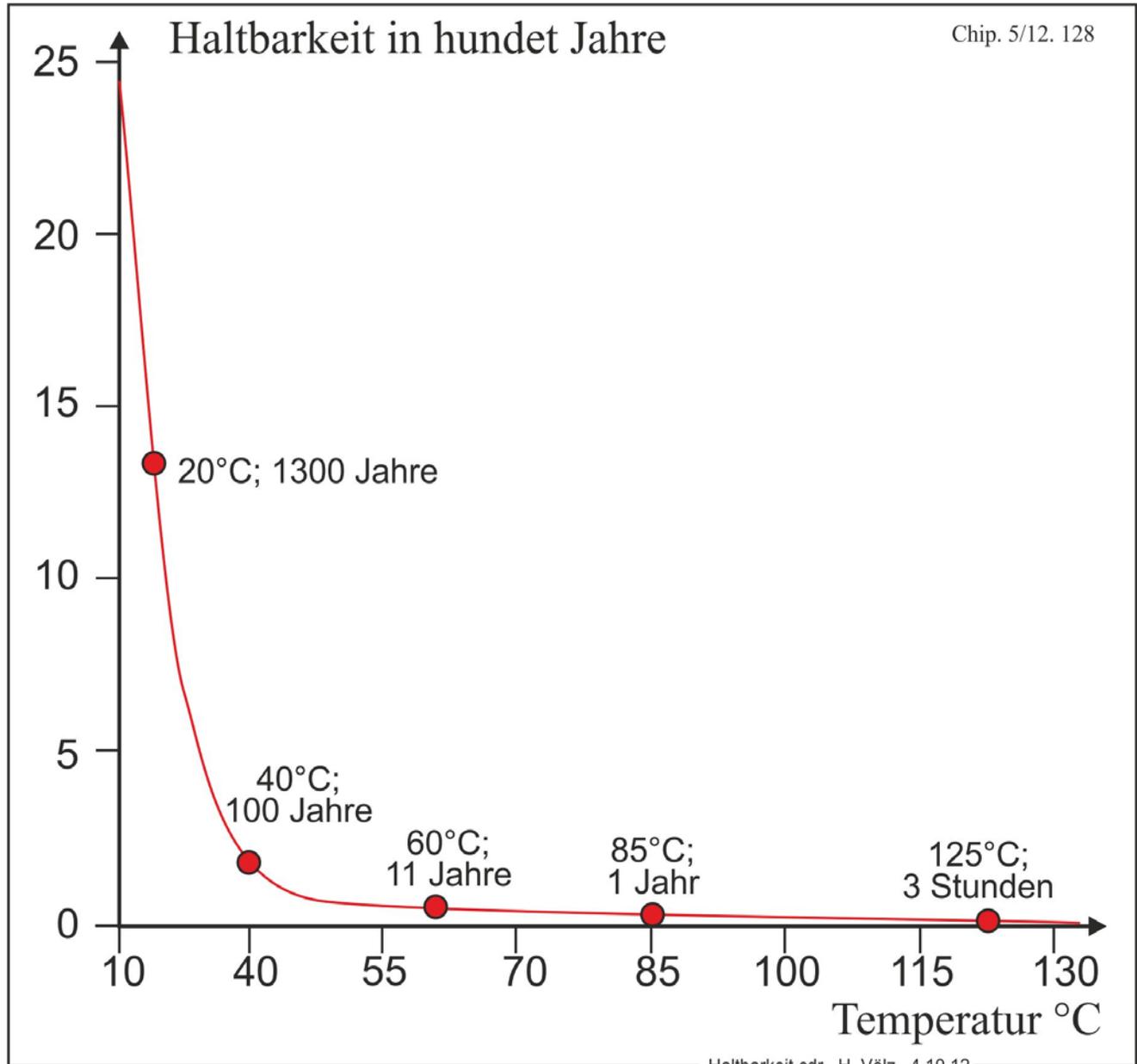
Dieses Beispiel (Chip 5/2012; S.128) gilt für einen typischen *Flash-Speicher*, z. B. USB-Stick.

In einem *Kühlschrank* bei 10 °C ist der Datenbestand etwa 10 000 Jahre gesichert.

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

Für den Motorola Mikrocontroller MPC 555 wurden für gesicherten Daten-erhalt 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



dpa: 15.11.12: Ein Kormoran hat im kanadischen Craven nach Monaten die Kamera eines Anglers an Land getragen. Der Vogel saß am Straßenrand, als eine Frau ihn und den Fotoapparat entdeckte. „Die Kamera baumelte quasi um seinen Hals“, wurde die Frau in den örtlichen Medien zitiert. Sie nahm das durchnässte Gerät an sich und steckte die noch funktionierende Speicherkarte zu Hause in ihren Computer. Rund 200 Fotos von einer Hochzeit und einem Angelausflug tauchten auf, die sie auf Facebook veröffentlichte. Wenig später meldete sich ein Mann, der den Eigentümer kennt. Die Kamera sei seinem Bekannten beim Angeln in einem Boot vor rund acht Monaten aus der Tasche gefallen, sagte der Mann. Ob der Vogel den verdienten Finderlohn bekommt, wurde nicht berichtet.

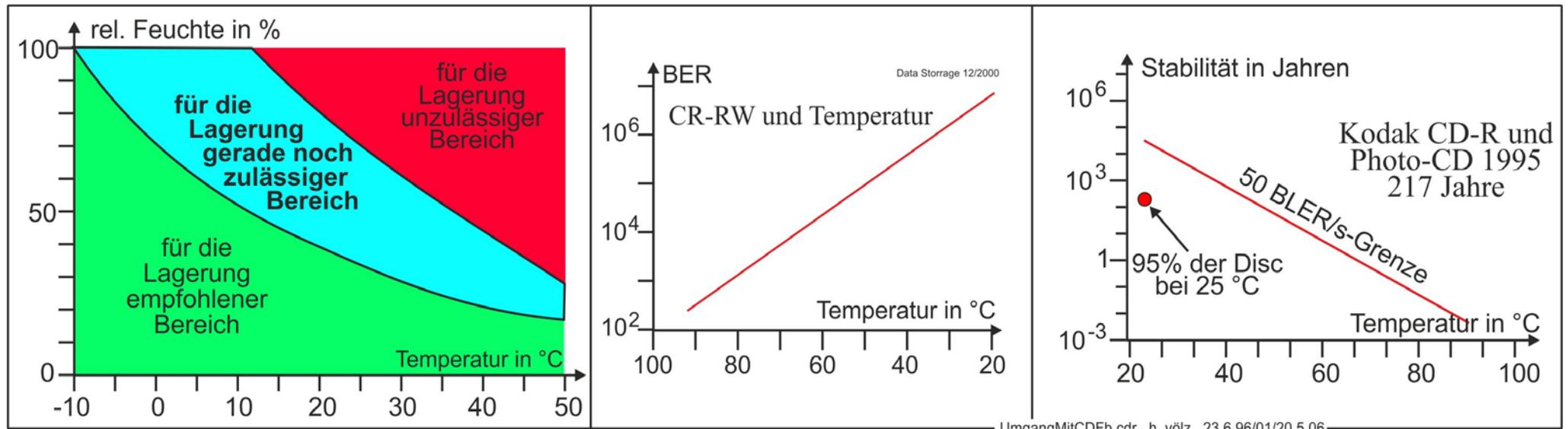


Mobiltelefon klingelt im Hundebauch

Das Klingeln eines vermissten Mobiltelefons aus dem Bauch eines Hundes hat bei einer Britin für Verblüffung gesorgt. Die Zeitung The Sun berichtete, die 27-jährige Rachel Murray habe ihren Mitbewohner zu Weihnachten mit einem Mobiltelefon überraschen wollen. Der Hund des Freundes jedoch verwechselte das unter dem Weihnachtsbaum liegende Telefon offenbar mit einem Festtags-Knochen und verschlang es. Eine ausgiebige Suche nach dem verschwundenen Geschenk blieb ohne Erfolg. Als Murray dann die Nummer des neuen Telefons wählte, ertönte ein Klingeln aus dem Bauch des Hundes. Ein sofort konsultierter Tierarzt riet zur Geduld. Und tatsächlich tauchte das Handy 24 Stunden später voll funktionstüchtig wieder auf. (Reichard: 185/6)

Beispiele für CD, CD-R und CD-RW

Die BER = Block Error Rate ist ein wichtiges Kriterium der aktuellen Fehlerrate optoelektronischer Medien. Sie ist ein ungefährer Hinweis darauf, wie bald sie nicht mehr lesbar werden könnten. Bei der Lagerung ist neben der Temperatur auch die relative Luftfeuchte zu beachten!



Energie- und Speicherdichte

In jedem Material gibt es eine begrenzte *Energiedichte*.

Für klassisch-physikalische (nicht quantenmechanische) Materialien liegt sie bei etwa $0,5 \text{ J/cm}^3$.

Bei höheren Werten wird das Material stark verändert, meist sogar zerstört.

Ein Kondensator hat so z. B. eine Durchschlagspannung von etlichen kV/cm.

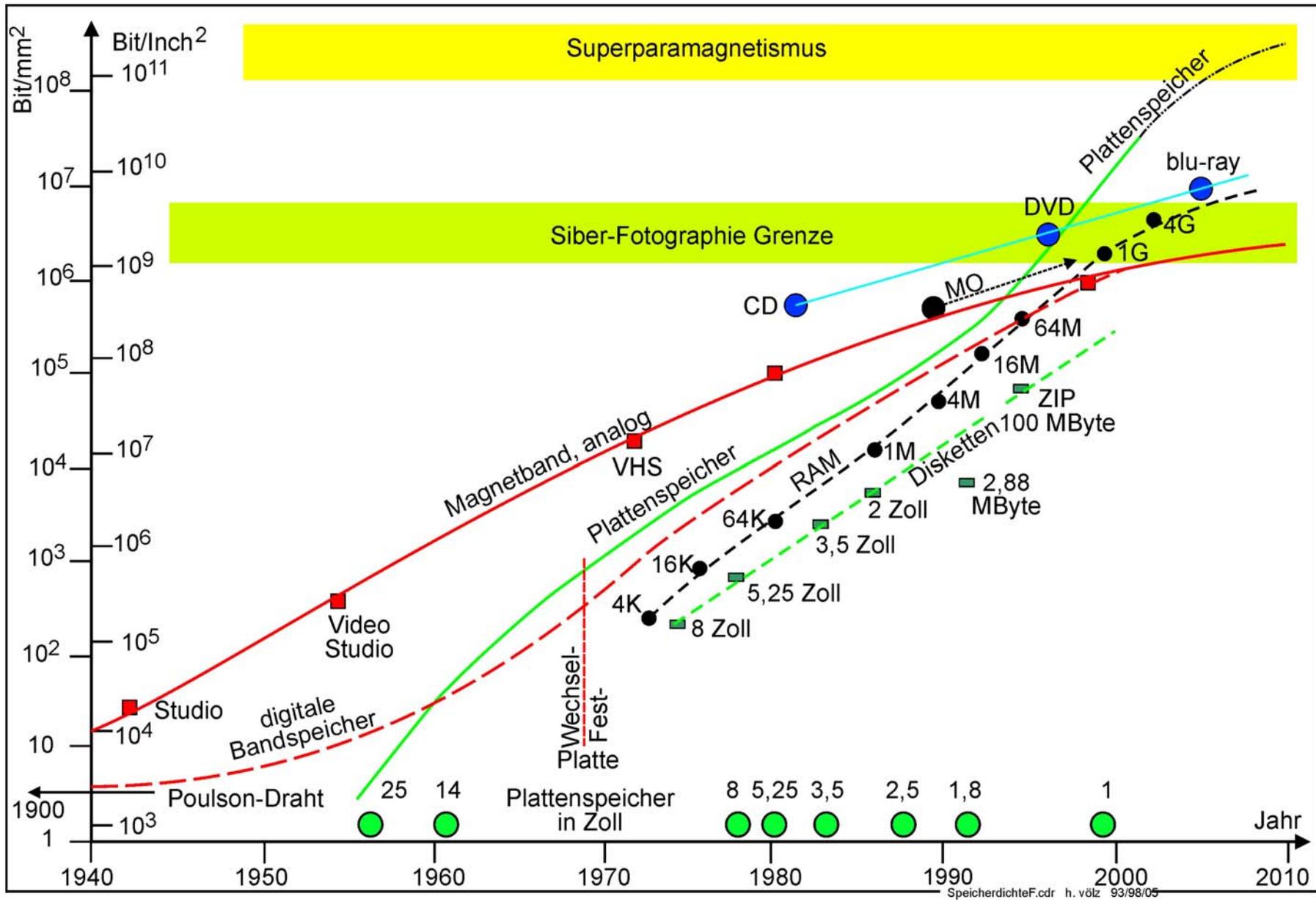
Dauermagnete können höchstens die magnetische Energie enthalten.

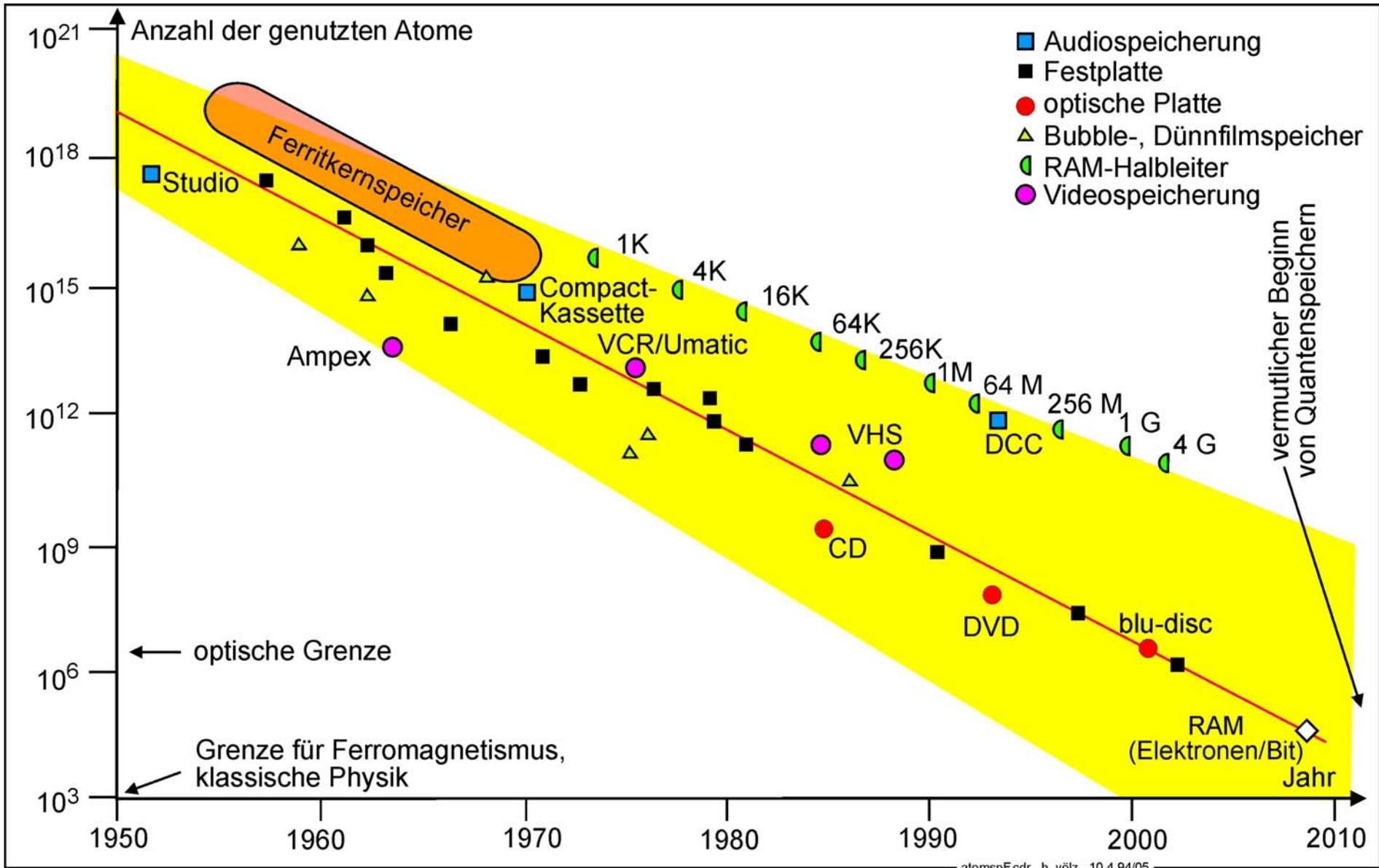
Speichermedien sollen eine möglichst hohe *Speicherdichte* in Bit/m^3 , teilweise auch in Bit/m^2 besitzen.

Beide Werte sind auf Lauf der Entwicklung um *viele Zehnerpotenzen gewachsen*.

Dies muss folglich eine *Auswirkung* auf die Bit-Energie und damit auf die Fehlerrate bzw. Lebensdauer haben.

U. a. ist bei weniger als etwa *1000 Atomen/Bit* die klassische Physik nicht mehr gültig.





Eine falsche Einschätzung!?

Das Beispiel zeigt: die Haltbarkeit von Videobändern nahm ständig ab (Elektronik 2001, genaue Quelle fehlt z. Z.). Dennoch dürfte die Extrapolation „?“ $\Rightarrow 0$ falsch sein. Außerdem erfolgt bereits seit Jahren (zumindest beim Fernsehen und im Studio) auf Band keine Aufzeichnung mehr.

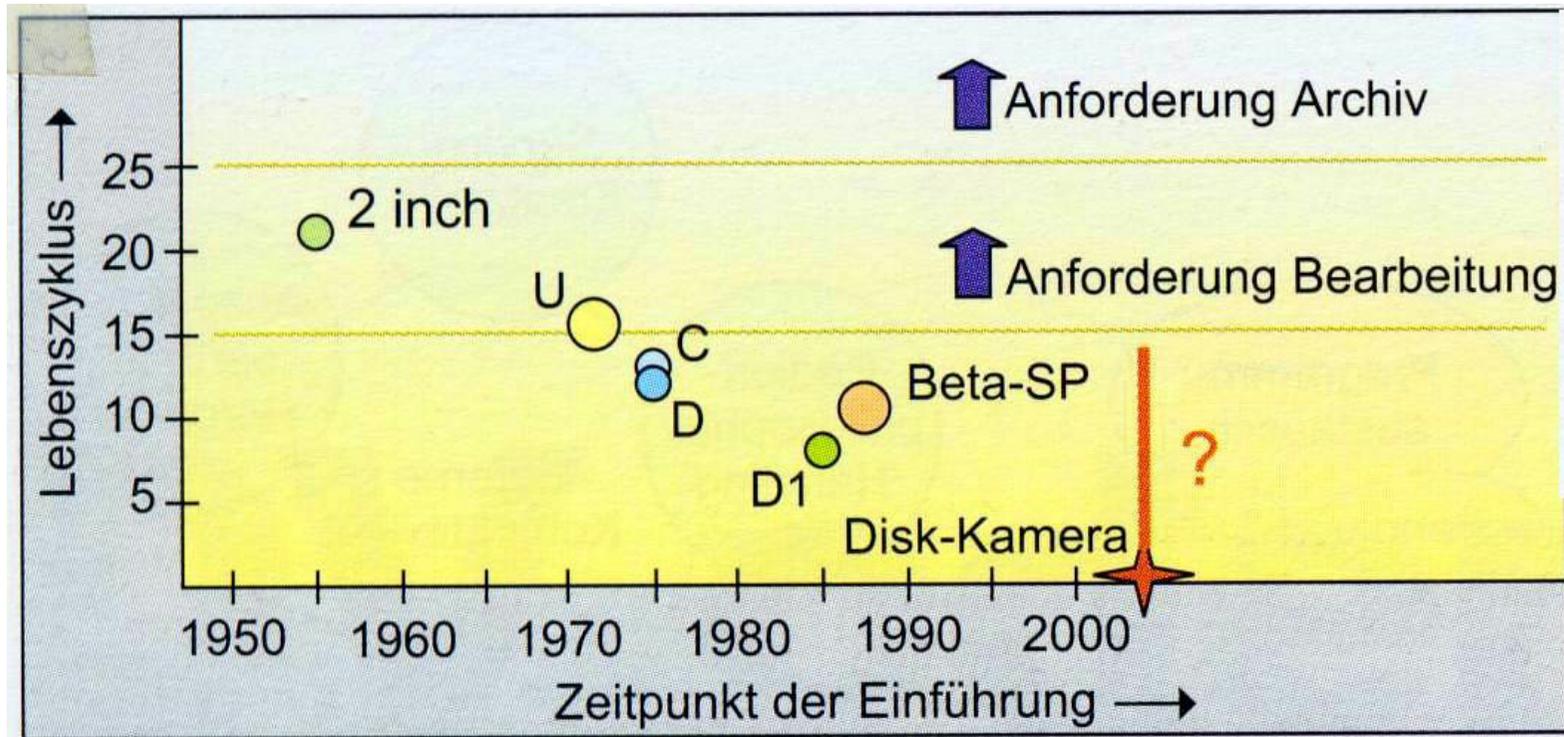


Bild 4 (links). Die Lebensdauer der Videobandformate halten mit den Anforderungen der Anwender nicht mehr Schritt

Ein weiteres Lehrbeispiel

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 ⇒ 1877 EDISON-Walze	47 Jahre
Relais 1835 J. HENRY erfindet Relais ⇒ 1883 erste Anwendungen Telefon.....	48 Jahre
Mikrophon 1860 PHILIPP REIS ⇒ 1877 Anwendung Telefon.....	17 Jahre
Röhre 1905 LEE FOREST erste Röhre ⇒ 1812 Röhren Fertigung bei AEG	7 Jahre
Transistor 1947 Transistor durch BARDEEN, SCHOCKLEY, BRATTEIN ⇒ 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 ⇒ 1842 Foto auf Leipziger Messe	20 Jahre
---	----------

Gliederung

1. Einführung
2. Eigenschaften der Datenträger
- 3. Übergang zur Hardware**
4. Störfaktoren
5. Entwicklungen bei der Hardware
6. Prognosen
7. Schlussfolgerungen

Zuverlässigkeit

Die ersten Untersuchungen zur Zuverlässigkeit unternahm 1930 V. M. MONTSINGER an isolierenden Kabelpapieren. Er fand dabei den exponentiellen *Einfluss der Temperatur T* gemäß

$$t_L = t_0 \cdot e^{-A \cdot T}.$$

Mit den experimentellen, materialabhängigen Konstanten t_0 und A ergibt sich die Lebensdauer t_L .

Hieraus folgt die **8°-Regel**: erhöht man die Temperatur um 8°, so verkürzt sich die Lebensdauer auf die Hälfte.

Heute wird diese Regel vor allem dazu benutzt, um *Lebensdauer-Untersuchungen* zu *beschleunigen*.

Unter Betriebsbedingungen lägen nämlich Ergebnisse erst dann vor, wenn die Produktion bereits ausgelaufen ist.

Um die Zuverlässigkeit einer *Serienproduktion* zu bestimmen, wird von N_0 Geräten, Bauelementen usw. ausgegangen.

Für die nach der *Zeit t noch brauchbaren Elemente N(t)* tritt meist folgender Verlauf (*Badewanne-Kurve*) auf:

1. *Frühausfälle* gehen weitgehend auf mangelhaft hergestellte Elemente oder einzelne Materialfehler zurück
2. Es folgt der *optimale Anwendungszeitraum* nach etwa 100 bis 2000 Stunden: flacher Verlauf mit konstanter Neigung:

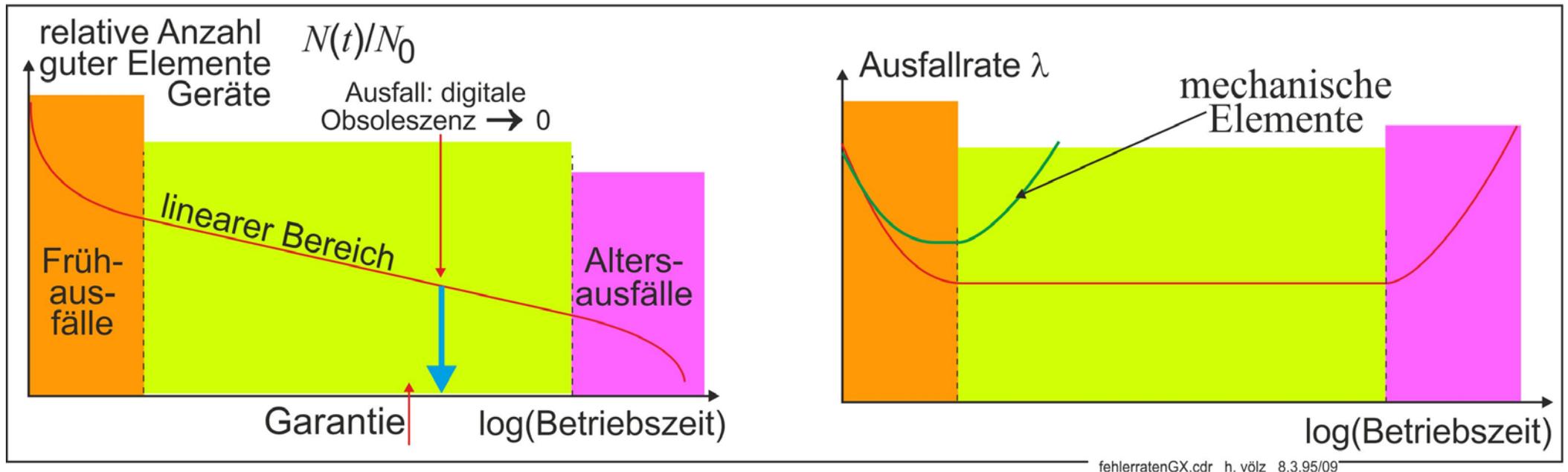
$$\frac{N(t)}{N_0} = e^{-t \cdot \lambda}.$$

Die *Ausfall- = Fehlerrate* λ wird in 1/h gemessen \Rightarrow Fehlerwahrscheinlichkeit = $1 - 1/e \approx 63\%$; differentiell gilt:

$$\lambda(t) = \frac{1}{N(t)} \cdot \frac{dN(t)}{dt}.$$

3. In der die *Spät- = Verschleißphase* sind die Elemente an die statistische Grenze ihrer Zuverlässigkeit angelangt.

Achtung! Bei *mechanischen Bauelemente* ist die Phase 2. vergleichsweise kurz.



Bei Schuhen wurde in den 50er Jahren eine Sollbruchstelle in den Sohlen nachgewiesen. Allgemein wird in solchen Fällen auch von absichtlich eingefügten Schwachstellen gesprochen. Für Glühlampen, Elektrolytkondensatoren usw. wurde zeitweilig absichtlich schlechteres Material eingesetzt. Bei der digitalen Obsoleszenz liegt eine vom Programm her organisierte Abweichung gegenüber der Statistik vor: U. a. wird durch einen zusätzlichen Algorithmus kurz nach dem Ablauf der Garantie, bei Armbanduhren bei einem Batteriewechsel usw. das Gerät sofort vollständig unbrauchbar macht (Details folgen).

Gemäß Gutachten für die Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen vom Frühjahr 2013 geben infolge Obsoleszenz die Haushalte in Deutschland etwa 10^{10} €Jahr mehr aus als nötig aus. Auf „Murks, nein danke“ sind über 3000 Beispiele aufgelistet [Wölbert].

Einflüsse auf die Zuverlässigkeit

Zusammenstellung wichtiger äußerer Einflüsse auf die Zuverlässigkeit elektronischer Bauelemente und Geräte.

Klima (-zonen)	Temperatur, Feuchte, Luftdruck
Mechanisch	Schlag, Fall, Stoß; Vibration, Beschleunigung, Lärm;, Staub
Chemisch	Gase, insbesondere mit Cl-, S-, C-Gehalt sowie Ozon; Säuren; Salze (Ionen)
Elektrisch	Gewitter, EMV, EMP
Strahlung	Licht, γ -Strahlen, α -Teilchen, Elektronen, Protonen
Biologisch	Schimmel- und Pilzbefall, Insekten und Nagetiere

Details in Völz: Elektronik Akademie-Verlag. 5. Auflage. S. 982 ff.

Anwendung der Zuverlässigkeit

Die Kenngrößen Lebensdauer, Ausfallrate, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gelten *nur im statistischen Mittel*.

Sie sagen relativ *wenig über ein einzelnes* Gerät oder Element aus.

Es kann unglücklicherweise extrem viel *früher*, aber im Glücksfall auch sehr viel *später* ausfallen.

Mit diesen Kenngrößen lassen sich daher keine *Sicherheitskonzepte* ausarbeiten.

Ist zum statistischen Mittelwert noch kein Schaden eingetreten ist, dann bestehen zwei Möglichkeiten:

Bei der *Sicherheitsvariante* erfolgt ein *Austausch*, der jedoch unökonomisch ist.

In der *Risikovariante* wird hingegen *einfach weiter* gearbeitet, doch nur selten mit gutem Gefühl.

Neben der Ausfallrate λ gibt es daher weitere Begriffe zur Zuverlässigkeit. Für *Einzelfälle* gelten:

- **TBF** (time between failure) betrifft den Abstand *zwischen zwei Ausfällen*.
- **TTR** (time to repair) ist die Zeitdauer für eine *Reparatur* oder einen *Austausch*.
- **TTF** = TBF – TTR (time to failure) ist die *Betriebszeit* bis zu einem Fehler.

Firmen verwenden *Mittelwerte* und setzen dann ein M (meantime) davor: MTBF, MTTR und MTTF = $1/\lambda$.

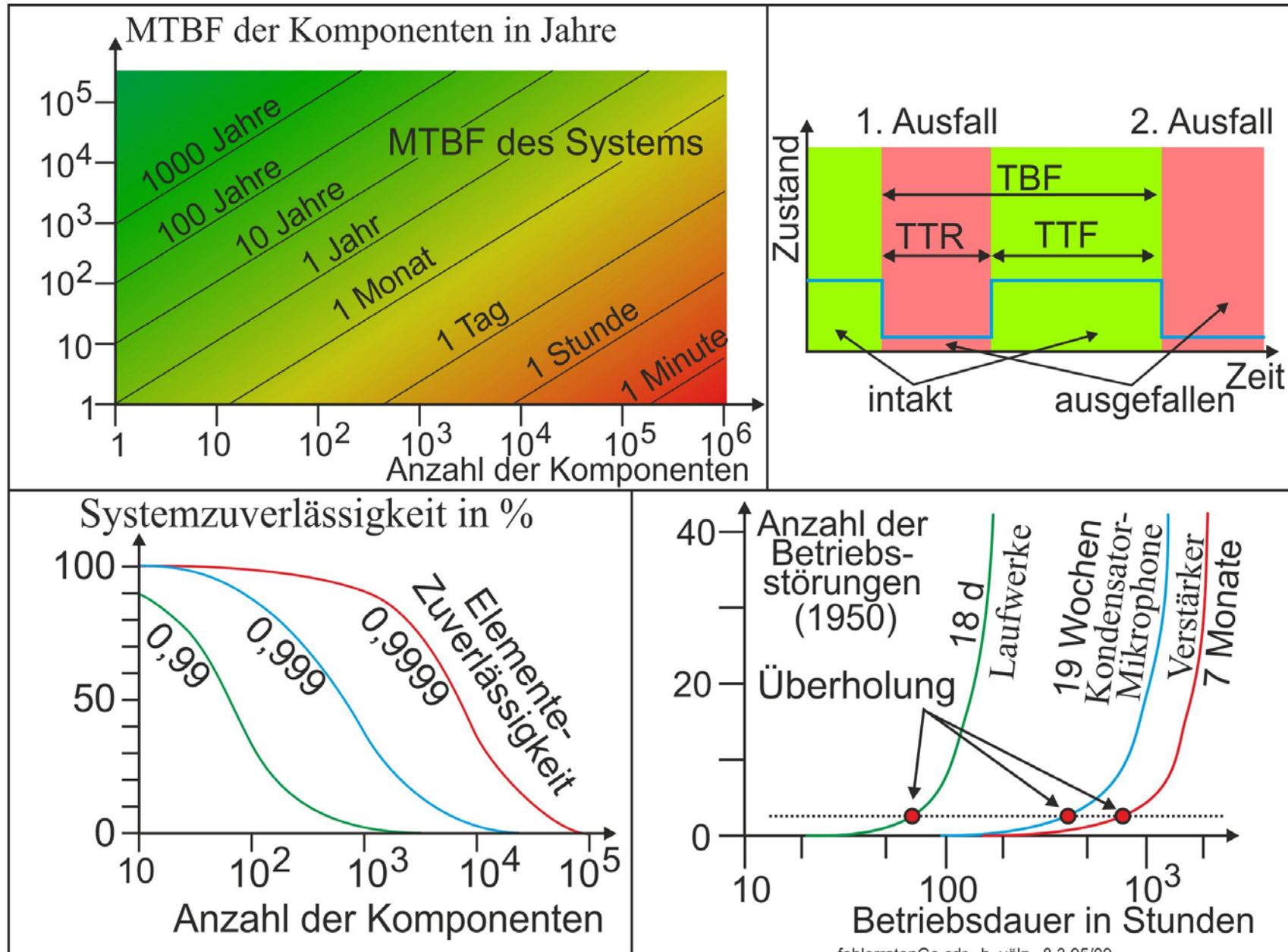
Aus diesen Werten kann der optimale *Zeitabstand für Kontrollen und Überholungen* abgeleitet werden.

Das Bild zeigt Beispiele der Rundfunkstudioteknik aus den 50er Jahren für einen Sendeausfall von 1 %.

Besteht ein Gerät aus *n Bauelementen* so *multiplizieren* sich die Ausfallraten $\lambda_{total} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \dots \cdot \lambda_n$.

Für *n Bauelemente* (Transistoren) mit *gleichem* λ_e gilt $\lambda_{total} = \lambda_e^n$.

Um eine bestimmtes λ_{total} zu erreichen, muss λ_e *sehr viel kleiner* sein.



Geplante Obsoleszenz

Lateinisch obsolescere das Veralten (s. Lit.)

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 (s. folgendes Bild).

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*).

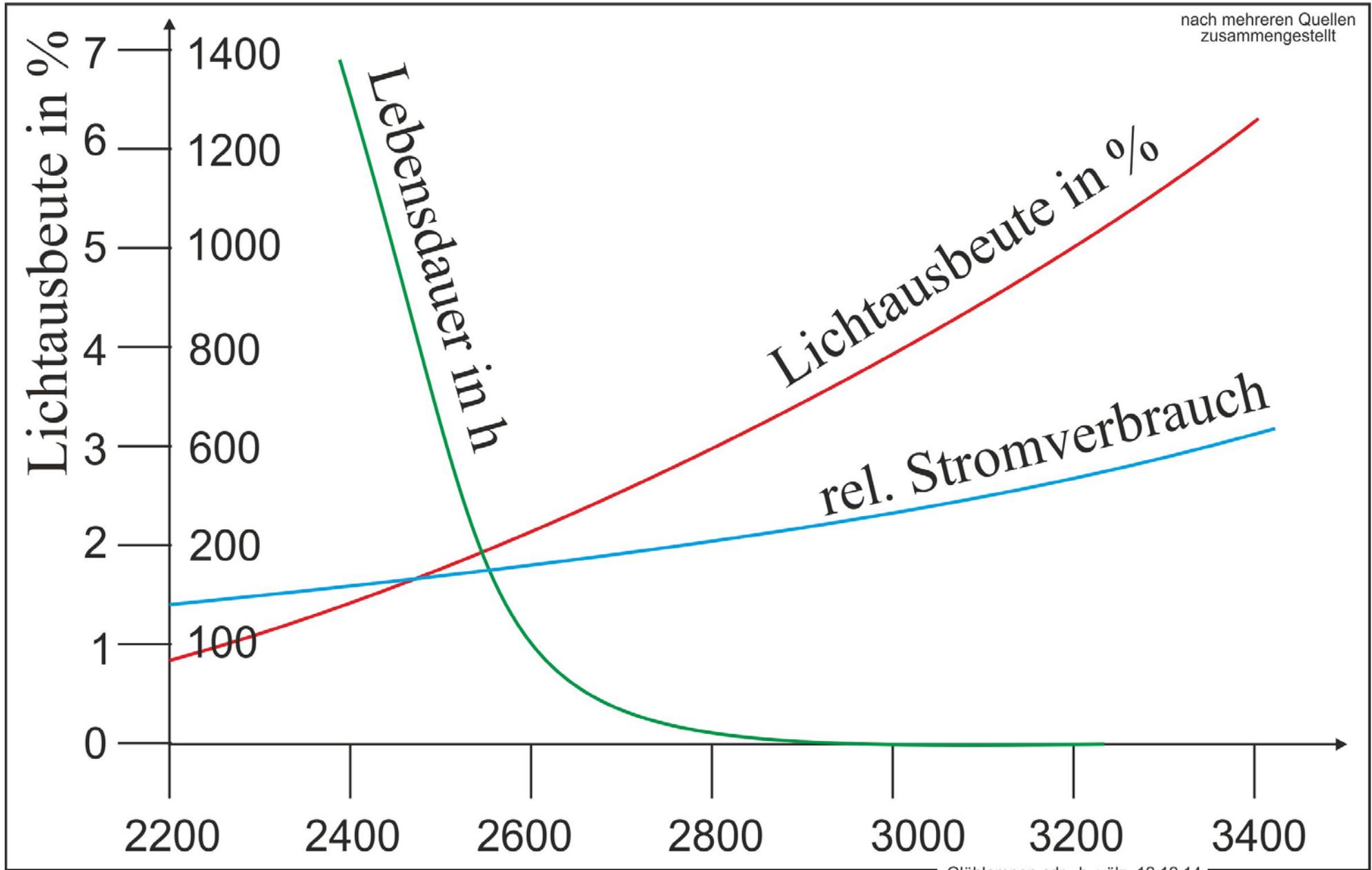
Andererseits hat z. B. Apple im iPhone die *Akkus fest eingebaut*.

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*.



Obsoleszenz bei CD und DVD

In den Anfangsjahren der CD-DA wurde von einer Firma für den Aufdruck eine *ungeeignete Nitrofarbe* benutzt. Sie diffundierte bis zur Aluminium-Reflexionsschicht hindurch und zerstörte sie dann. Bd.3. S. 619f. Hierdurch wurde zeitweilige die Beständigkeit der CD bezweifelt.

Offensichtliche Obsoleszenz erfolgte bezüglich der *Urheberrechte* insbesondere bei DVD für Video (Bd. 3, S. 565 ff.). Das begann spätestens bei den VHS-Aufnahmen mit der Einführung des zusätzlichen **CSS** (content scrambling system). Dann folgte u. a. der Regional- bzw. Länder-Code **RPC** (regional protection code). 1998 schufen die Studios Walt Disney, Universal, Paramount und DreamWorks 1998 eine **Divx** an (**digital video express**). Es ist eine besondere Variante von *Video-on-Demand* oder *Pay-Per-View*. Das spezielle *teure Gerät muss per Modem* mit einer Zentrale verbunden werden damit die Gebühr abgebucht wird. Wegen zu geringer Akzeptanz wurde später eine Billigvariante angeboten, die es zuließ, *48 Stunden lang abzuspielen*. Mehrfach wurde eine **Einweg-DVD** bzw. *Wegwerf-DVD* oder teilweise auch EZ-DVD vorgestellt. Sobald die schützende, *luftdichte Hülle* entfernt ist, bewirkt der Luft-Sauerstoff eine chemische Reaktion. Sie macht die DVD in *8 bis 48 Stunden unbrauchbar*. Eine andere Variante benutzt eine sehr hohe *Lichtempfindlichkeit*.

Für die *Selbstaufzeichnung von Audio* entstanden sogar spezielle Geräte, die besondere CD-R verlangten.

Preis der Zuverlässigkeit

Für *Hersteller* von Geräten und Software setzen sich die Kosten hauptsächlich aus drei Anteilen Zusammen:

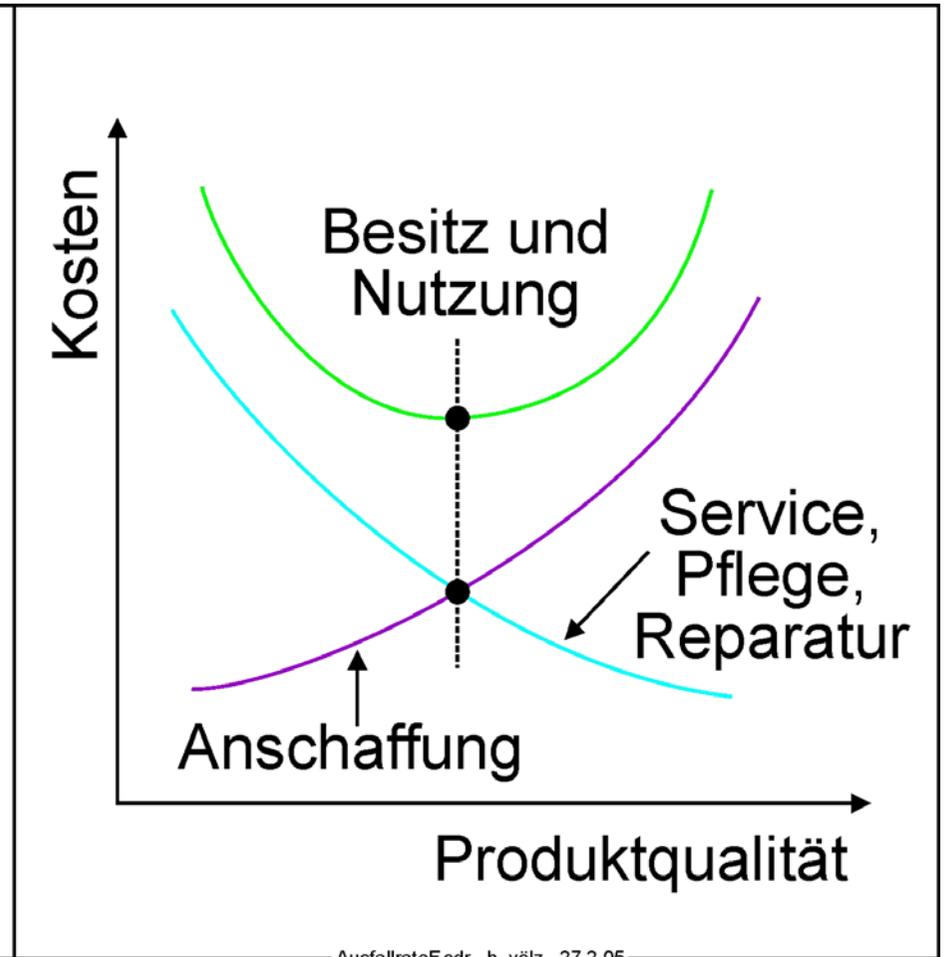
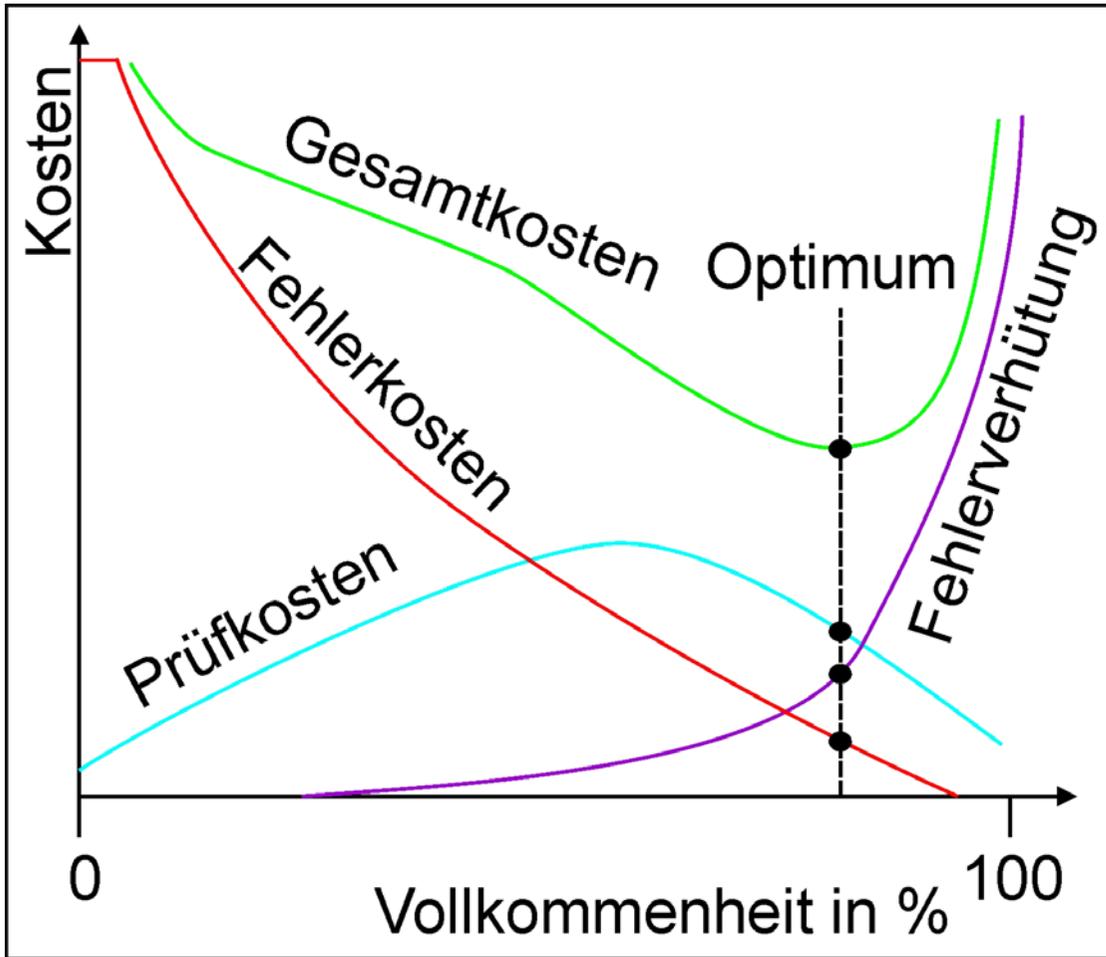
- Maßnahmen zur *Fehlerverhütung*. Ab einer Grenze steigen sie sehr steil an.
- *Prüfmethoden* sind besonders aufwendig, wenn nur mit mittlerer Qualität produziert wird.
- *Garantieleistungen* nehmen steil mit der Vollkommenheit ab.

Die Summe der Ausgaben erreicht bei einer *bestimmten Vollkommenheit* ein Minimum.

Bei der *Anwendung* treten in Abhängigkeit von der Produktqualität andere Kostenfaktoren auf.

Je *teurer* eine Technik *gekauft* wird, desto geringer werden meist die *Kosten für Pflege, Service und Reparatur*.

So ergibt sich auch hier ein *Kostenminimum* für den Kauf und langfristigen Betrieb.



AusfallrateF.cdr h. vözl 27.2.05

Arten der Obsoleszenz

Die *technische Obsoleszenz* tritt vor allem bei analogen (kontinuierlichen) Geräten usw. auf. Sie ist teilweise mit „optimalen“ Produktionsbedingungen verknüpft, möglichst kostengünstig produzieren. Sie kann aber auch durch „schlechteres“ Material absichtlich herbeigeführt sein. Es macht oft keinen Sinn zu „gute“ Technik zu produzieren, besonders dann wenn ohnehin zu früh ersetzt wird. So kaufen heute z. B. 42 % der Konsumenten sich alle etwa 2 Jahre ein neues Smartphone. Auch bei Fernsehern liegt ein ähnlicher Trend vor (S. psychologische Obsoleszenz)

Die *psychologische Obsoleszenz* wird vor allem durch technischen Fortschritt und Modetrends bestimmt. Markennamen wie Apple usw. haben dabei auch erheblichen Einfluss.

Die *digitale Obsoleszenz* benutzt hauptsächlich die neuen Möglichkeiten der Mikroelektronik. (Versteckt) eingefügte Programme schalten die Geräte nach Ablauf der Garantiefrist vollständig ab. Ähnliche Möglichkeiten bestehen z.B. bei elektronischen Uhren. Hier hält die Batterie mehr als 2 Jahre. Wenn Sie ausgewechselt wird, schaltet sie das Programm durch die Unterbrechung in einen falschen Zustand. Bei Rechnern usw. bestehen durch die vielfältige ständige (oft erzwungene) Internetverbindung neue Möglichkeiten. Gewiss sind alle digital gegebenen Möglichkeiten z. Z. nicht bekannt.

Steigerung der Haltbarkeit

Es gibt auch vielfältige Maßnahmen, durch die der Datenerhalt verlängert wird. Beispiele dafür sind u. a.:

- Gestaltung fortlaufender *Updates* um erkannte Lücken zu schließen und sich Neuerungen der Systeme anzupassen
- Bestmöglich *Pflege der Datenträger und Geräte*, z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Lichteinflüsse und Sorgfalt.
- Bessere *Ausbildung des Personals* für die Bedienung und Lagerhaltung.
- Eingebaute Methoden der *Selbstreparatur*, eventuell sogar der eigenständigen „*Evolution*“ (vgl. Biologie).

Gliederung

1. Einführung
2. Eigenschaften der Datenträger
3. Übergang zur Hardware
- 4. Störfaktoren**
5. Entwicklungen bei der Hardware
6. Prognosen
7. Schlussfolgerungen

Datenverluste

Sie gab es schon immer, zunächst durch *Naturkatastrophen* und *Kriege*, z. B.:

- Die *mesoamerikanischen Hochkulturen* (Olmeken, Zapoteken, Maya) begannen um 2 000 v .Chr. Die Maya verschwanden um 900 n. Chr. (Gründe?). insgesamt erfolgte die spanischen Vernichtung im 17. Jh.
- Die von PTOLEMAIOS II. (283 - 246 v. Chr.) gegründete *Bibliothek von Alexandria* wurde um 620 total vernichtet. Der wirkliche Grund (Brand, Verbrennung) bzgl. der $\approx 700\,000$ Rollen ($\approx 200\,000$ heutige Bücher) ist ziemlich unklar.
- Der Brand 2004 in der *Bibliothek der Herzogin Anna Amalia* in Weimar.

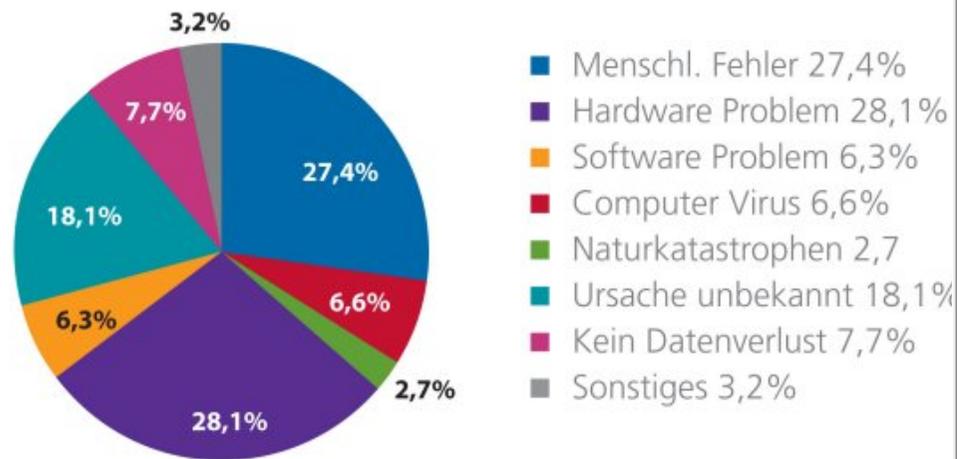
Heute verschwinden Daten wesentlich *diffiziler* mit z. T. schweren Folgen für *Wissenschaft, Kultur* und *Wirtschaft*. Hinzugekommen sind u. a. *menschlichem Versagen, Geheimhaltung, absichtliche Zerstörung* und *gefälschten Daten*. *Einzelfakten* sind u. a.: Naturkatastrophen, Erdbeben, Orkane, Brand- und Wasserschäden Überspannung, Stromausfall, Viren, Diebstahl, Sabotage, Kriminalität, Fehlbedienung, vernachlässigtes Backup und Übergang zu neuer Technik. Die häufige Annahme, dass *Datenträger* die entscheidende Ursache seien, ist jedoch nur bedingt gültig. Das folgt aus den vielfältigen Ergebnissen u. a. der *Datenrettungsfirma* von KROLL ONTRACK. Dabei ergaben sich aus Befragungen und Fällen zur der Datenrettung für 2010 als entscheidenden Ursachen:

Fehler durch	objektiv	Subjektiv
Menschen	28 %	40 %
Hardware	28 %	28 %
Software	6%	13 %

In 18 % der Fälle konnte nicht einmal die Ursache des Datenverlustes nicht angegeben werden.

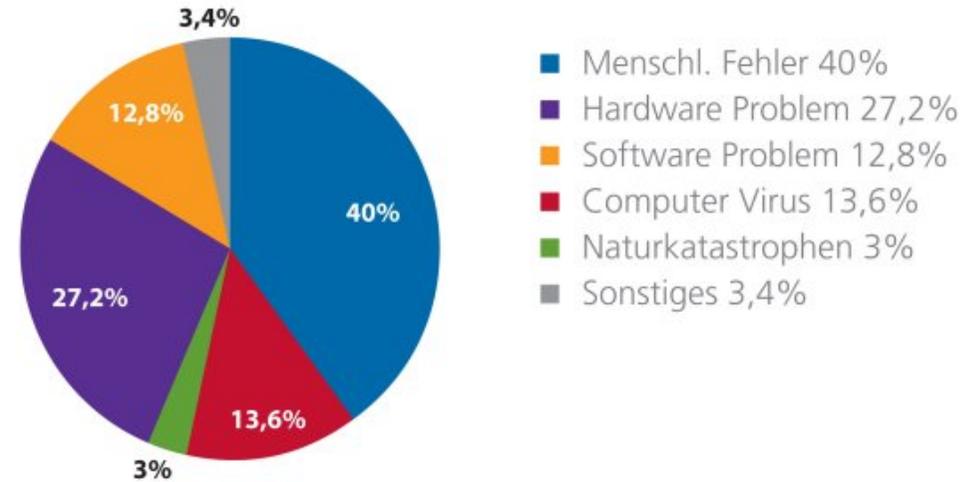
Datenverluste nach Ontrack 2010

Was war die Ursache Ihres letzten Datenverlusts?



Quelle: Kroll Ontrack 2010

Was glauben Sie ist die häufigste Ursache für Datenverlust?



Quelle: Kroll Ontrack 2010

Wahrscheinlichkeit für Daten-Verluste

Eigentlich ist es ein großer *Unterschied*, ob 10 Bit bei 100 oder bei 10^9 Bit falsch sind.

Dennoch können in beiden Fällen die 10 falschen Bit ähnlichen Schaden bewirken.

Und das, obwohl die *statistische Fehlerrate* 0,1 bzw. 10^{-8} beträgt

Da immer mehr Daten zur Anwendung kommen, müssen folglich immer *kleinere Fehlerraten gefordert* werden.

Mittels *besserer Technik* und wirksameren *Fehlerkorrekturverfahren* ist das auch gelungen (s. folgendes Bild).

Rein technisch wurde so die *Datensicherheit* bei der Speicherung und Übertragung um ein *Vielfaches verbessert*.

Neben der technischen Sicht existiert eine *subjektive Wahrscheinlichkeit*, die z. T. deutlich von der *objektiven abweicht*.

Für den Menschen hängen Wahrscheinlichkeiten nämlich auch mit *Erwartungen, Hoffnungen* und *Sorgen* zusammen.

Und sie beeinflussen oft ganz erheblich unser Gefühl für Sicherheit und Gefahr. (Witz Flugzeug und Bombe!).

Leider sind aber subjektiven Wahrscheinlichkeiten *kaum messtechnisch erfassbar*. Es gelten jedoch zwei Extreme:

Meist schätzen wir *kleine Wahrscheinlichkeiten zu groß* ein. Wer würde sonst Lotterie spielen? Nur wenige aus Freude!

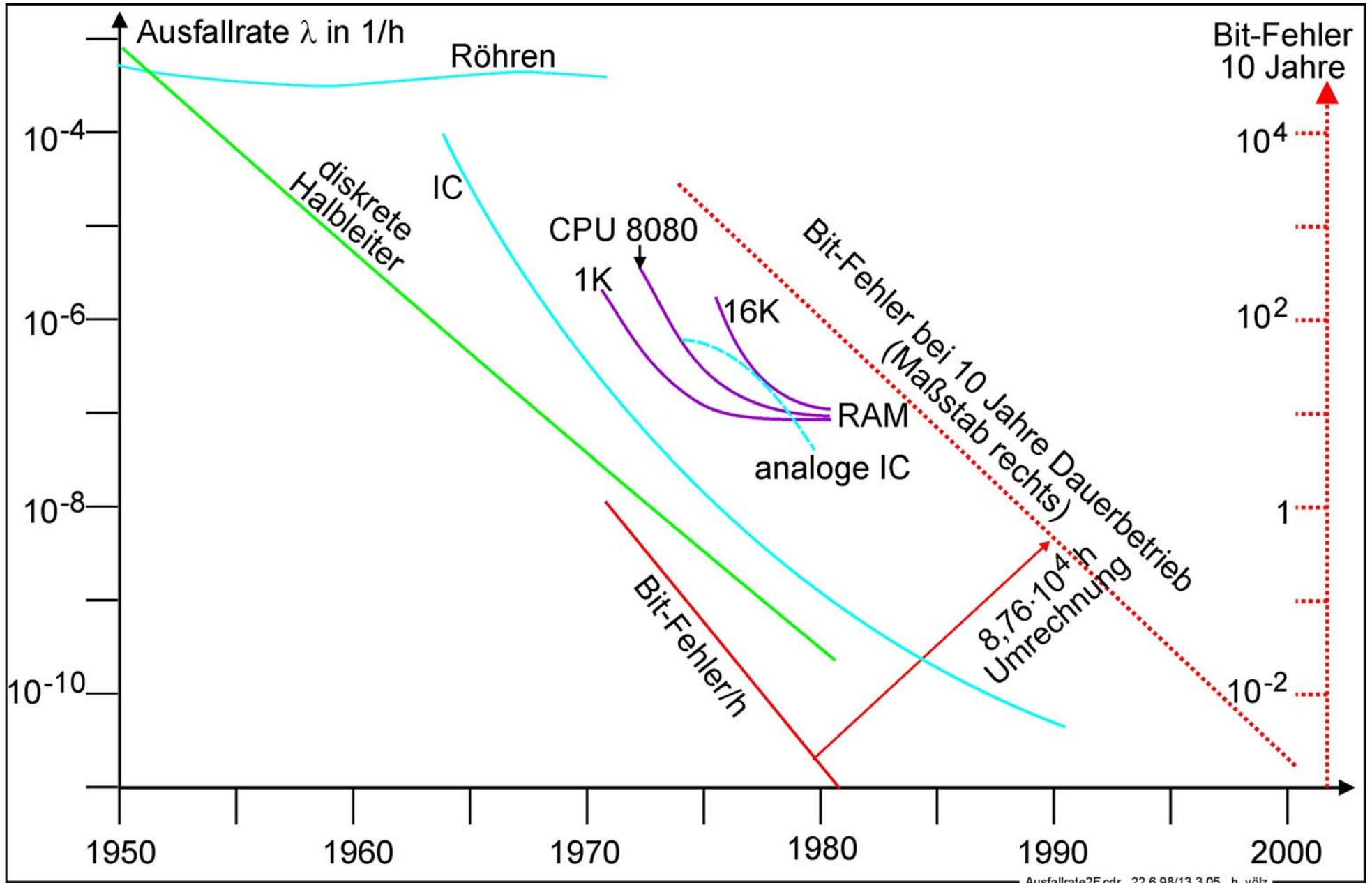
Umgekehrt werden *große Wahrscheinlichkeiten* vielfach *zu klein* wahrgenommen.

So ist es subjektiv ein *großer Unterschied*:

Ob uns *vor der Operation* eine Sterberate von 3 % oder eine Überlebensrate von 97 % angekündigt wird.

Allgemein gilt: Wenn ein *Gewinn lockt*, sind wir spontan konservativ, werden aber zu Abenteurern, sobald *Verlust droht*.

Z. B. [Piattelli-Palmarini].

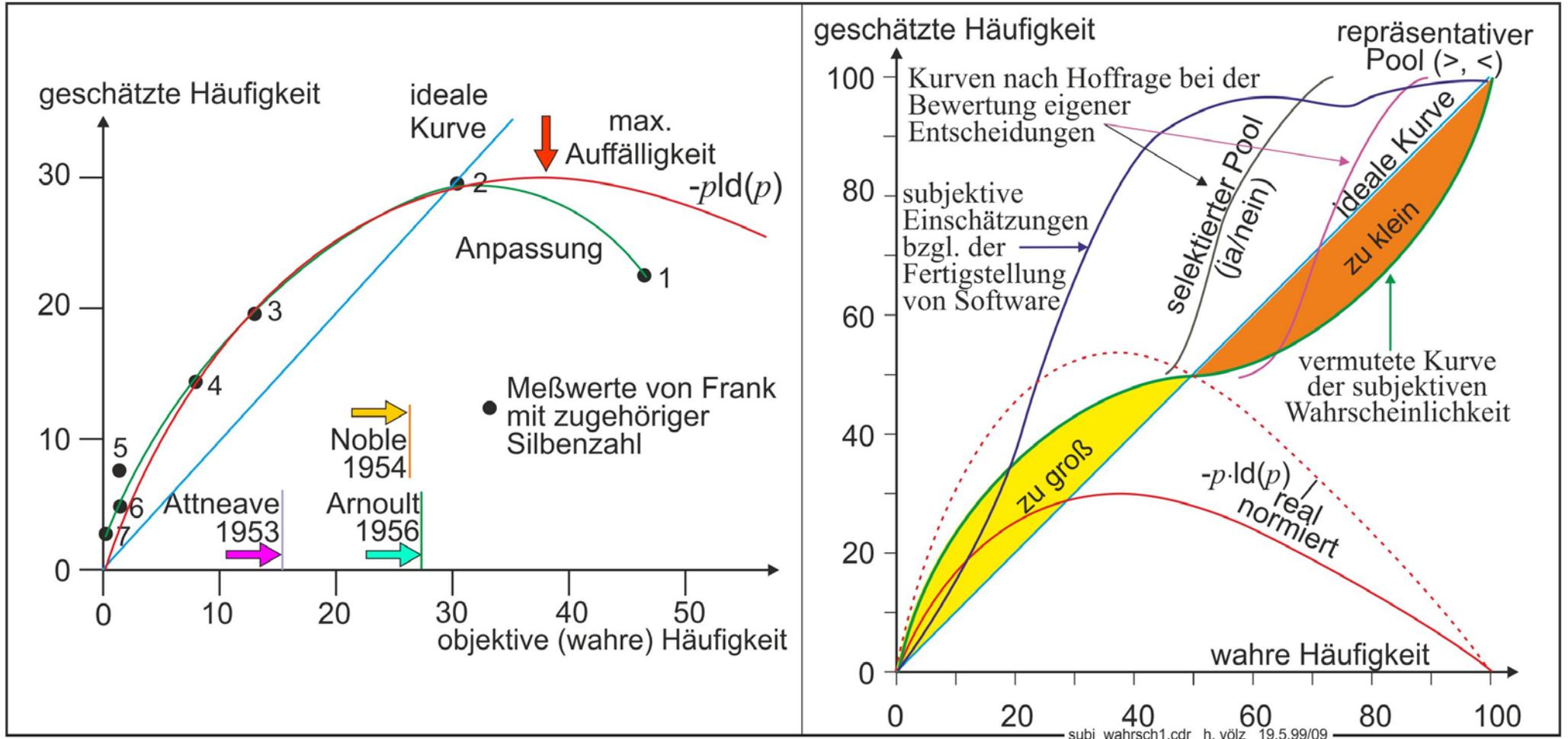


Ausfallrate2F.cdr 22.6.98/13.3.05 h.völz

hellblau: ideale Kurve mit subjektive = objektive Wahrscheinlichkeit

grün: vermuteter Zusammenhang objektive \Rightarrow subjektive Wahrscheinlichkeit

Andere Farben: experimentell bestimmte Zusammenhänge.

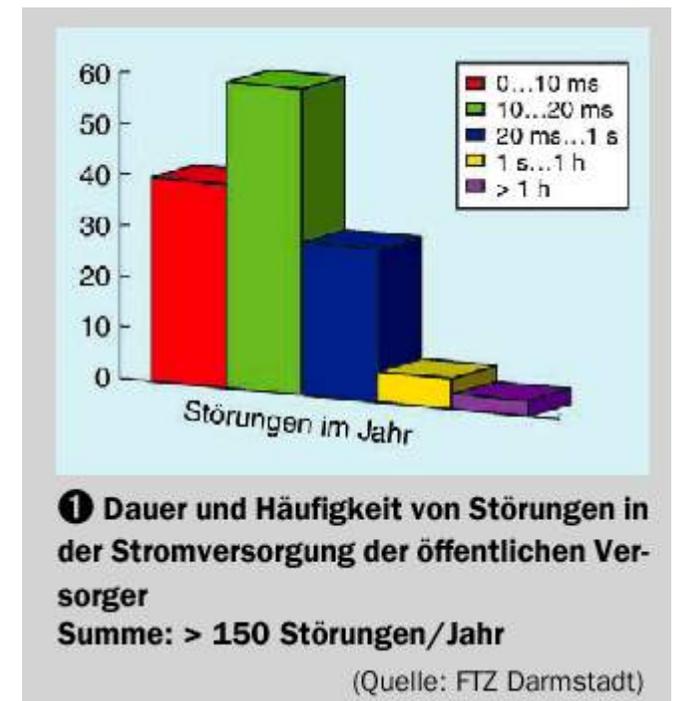


Hype-Zyklus

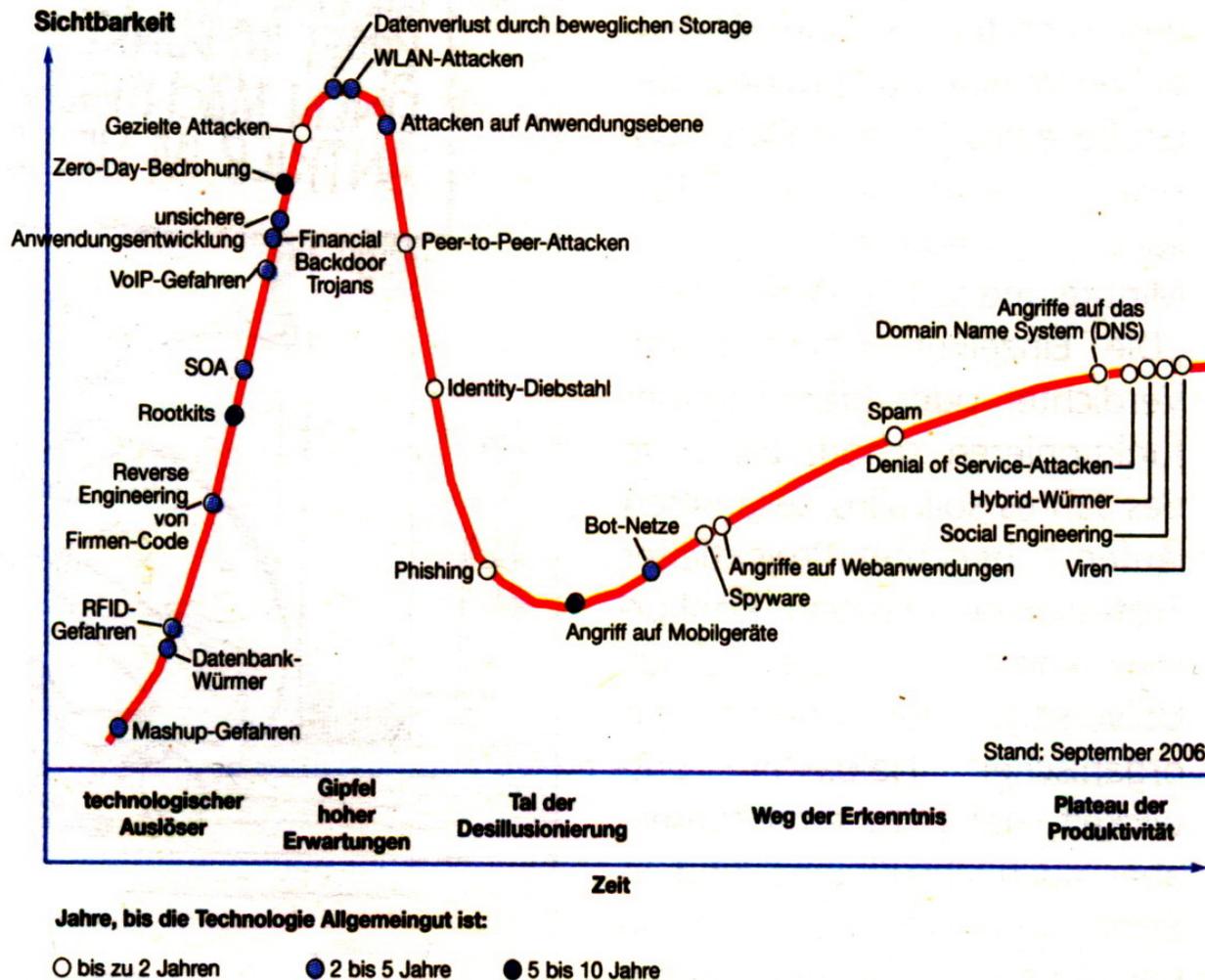
Englisch *Hype* [sprich haip] künstlich stimulieren

Er wurde von der GARTNER Group um das Jahr 2000 eingeführt und soll so etwas wie eine *Prognose* sein. Inzwischen liegen mindestens 20 Anwendungen auf unterschiedlichen Gebieten vor, auch zu den Gefahren für Daten. Leider sind beide *Koordinaten* recht *unbestimmt*. Ihre Ausprägungen sind nicht messbar, sondern werden nur geschätzt. Im Beispiel *fehlen* u. a. Naturkatastrophen, Stromausfälle, Datenträger- und Hardwarefehler sowie mangelhafte Software. Solidere Angaben bis zum Jahr 2001 gibt es dagegen vom *Bundeskriminalamt*.

Zu den *Stromausfällen* gibt es ein Bild für 2010, doch mit der *Energiewende* werden diese Fehler sehr wahrscheinlich deutlich zunehmen



So genannter Hypecycle zur Einordnung von IT-Gefahren hinsichtlich Aufmerksamkeit und Zeit bis zum Massenphänomen



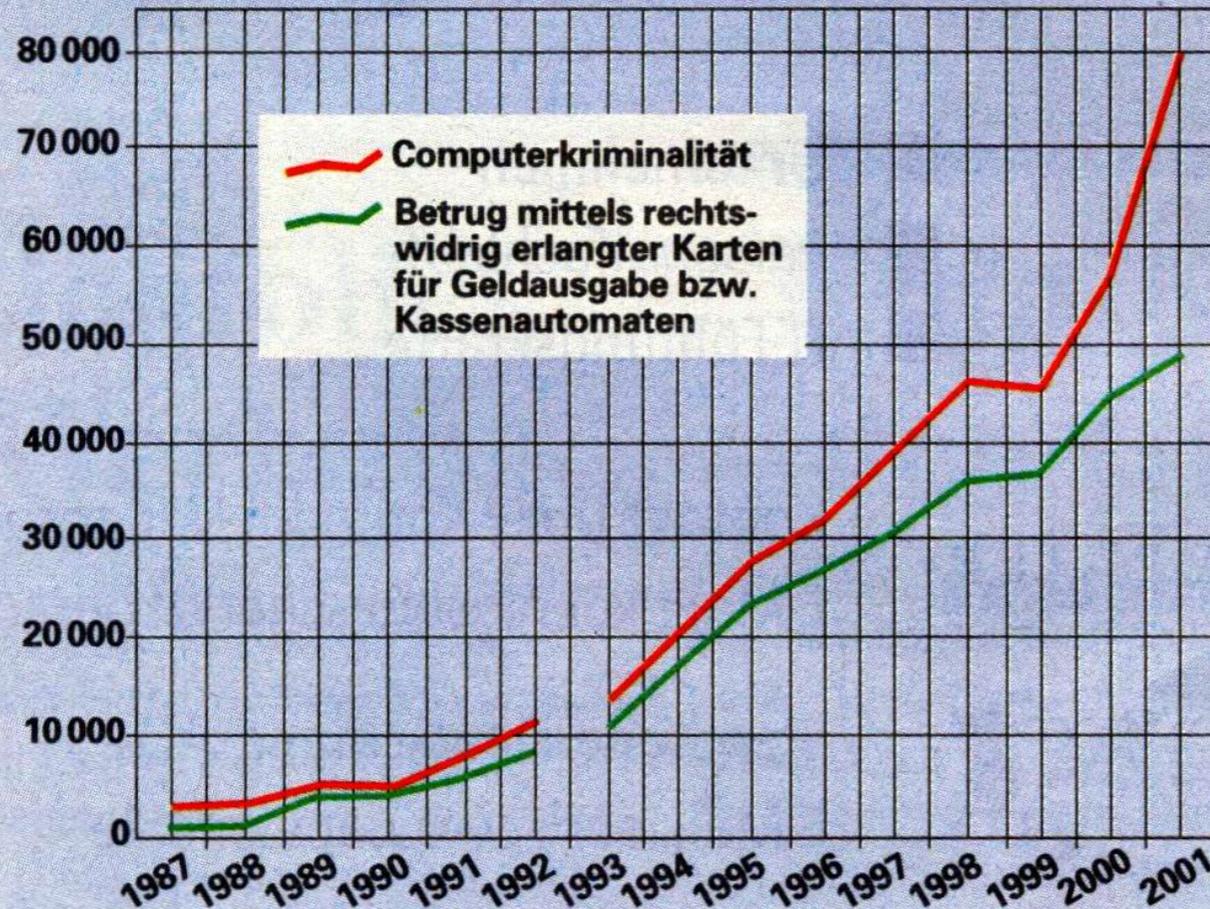
London (ab) – Gezielte, finanziell motivierte Angriffe – etwa Wirtschaftsspionage über Trojaner – erachtet Gartner neben Spyware und Viren als eine der **größten Cybergefahren in nächster Zeit**. Firmen sollten daher neben signaturbasierten Schutz-Tools das Patch- und Verwundbarkeitsmanagement stärken. Via Identitätsdiebstahl und Social Engineering gerät auch der Mensch in den Fokus. Gartner rät daher zu Aufklärung und Reporting, aber auch zu kombinierter Benutzer- und Betrugs-erkennung sowie Contentfiltern, die das Versenden von Firmengeheimnissen unterbinden.

Quelle: Gartner

COMPUTER ZEITUNG 39/2006

Tatort Computer

Entwicklung der Straftaten mit IT-Bezug in Deutschland
seit 1987 (bis 1992: alte Bundesländer)



Quelle: Bundeskriminalamt

COMPUTER ZEITUNG 38/2002/sa

Gliederung

1. Einführung
2. Eigenschaften der Datenträger
3. Übergang zur Hardware
4. Störfaktoren

5. Entwicklungen bei der Hardware

6. Prognosen
7. Schlussfolgerungen

Lebensdauer von Medien

Aussagen zur Haltbarkeit / Lebensdauer von Speichermedien sind recht schwierig.

Bei Lagerung werden sie u. a. durch Temperatur, Feuchte und Staub, beim Betrieb durch (Ab-) Nutzung beeinflusst.

Für Zahlenangaben werden meist 20 °C und 50 % relative Feuchte angegeben.

Wie komplex die Zusammenhänge sein können, sei an einigen Ergebnissen für *Festplatten* gezeigt

Allgemein scheint zu gelten, dass sie im *Dauerbetrieb* länger halten können, als bei einer Lagerung ohne Betrieb.

Für externe Festplatten wird daher vielfach empfohlen, sie mindestens einmal im Jahr einige Stunden zu betreiben.

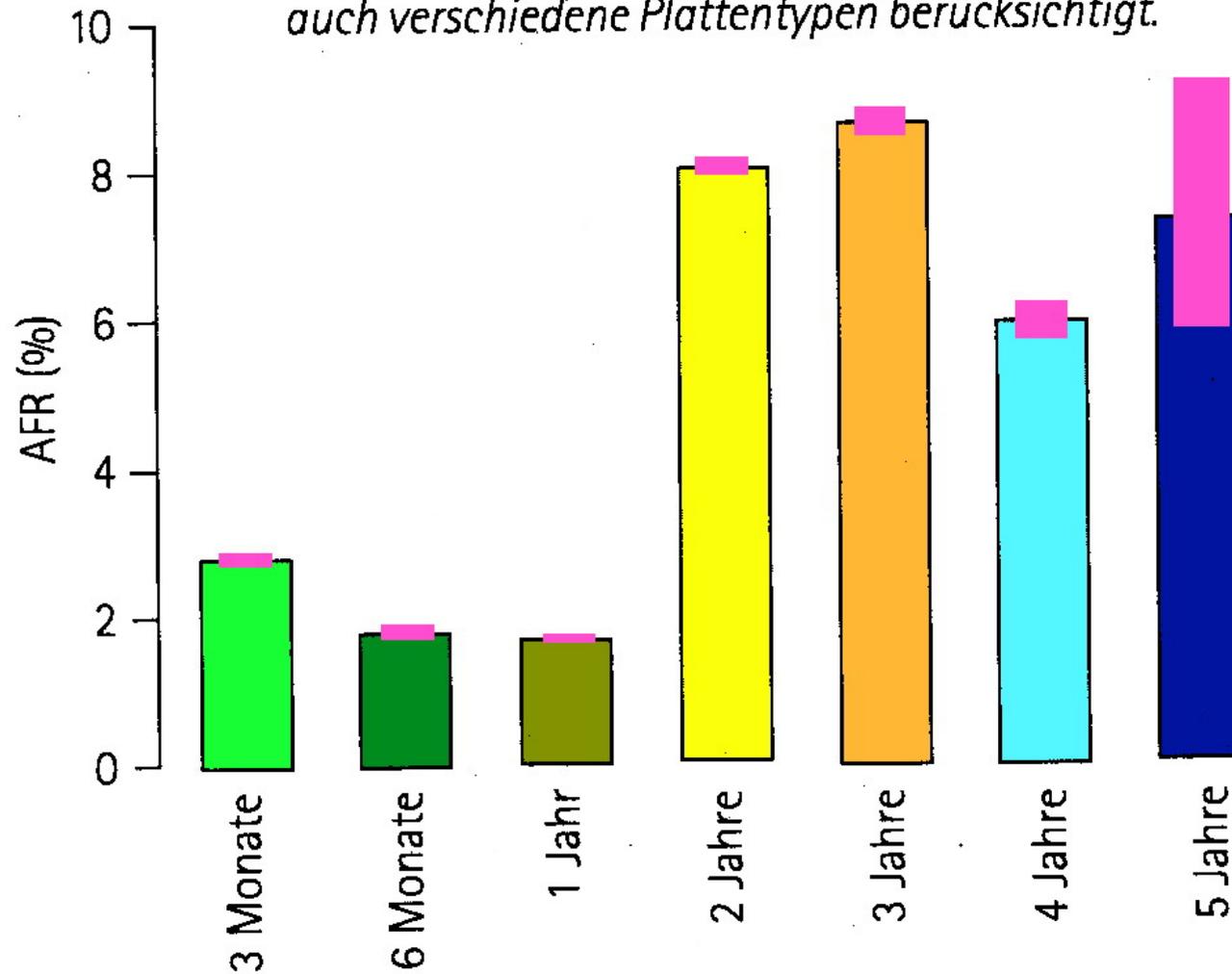
Andererseits ist ihr *Verschleiß* wesentlich durch die Anzahl der Start-Stopp-Vorgänge (Laptop!) bedingt.

Google stellte z. B. für ihre 100 000 Festplatten fest [Chip 3/09, 60]:

Sie halten am längsten bei *Temperaturen von 40 °C*, Werte > 45 °C und < 30°C senken bereits die Lebensdauer.

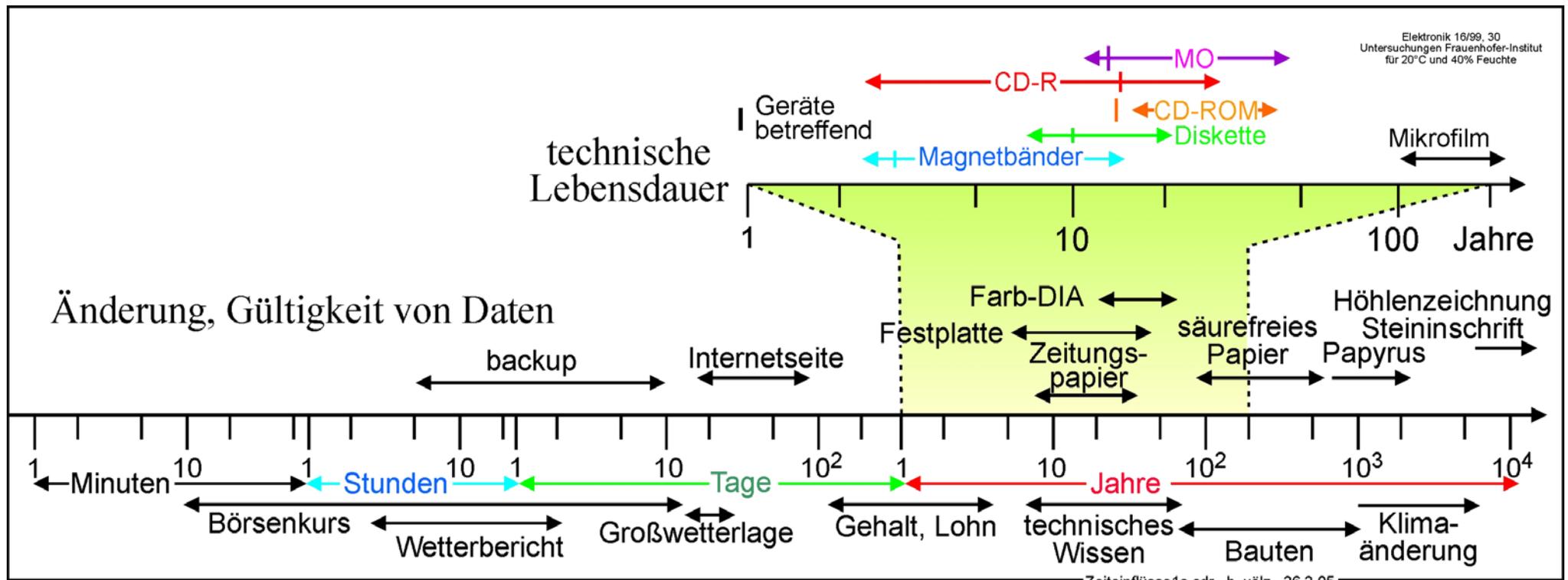
Fehlerraten pro Jahr (AFR) und nach Plattenalter

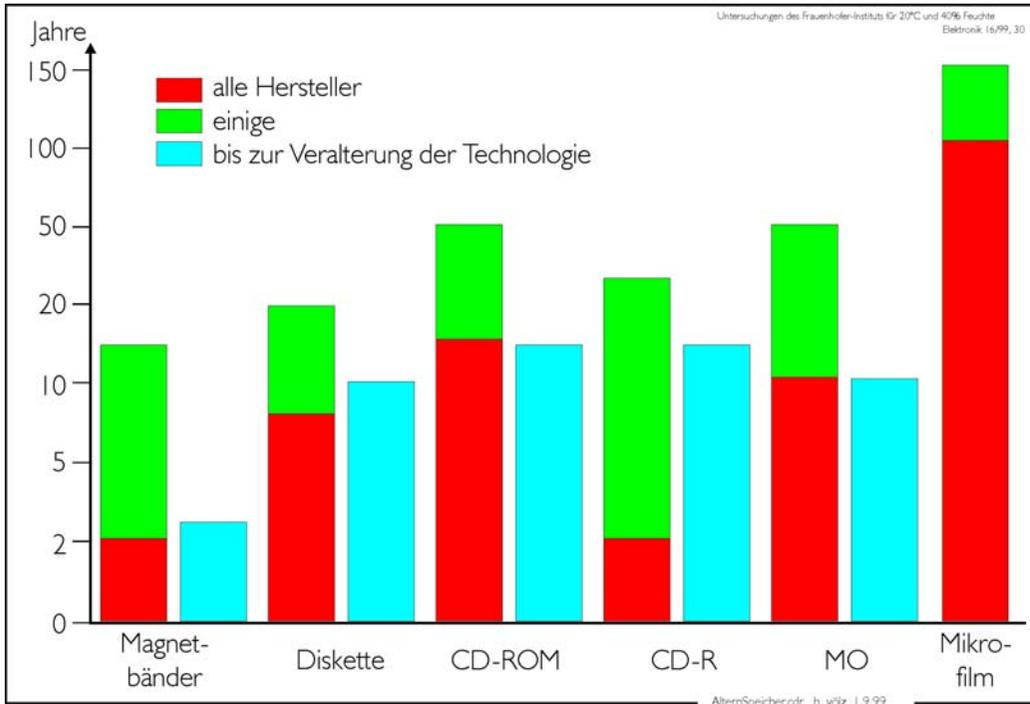
auch verschiedene Plattentypen berücksichtigt.



Quelle: E. Pinheiro/W.-D. Weber/L. A. Barroso, Failure Trends in a Large Disk Drive Population, Februar 2007 (Google)

Das Bild gibt einen groben Überblick und Vergleich zur Lebensdauer von **Daten, Medien und Geräten**. **Offline-Medien** halten meist deutlich länger als die für ihren Betrieb notwendigen Geräte verfügbar sind. Denn meist werden **Speichergeräte** wegen besserer Parameter, Wettbewerb und Gewinn zu schnell ausgetauscht. Man spricht dann von „moralischem“ Verschleiß (psychologische Obsoleszenz!). Die **Gültigkeit von Daten** muss jedoch von der Notwendigkeit ihrer weiteren **Verfügbarkeit** unterschieden werden. Viele Daten sind zumindest **historisch** oder **gesetzlich** weiterhin und meist langfristig notwendig!

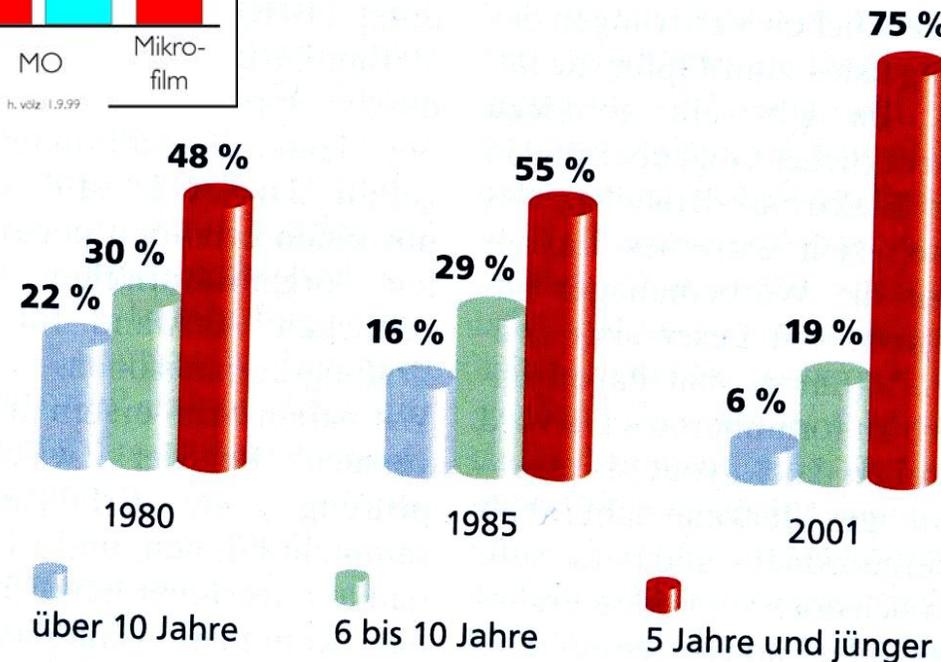




Haltbarkeit, Brauchbarkeit von Geräten im Vergleich zu ihrem „moralischen“ Verschleiß.

Elektronik 16/99; 30

Die technische Entwicklung von „neuen“ Geräten erfolgt z. Z. immer schneller. Dadurch scheiden ältere Geräte immer früher für ihre Nutzung aus.



Tempo der technischen Entwicklung am Beispiel Siemens: Produkte, die fünf Jahre und jünger sind, stiegen zwischen 1980 und 2001 auf 75 %!

Langlebige Speichermedien

Die technische Entwicklung der Speichermedien und -geräte ist komplex.

Neben dem „Normalen“ gibt es *zwei Extreme*:

- *Wegwerf- bzw. sich selbst schnell zerstörende Medien.*
An ihnen sind einmal die Produzenten wegen des *Umsatzes* interessiert.
Zum anderen soll so ein Raubkopieren verhindert werden. Angeblich wegen „Urheberrecht“ bei Konzernen.
- Es werden immer mehr *langlebige Varianten* entwickelt.
Hierzu gehören sehr langlebige *Medien, universelle Daten-Formate* und immer verfügbare *Hardware*,
z. B. Mikrofiches und andere mit Mikroskopen oder Holografie direkt lesbaren Medien.
2000 Stiftung **Long Now Foundation** begann in kleine Metallscheibe Welt-Sprachen in Mikroschrift zu gravieren.

Es gibt *mehrere Beispiele* für sehr langlebige Hardware, z. **B.** die noch viel zu wenig bekannt **M-Disk**.

Sie wurde vor wenigen Jahren von Primera vorgestellt und wird inzwischen von Syylex produziert.

Sie hält die Daten garantiert über 1000 Jahre. Außerdem können die Daten nicht mehr geändert werden.

Sie übersteht sogar mehrere Tage starke Sonneneinstrahlung und Temperaturen von 80 °C.

Beschrieben wird Schicht aus gesteinsähnlichem Material, das gegenüber Sauerstoff, Stickstoff und Wasser beständig ist.

Mit einem vergleichsweise leistungsstarken Laser werden die Daten in die Schicht quasi „eingesägt“

Bei 500 °C bringt der Laser die Schicht zum Schmelzen und erzeugt so die Pits. Zum Auslesen genügt jeder DVD-Player.

Das Medium mit 4,7 GByte kostet z. Z. bei Amazon in 10-Spindeln 35 € Künftig sind auch Blu Disk geplant.

Auch die Brenner gibt es, u. a. LG-GH22NS90-M für ca. 40 Euro. Weitere Details [Chip. 5/12. 128].

Andere Lösungen zeichnen sich bei *Bändern* ab, die immer mehr zum *wichtigsten Archivmedium* werden.

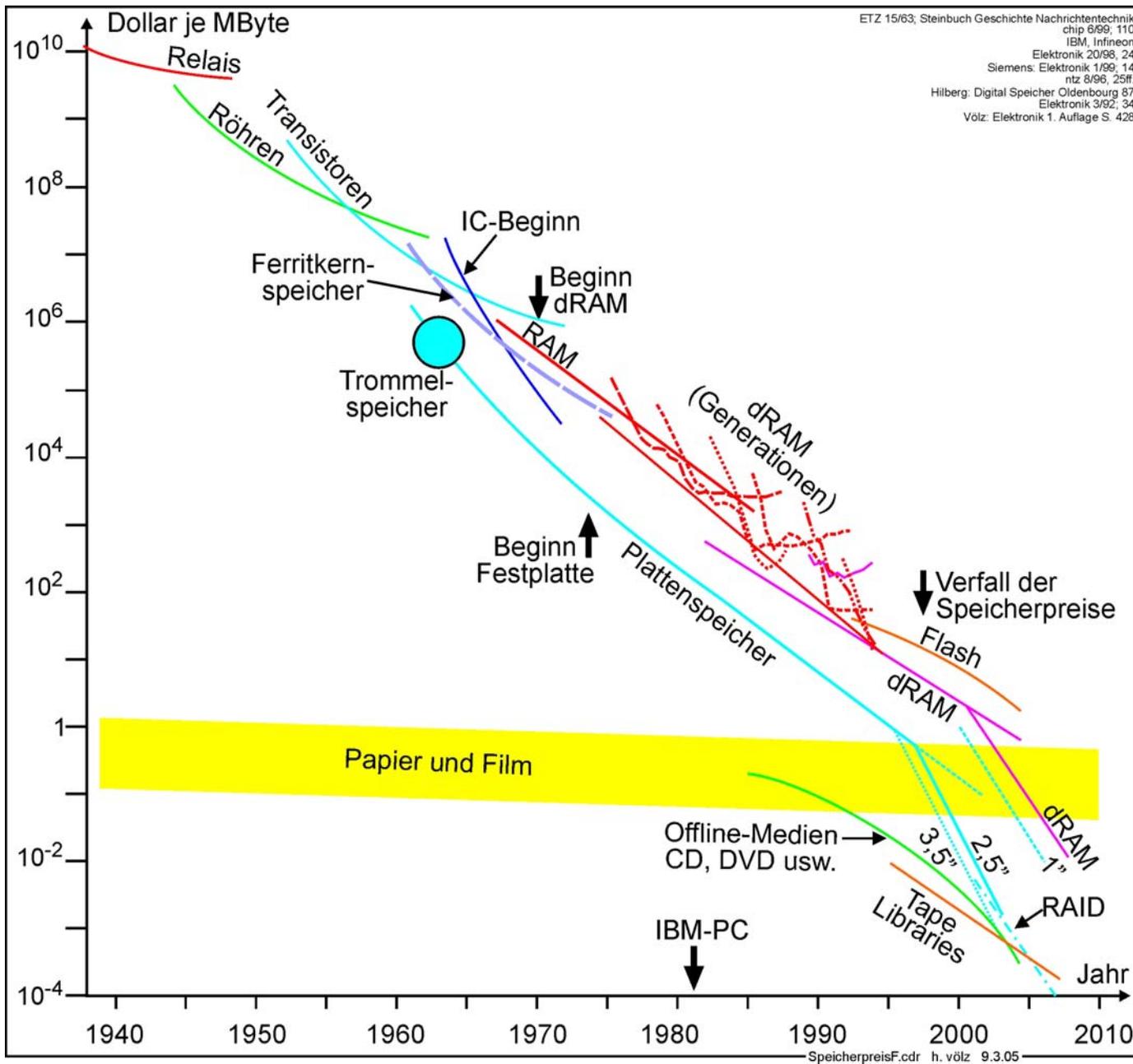
Auch das Stichwort „*Rosetta Disk*“ gibt weitere Hinweise.

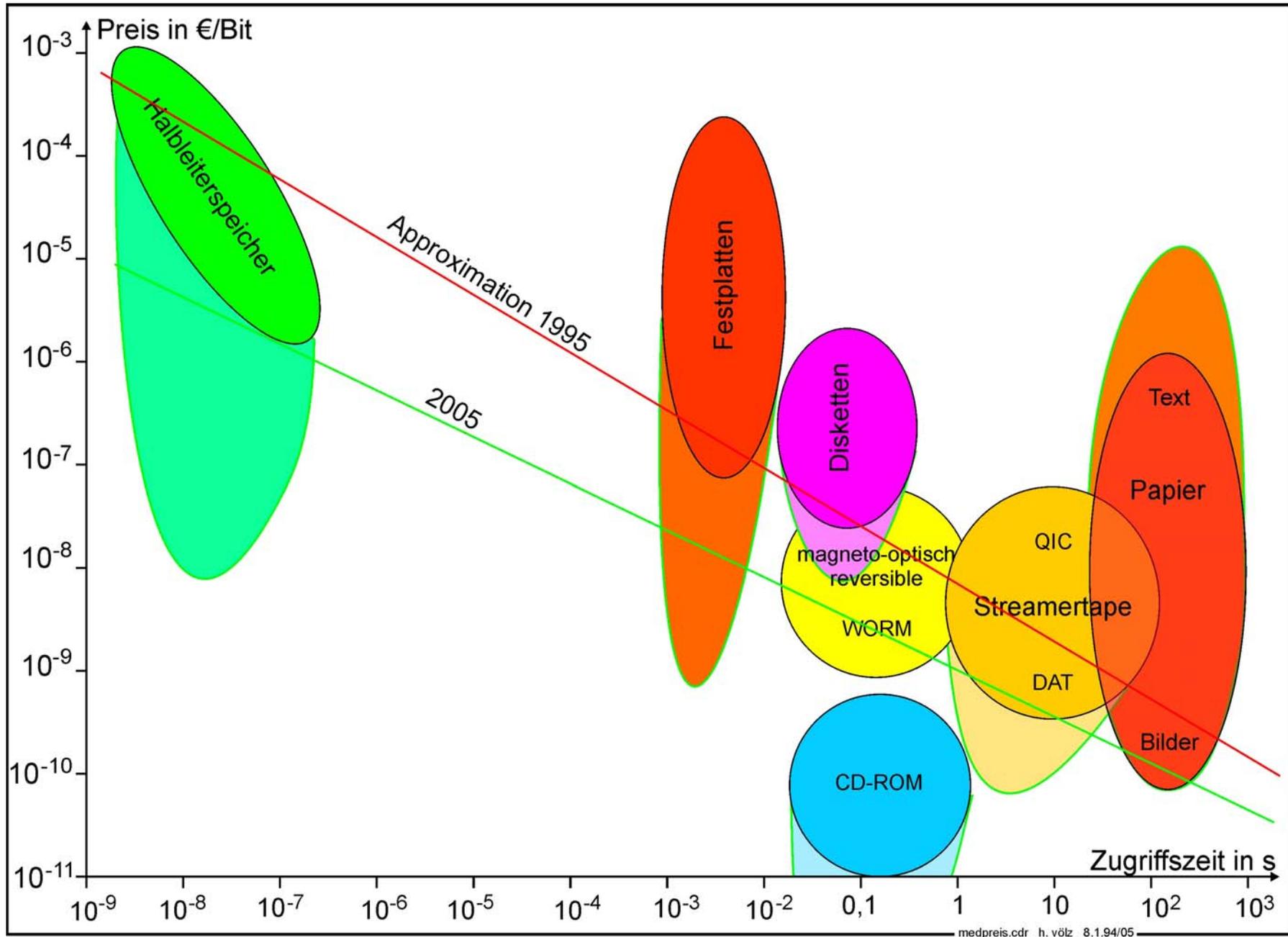
Angedacht sind Möglichkeiten im Rahmen der *Nano-Technologien*.

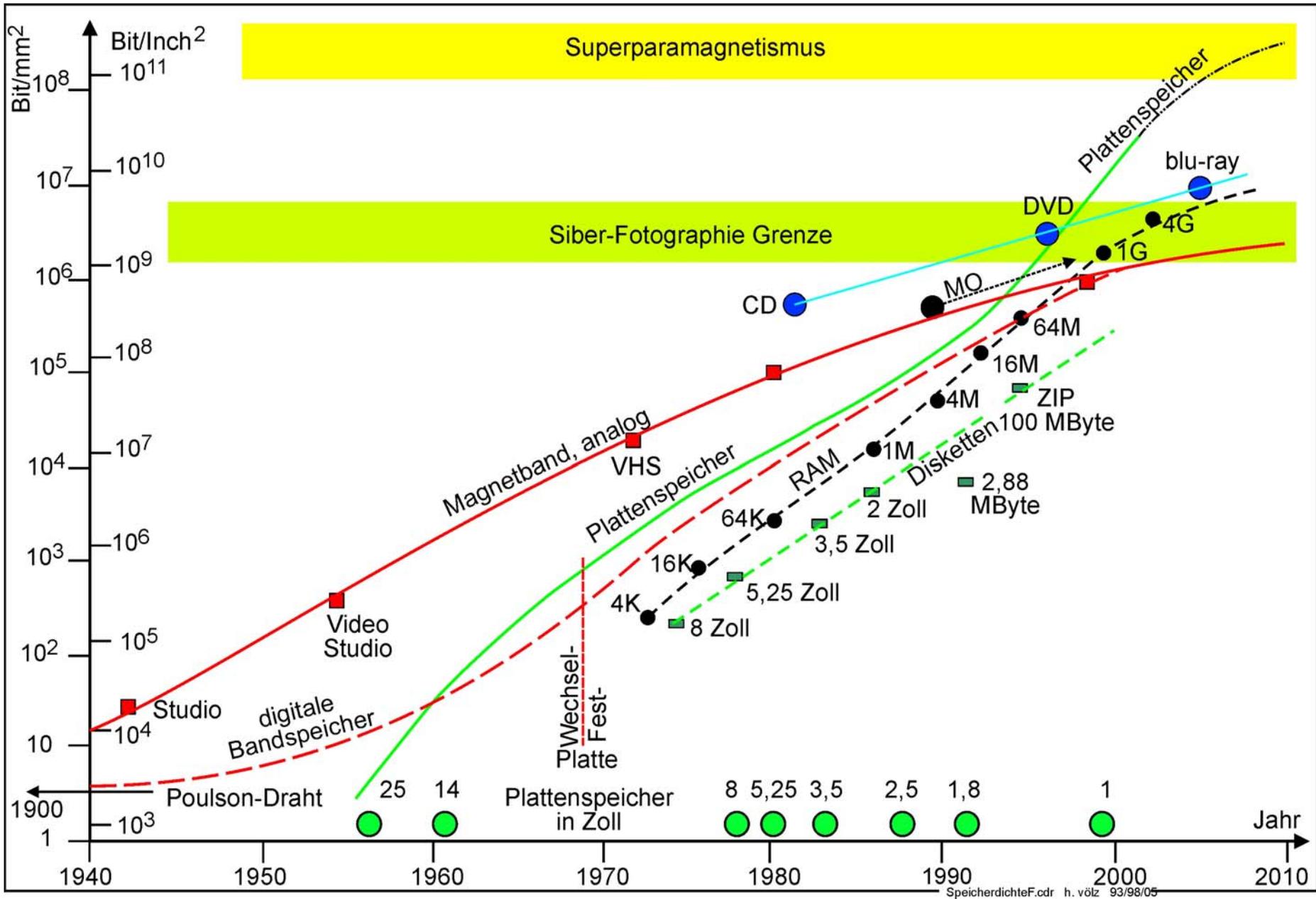
Speicherdaten

Bis etwa 1995 galt die Regel: Auch wenn immer *mehr Speicherkapazität* bereitgestellt wird, ist sie *notwendig*. Allein die immer größer werdenden *Betriebssysteme und Anwendungs-Programme* werden sie verbrauchen. Dann trat ziemlich unvermittelt ein *Umbruch* ein. Er spiegelt sich in den drei folgenden Bildern wider. Die *Bit-Kosten sinken* plötzlich über doppelt so stark ab außerdem *unterbieten* sie jene für *Papier*. Auch die *Speicherdichte der Silberphotographie* wird erreicht. Als Folge wechseln ständig Über- und Unterproduktion von Speichern. Die Stabilität der Speicherpreise geht verloren. Eine wesentliche Ursache ist, ab diesem Zeitpunkt *klagt niemand mehr* über zu wenig verfügbare Speicherkapazität. Eine *Ausnahme* ist lediglich die *Videospeicherung*. Hier gibt es bis heute keinen brauchbaren Code zur Komprimierung. (Siehe hierzu meine Folien zum Grafikcode vom 24.04.2009; 2.385.804 Byte, GrafikCode.pdf)

Natürlich werden nun alle erdenklichen Möglichkeiten zur *Senkung der Speicherkosten* herangezogen. Dazu zählen u. a. *schlechtere Qualität, nachlässige Produktionsbedingungen* und *Senkung der Energieschwelle*. Bei Flash-Speichern werden z. B. teilweise 3 Bit (8 Zustände!) je Zelle eingesetzt. Ob absichtlich *Obsoleszenz* benutzt wird ist unsicher. In jedem Fall sinkt aber die Zuverlässigkeit.







Zur Geschichte der Haltbarkeit

Die **Zuverlässigkeit und brauchbar Betriebszeit** von Speichern (und Kulturgütern) unterliegt vielen Einflüssen. Einige Tendenzen versucht das folgende **Bild schematisch** darzustellen.

Die verschiedenen Einflüsse sind durch unterschiedliche **spezifische Verläufe** deutlich zu unterscheiden.

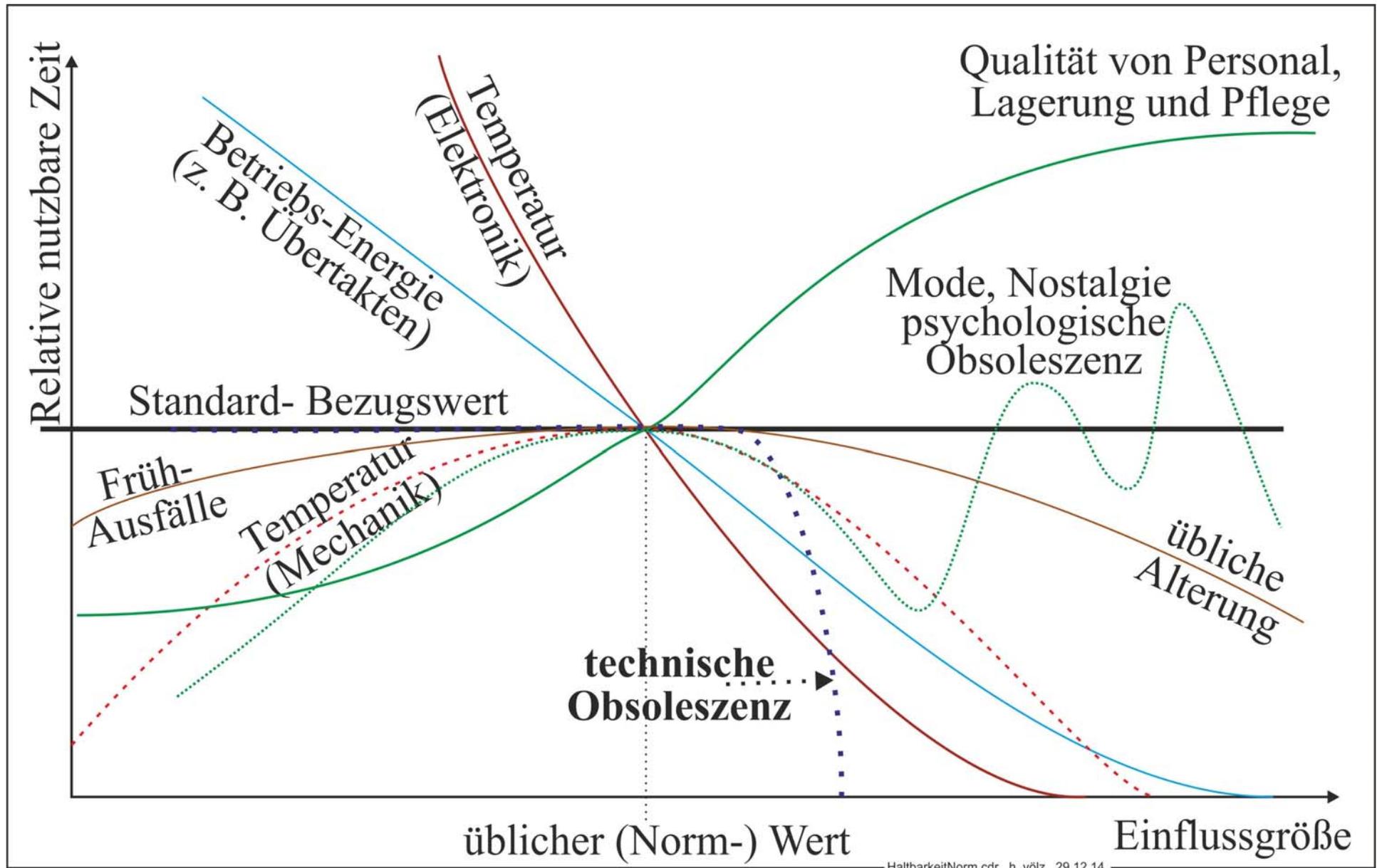
Auffällig ist der unvermittelt steile Abfall durch „absichtliche“ **Obsoleszenz**.

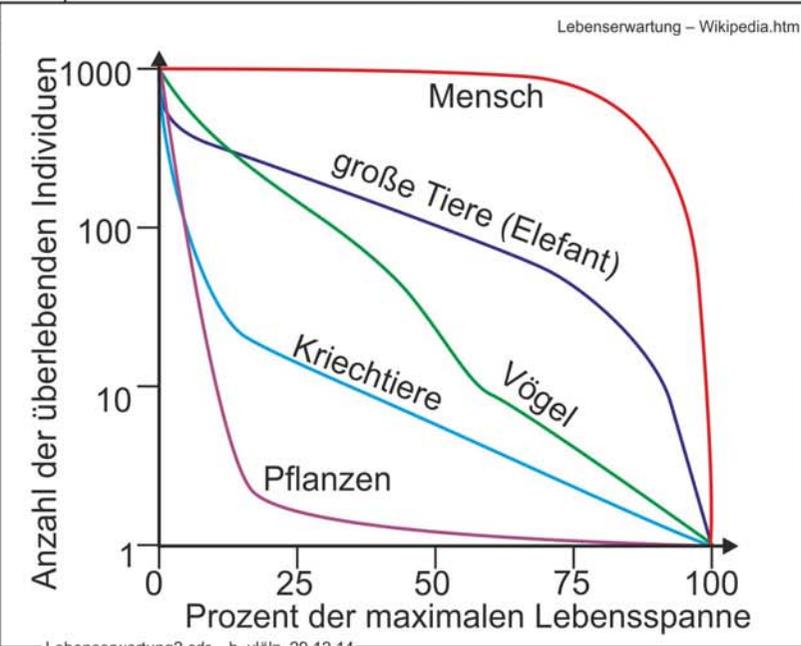
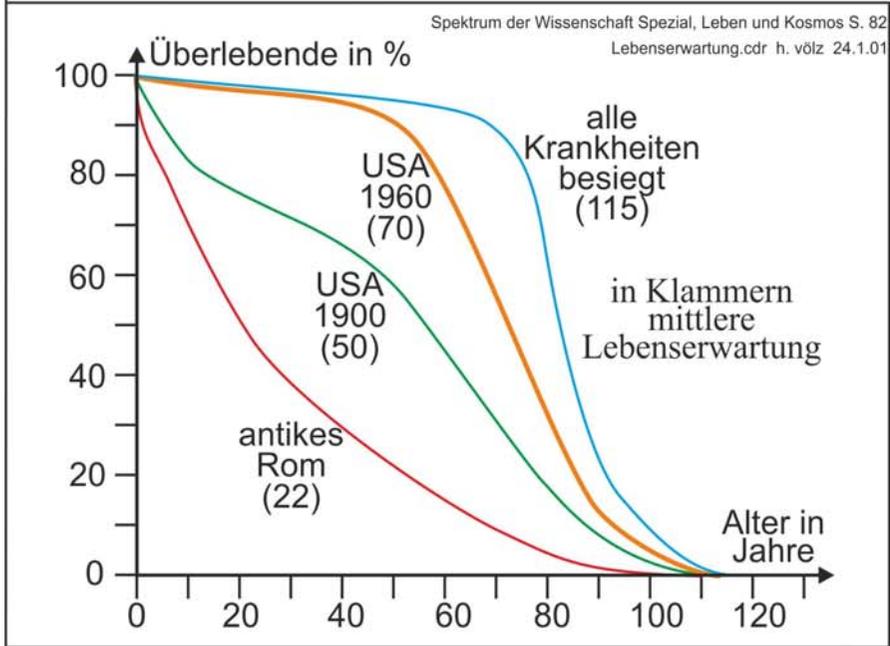
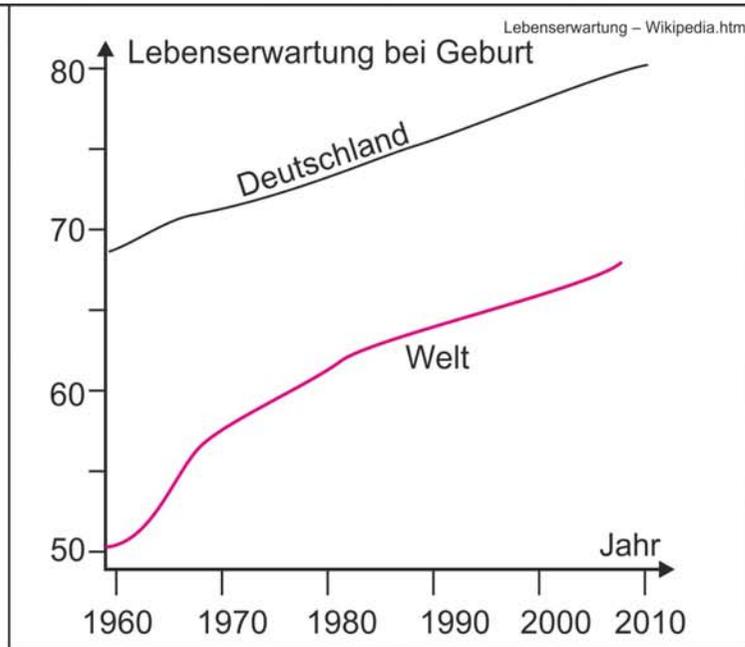
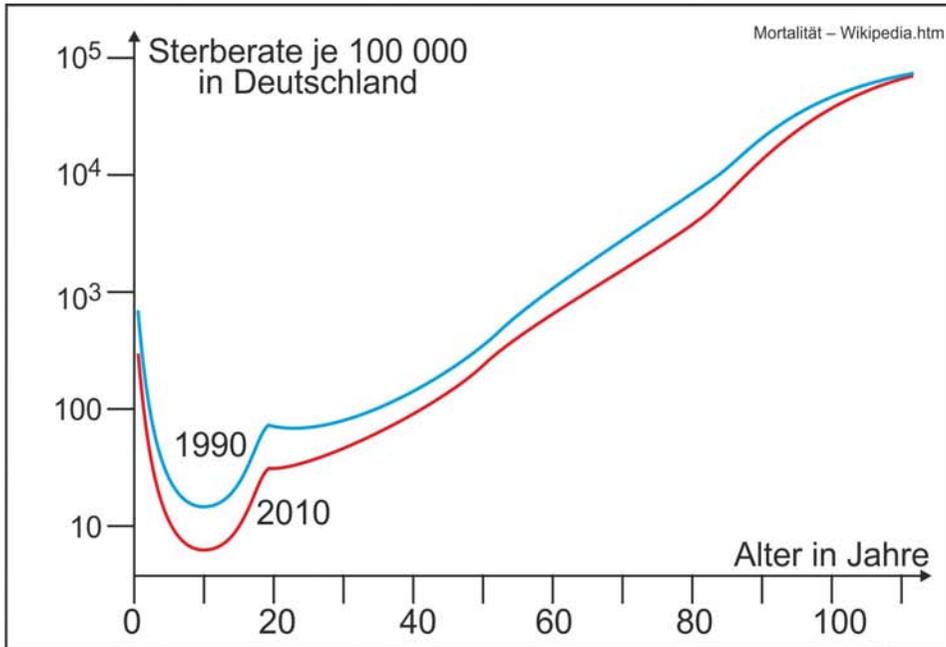
Mode-Erscheinungen, Nostalgie und psychologische **Obsoleszenz** sind ebenfalls recht typisch, z. T. aber unvorhersehbar. Hierbei können unregelmäßige Schwankungen und verzögerte **Wiederbelebungswellen** auftreten.

Zum Vergleich werden **Überlebensdaten** von bei **Mensch und Tier** gezeigt

Beachtlichen Einfluss haben auch (Natur-) **Katastrophen, absichtliche Zerstörungen und Kriegsfolgen**.

Sie sind in den Bildern nicht sichtbar einzubeziehen und werden daher anschließend und getrennt berücksichtigt.





Ein Vergleich

Es gab und gibt mehrere *Möglichkeiten*, dass die Verfügbarkeit Daten – allgemeiner Kulturgüter – verloren geht:

- *Übliche Alterung und Verschleiß.*
- *Schlechte Qualität der Originale*, bei der Herstellung, beim Druck und Ausgangsmaterial, z. B. säurehaltiges Papier) aber auch bei den Bauten und Aufbewahrungsarten.
- Absichtliche *Negativbewertungen* durch Tabus, Index, (Bilder-) Verbote und neu: Political correctness.
- Absichtliche *Vernichtung* durch Bilderstürme, Bücherverbrennungen, Plünderungen, Diebstähle, Sabotagen, Zerstören von unerwünschten Denkmälern und Heiligtümern.
- *„Zufällige“ Verluste* durch Kriege, Brände, Einstürze, Überschwemmungen und andere Naturkatastrophen.
- *Indirekte „Verluste“* durch Fälschungen, Nachahmungen und ähnliches.

Aus dieser *übergeordneten Sicht* erhalten die heutigen „digitalen Verluste“ ein deutlich *anderes Gewicht*.

Sie sind zwar *vielfältiger geworden* und meist anders verursacht, entsprechen jedoch in etwa diesen Verlusten.

Neuartige Beispiele sind *Schadsoftware*, wie Viren und Trojaner, aber auch Internet-Angriffe usw.

Zum Vergleich wäre zu prüfen, wie viele *Prozent* der ursprünglichen „Schriftdokumente“ aus Stein, Papyrus, Papier usw. heute *noch verfügbar* sind.

Andererseits ist im Mittel gewiss die *„normale Haltbarkeit“ teilweise geringer* geworden.

Jedoch die einfache und fast immer *erfolgende Vervielfältigung*, sowie Fehlerkorrektur bieten völlig Möglichkeiten für den Erhalt.

Ferner bietet die genauere *Kenntnis der Verlustmöglichkeiten* zusätzliche Möglichkeiten für den Erhalt.

Gliederung

1. Einführung
2. Eigenschaften der Datenträger
3. Übergang zur Hardware
4. Störfaktoren
5. Entwicklungen bei der Hardware
- 6. Prognosen**
7. Schlussfolgerungen

Prognose

prognosis, im voraus erkennen und *prognosticare* ahnen, vorhersagen, erheben.
Zugehörig ist das *griechische gignoskein* erkennen (Diagnose).

In diesem Vortrag wird nur das *Voraussagen* künftiger technischer Entwicklungen berücksichtigt.

Im Zusammenhang steht damit die Technologiefolgenabschätzung (TA = technical assistment) (hier nicht berücksichtigt).

In den 70er und 80er Jahren wurden für die Prognose *zwei* Haupt-Varianten geschaffen:

1. **Quantitative Extrapolationen** vorwiegend mit statistischen, mathematischen Methoden aus vorhandenen Daten.
2. **Qualitative Aussagen** mit nur relativ groben inhaltlichen Aussagen.

Um die *Unsicherheit* der Methoden anzudeuten, hier zwei Musterbeispiele von Fehlprognosen:

1963 erschien ein Artikel von KARL STEINBUCH (1917 - 2005), Er könnte auch als Witz gemeint gewesen sein.

Mittels Rechner wird aus typischen *Modekleidern* von 1937 bis 1961 ein Kleid für 1987 berechnet [Lit].

Folgenschwerer war die Prognose um 1950 von HERB GROSCH (1918 - 2010) bei IBM [J. Opt. Soc. Amerika 53, (1953) S. 306 - 310].

Aus den wenigen, damals existierenden Rechnertypen folgte er: die *Rechnerleistung* wächst quadratisch mit dem *Preis*.

Gemäß diesem GROSCH'schen Gesetz verschläft IBM die Kleinrechner!

Obwohl erst 1981 der IBM-PC erschien, wird eigenartigerweise noch 1983 das Gesetz gewürdigt [Meuer].



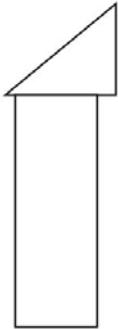
1937
lockere
Jersey-Kleider



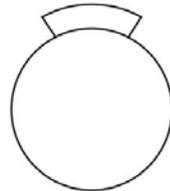
1938
spitze, lappige Kragen
gerade Röcke
glockenförmige Jacken
und Mäntel



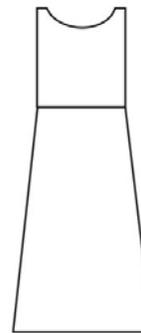
1945
breitschultrig
und kantig



1950
senkrechte Linien
halsferne Kragen



1958
fast kugelförmige
Petticoats



1961
Hüfte höher
halsferner Kragen



1987

leicht geändert übernommen aus ETZ 84(1963)15,485-493

mode.cdr h. vözl 15.8.96

Regression und Exponentialfunktion

Regressionsrechnung geht von vorhandenen Daten einer *Zeitreihe* (z. B. Verkaufs- oder Produktionsanalyse) aus. Eine daraus geglättete, berechnete Kurve (englisch *fit*) wird *in die Zukunft extrapoliert*.

Wichtig ist hierbei die *Exponentialfunktion* $y = a \cdot e^x$, die jedoch zwei *Probleme* aufweist:

1. Es ist *nicht unmittelbar zu verstehen*, warum Zeitverläufe gemäß diesem Gesetz zu- bzw. abnehmen.
2. Exponentielles Geschehen ist dem *menschlichen Denken* äußerst *fremd* und *unverständlich* [Dörner].

Wir sind vielmehr gewohnt, *additiv zu denken*, was einen linearen Anstieg oder Abfall bewirkt.

Beides geschieht aber *wesentlich langsamer*, und im Gegensatz zu Exponentialfunktion ist dann auch die *Null möglich*.

Ein leicht einsehbares Beispiel fand bereits 1202 LEONARDO FIBONACCI (ca. 1170 - 1240).

Er untersuchte die Vermehrung von Kaninchen und nahm dazu an:

Ein Pärchen sei jeweils nach einem Jahr gebärfähig und lebe drei Jahre = zwei Würfe in zwei Jahren.

Dann ergibt sich für Anzahl der Pärchen als Funktion der Zeit

$$F(1) = 1; \quad F(2) = 2; \quad \text{oder allgemein für } n > 2: \quad F(n) = F(n-1) + F(n-2).$$

Das führt zur FIBONACCI-Reihe: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 usw. dann steil ansteigend.

Zur Bestätigung kommen diese Anzahlen besonders häufig in der Natur vor.

Die Schachlegende

Die *Entstehung des Schachspiels* ist ein berühmtes Beispiel für die Schwierigkeit des exponentiellen Denkens. Der indische Herrscher **SHIHRAM** tyrannisierte seine Untertanen und stürzte dadurch sein Land in Not und Elend. Zur Änderung erfand der weise Brahmane **SISSA**, Dahers Sohn, das Schachspiel mit König, Dame usw. Es machte auf SHIHRAM einen starken Eindruck und wurde dadurch milder. So ließ er das Schachspiel verbreiten. Zur Belohnung sollte sich SISSA etwas wünschen. *Er wünschte sich Weizenkörner:* Auf das erste Feld 1, auf das zweite 2, auf das dritte 4 usw. immer die doppelte Menge. Der König lachte und war gleichzeitig erbost ob der vermeintlichen Bescheidenheit des Brahmanen. Doch nach mehreren Tagen Rechnens meldete der *Vorsteher der Kornkammer:* das Getreide des Reiches genüge nicht. *Auf allen Feldern* zusammen sind $2^{64}-1 = \mathbf{18\ 446\ 744\ 073\ 709\ 551\ 615}$ Weizenkörner notwendig. Seine Empfehlung war: SISSA ibn Dahir soll sich das Getreide Korn für Korn selbst abzählen! Das würde nämlich bei nur etwa 3 Sekunden je Korn mehr als $10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$ Jahre dauern. Das wäre sogar viel länger als das Alter der Welt mit ca. $1,6 \cdot 10^{10}$ Jahren.

Zur Veranschaulichung der Kornmenge werden LKW mit 8 840 kg Nutzlast und 7,6 m Länge angenommen. Davon sind dann ca. 10^{12} notwendig. Dicht an dicht würde ihre Gesamtlänge **20 000-mal** die *Erde* umspannen!

Exponential-Funktion und logarithmische Koordinaten

Meist werden Wachstums-Prozesse in einfachen, *linear-geteilten Koordinaten* dargestellt.

Dann entsteht irgendwann für die Zukunft ein sehr steiler Anstieg, der überzeugend das extreme Wachstum zeigt.

So ist jedoch keine Veranschaulichung der Regressions-Rechnung möglich.

Hierzu muss der exponentielle Verlauf *logarithmisiert* werden:

$$\ln(y) = \ln(a \cdot e^x) = \ln(a) + x.$$

Mittels der dazugehörenden *logarithmischen Koordinaten* entsteht für das exponentielle Wachsen *eine Gerade*.

Sie ist daher leicht in die Zukunft fortzusetzen und ermöglicht so eine geeignete Regression.

Das MOORE'sche Gesetz

Für das exponentielle Wachstum gilt seit über zwanzig Jahren das *MOORE'sche Gesetz* der Mikroelektronik.

Es wurde 1965 von GORDON E. MOORE (*1929) auf Grund weniger Daten aufgestellt (*Vortrag Stuttgart!*).

Danach *verdoppeln* sich die *Transistoren-Anzahl*, *Chip-Fläche* und *Strukturen-Feinheiten* etwa alle 18 Monate.

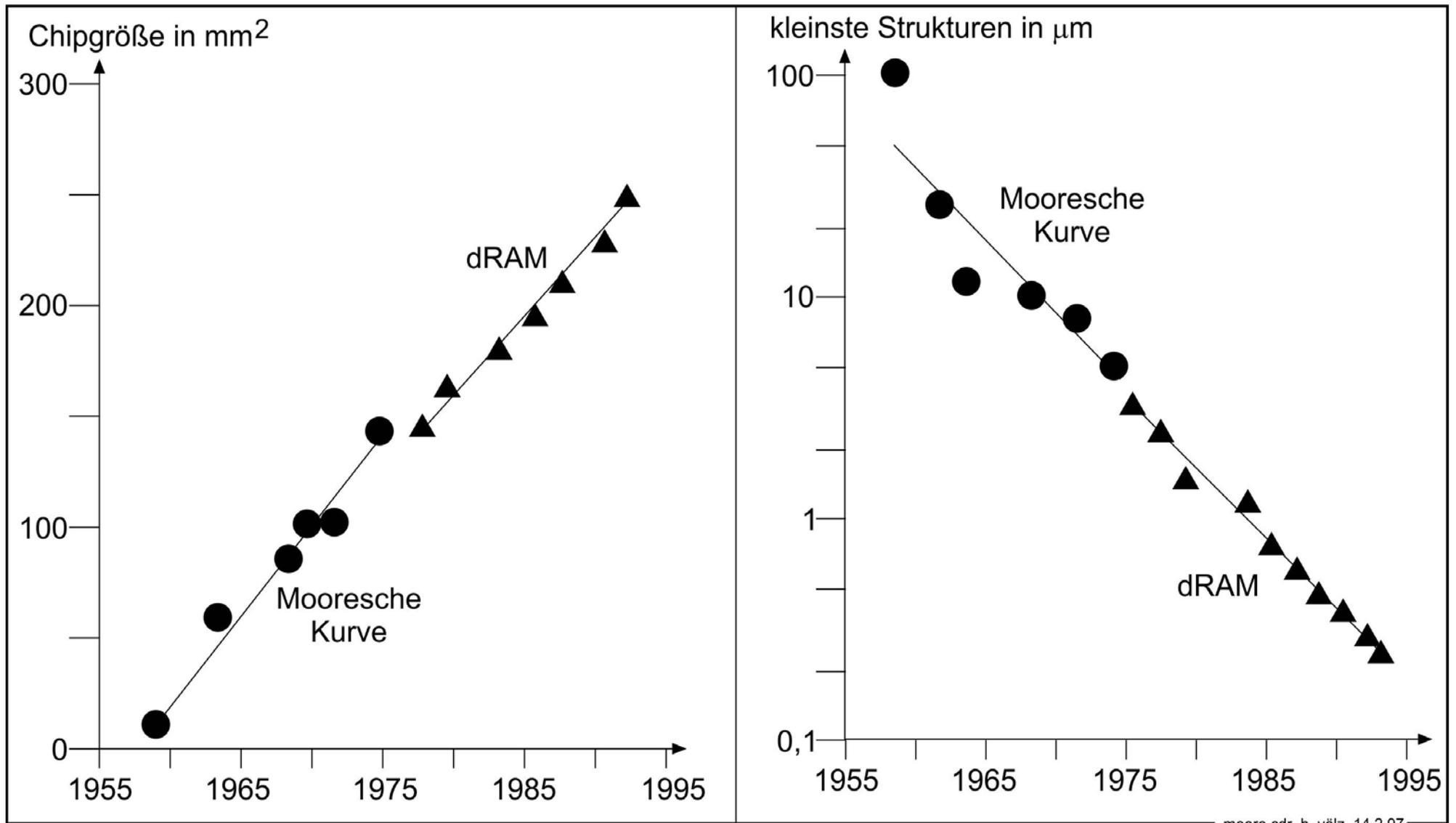
Electronics Magazine 38 (1965) S. 114 - 117.

Das zeigt das folgende Bild mit Ergänzungen bis 1995. Es könnte mühelos bis etwa 2005 fortgesetzt werden.

Doch in der nächsten Zeit - ab etwa 2015 - ist ein Ende dieser Entwicklung zu erwarten.

Dann dürfte die Grenze der klassischen Physik mit etwa 1000 Atomen je Bit erreicht werden.

Bisher gibt es keine Vorstellung, wie dieser Wert zu überschreiten ist.



moore.cdr h. vözl 14.2.97

Begrenztes Wachstum

In der Realität ist jedes Wachstum durch vorhandenen *Ressourcen* M *begrenzt*.

Erstmalig berücksichtigte das 1926 VITO VOLTERRA (1860 - 1940) mit der *logistischen Kurve*.

Für den exponentiellen Verlauf ging zunächst von einer Wachstumsrate mit der *Konstanten* α aus.

Mit ihr nimmt die Anzahl $N(t)$ proportional zur aktuell vorhandenen Anzahl N zu:

$$\frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N(t) .$$

Mit den Startwerten t_0 und N_0 folgt durch Integration das typische *exponentielle Gesetz*:

$$N = N_0 \cdot e^{\alpha \cdot (t - t_0)} .$$

Infolge begrenzter Ressourcen M ergibt sich jedoch die Differentialgleichung

$$\frac{dN}{dt} = \alpha \cdot N(t) \cdot \frac{M - N(t)}{M} .$$

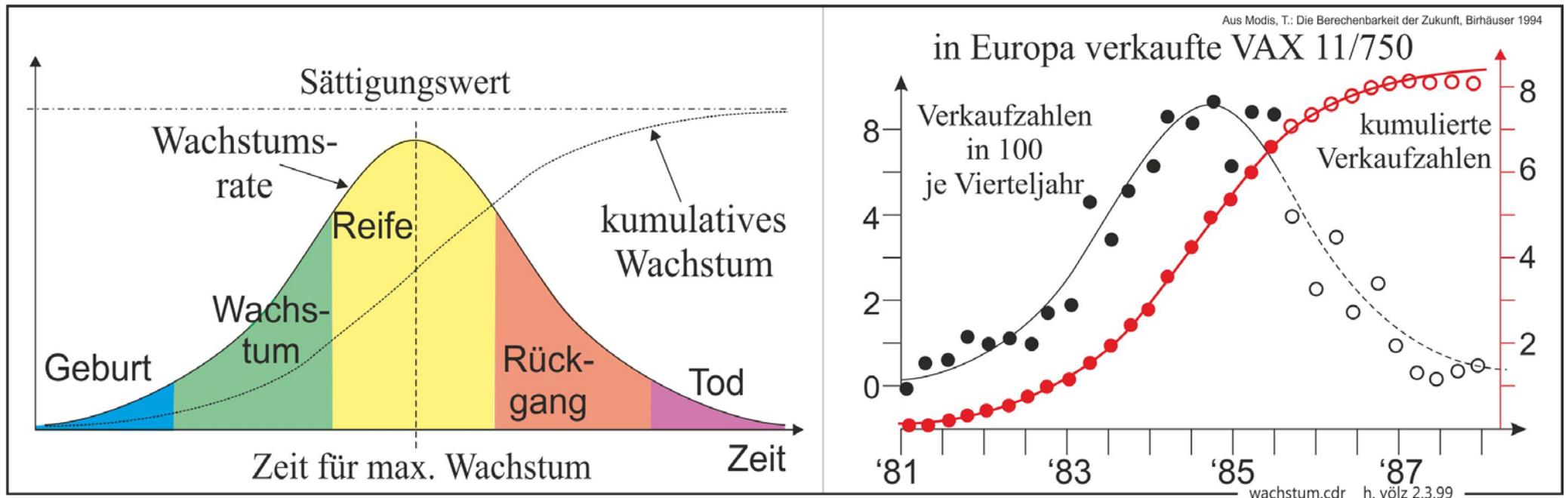
Das realisierte Wachstum (α_1) beginnt mit kleinen Werten, nimmt dann zu und strebt schließlich gegen Null.

Ohne inhaltlichen Zusammenhang ähnelt das der GAUß'schen Glockenkurve.

Durch Integration ergibt sich mit einem Startwert b die kumulierte Kurve in **S**-Form (logistische Kurve).

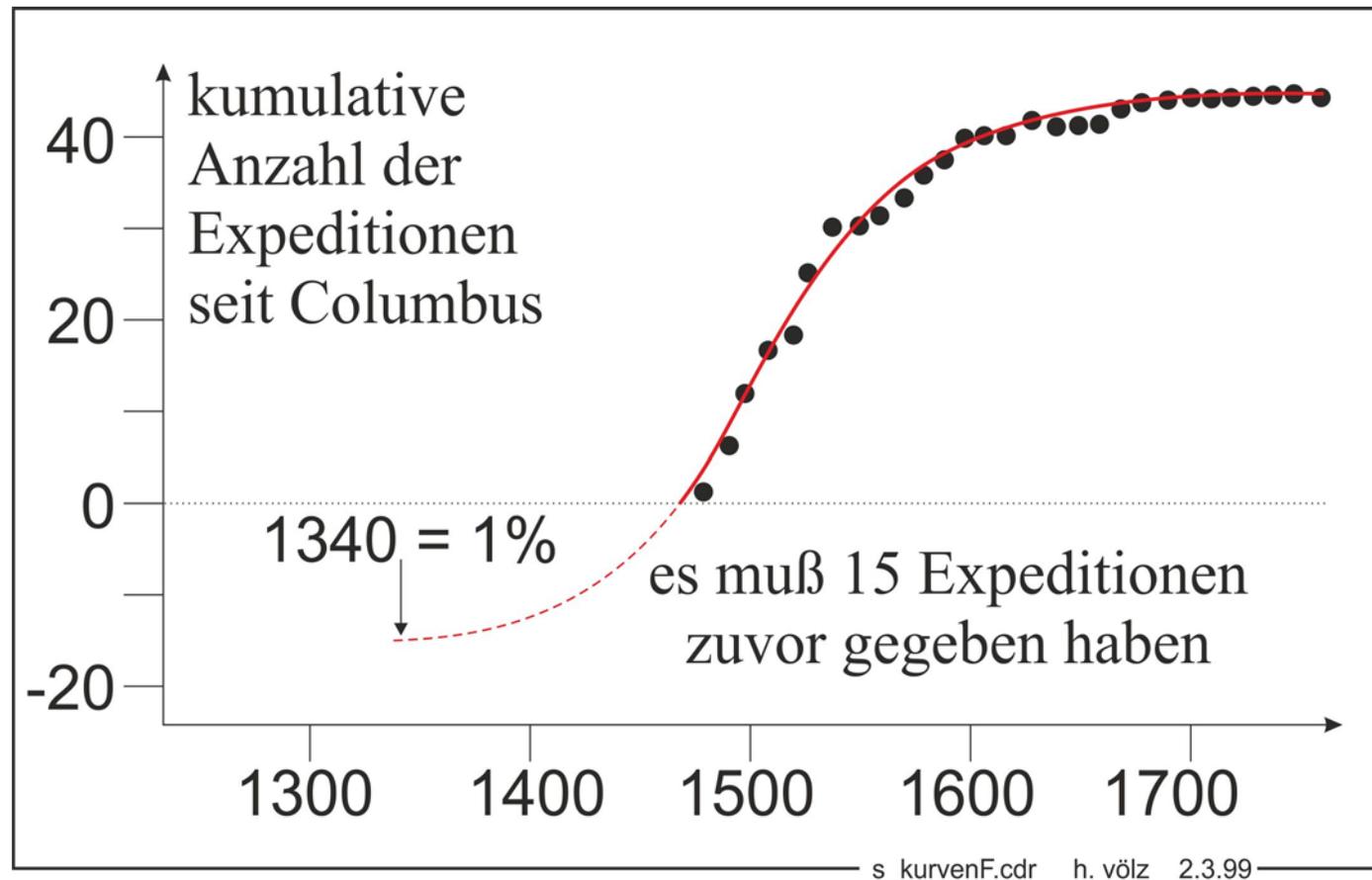
$$N(t) = \frac{M}{1 + e^{-(\alpha \cdot t + b)}} .$$

Stufen des Wachstums und Beispiel VAX 11/750



Ungewöhnliche Anwendung

Das begrenzte Wachstum kommt fast überall vor und kann auch im Zusammenhang mit der Evolution gesehen werden. U. a. gibt es hierzu das Buch von THEODORE MODIS mit sehr vielen Beispielen [Modis]. Aus ihm stammt auch das kurios anmutende Beispiel einer Rückrechnung:



KONDRATIEFF-Zyklen

Eine neue Technologie wird geboren, zeigt starkes Wachstum, gelangt zur Reife und wird später durch eine neue überholt. Dieser Verlauf kann sich mehrfach wiederholen, was dann zu Zyklen führt.

Erstmals publizierte hierzu 1926 NIKOLAI DMITRIJEWITSCH KONDRATIEFF (1892 - 1938).

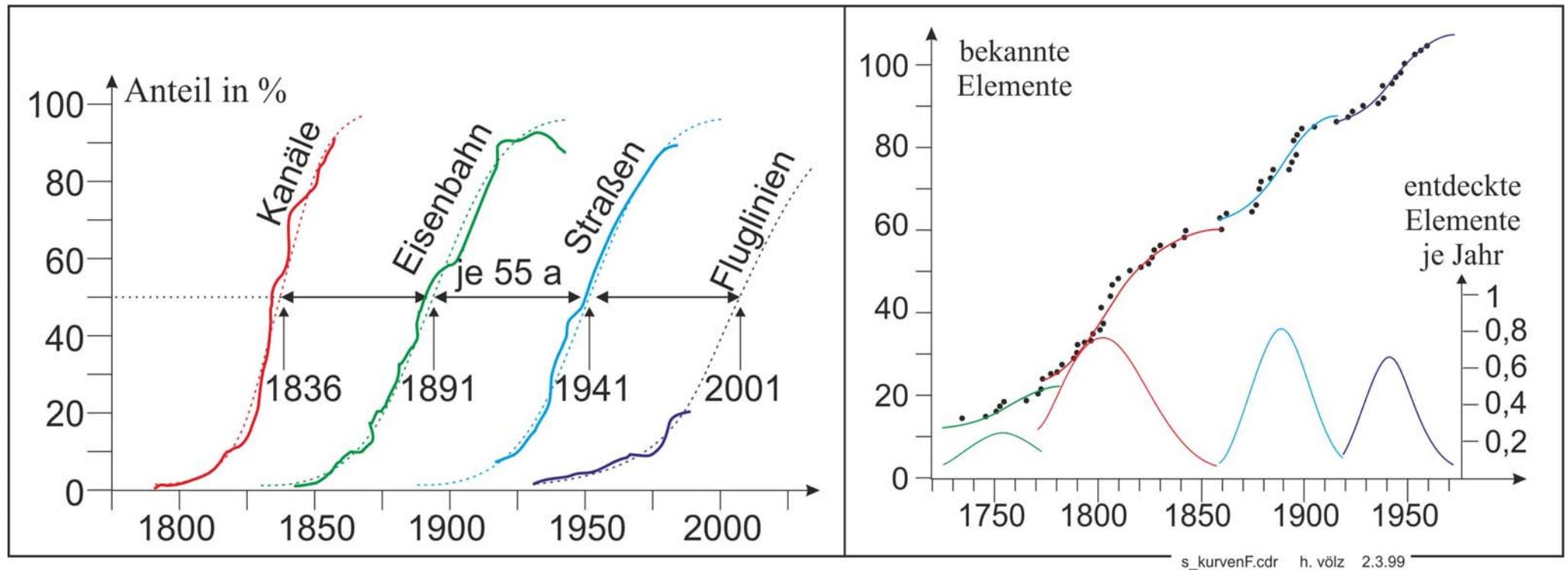
Danach tritt etwa alle 50 Jahre ein neuer industrieller Zyklus auf. Von der folgenden Tabelle nannte er nur die ersten drei.

Zyklus	Zeitraum	Basis-Innovationen	Bedürfnisse
1.	1780 - 1849	Dampfmaschine, Textilindustrie	Bekleidung
2.	1849 - 1890	Eisenbahn, Stahl	Transport
3.	1890 - 1940	Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie	Massen-Konsum
4.	1940 - 1980	Automobil, IC, Kernenergie	Individuelle Mobilität
5. strittig	1980 bis 20??	Informations- und Kommunikationstechnik	Globalisierung, Kommunikation
6. vermutet	20?? bis ????	Biotechnologie, Ökologie	Ganzheitliche Gesundheit

Überall gibt es Zyklen

Hier sind zwei weitere Beispiele aus MODIS gezeigt.

Das Beispiel der chemischen Elemente wurde ausgewählt, weil es die systematische Ergänzung der „Technologien“ zeigt. Auch für den Verlauf *über alle Zyklen* entsteht fast immer wieder eine **S**-Kurve.



Die 85 %-Regel

Bei einigen Zyklen *löst eine Methode / Technologie* die andere so ab, dass sich *Ziel* oder *Anwendung* nicht ändern. Das war bereits bei der Anzahl der *chemischen Elemente* erkennbar.

Deutlicher ist es z. B. für die *elektrische Beleuchtung*:

Kohlefaden, Wolfram-Glühwendel, Natriumdampf Lampe, Leuchtstoffröhre,
Halogen-Lampe, Sparlampe und schließlich LED.

Im Wesentlichen wächst dabei die *Lichtausbeute* in Bezug auf den *Energieverbrauch*.

Für solche Entwicklung untersuchte H. SCHRAUBER über hundert Beispiele.

Praktisch immer entsteht die neue Technologie genau dann, wenn die alte zu **85%** ausgereizt ist.

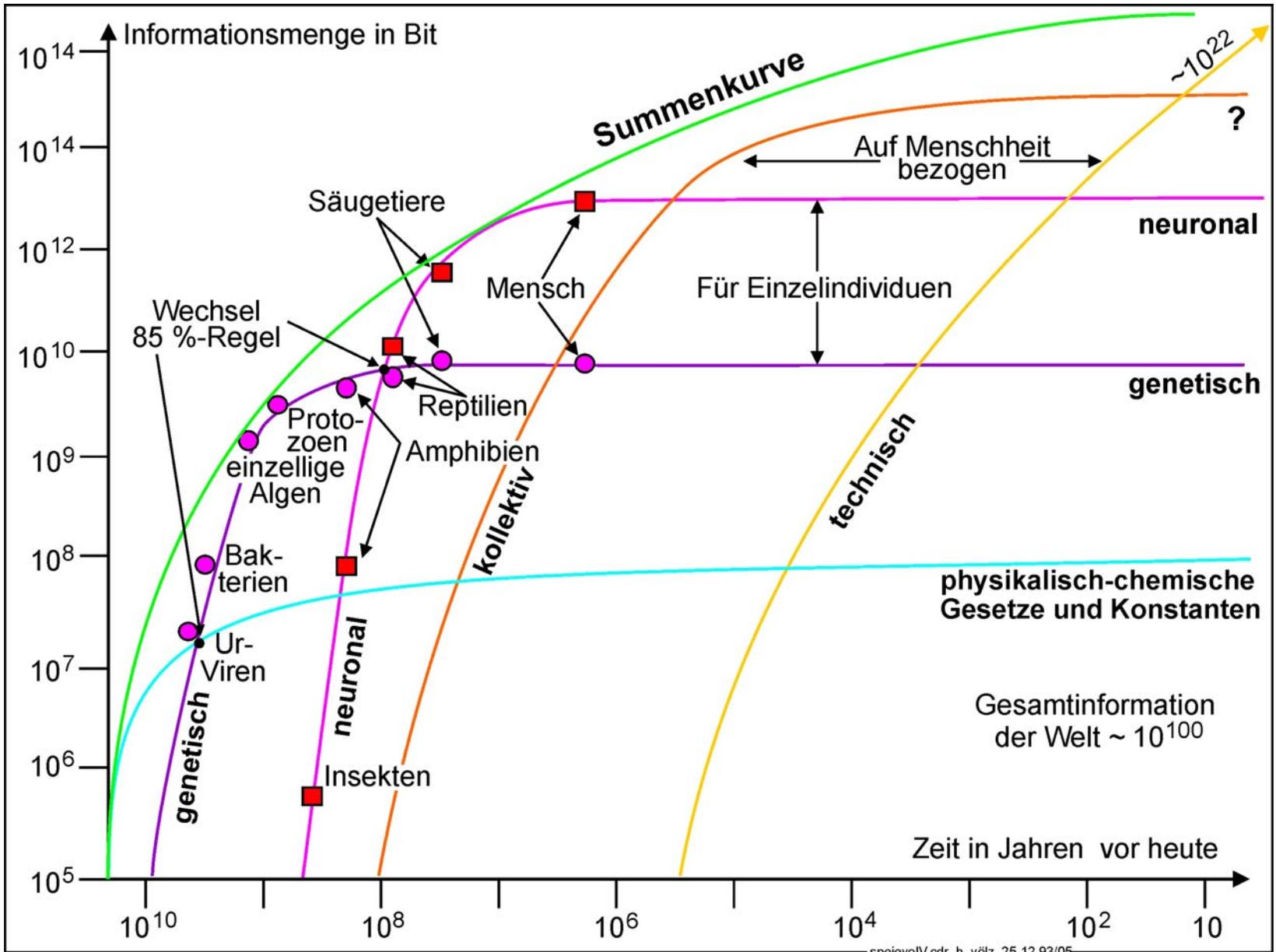
Die Gründe dafür sind bisher nicht geklärt.

Auf jeden Fall nehmen dann jedoch die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung sehr stark zu.

Daher kann es vorteilhafter sein, auf eine neue Technologie zusetzen.

Erstaunlich ist nur (wie ich zeigte), dass dieser Übergang auch in der biologischen Evolution zu gelten scheint.

Das Manuskript der Hochschule für Ökonomie von H. SCHRAUBER wurde seinerzeit leider nicht publiziert.



Grenzen quantitativer Prognosen

In vielen Fällen hat sich für Prognosen die Regressionsrechnung *gut bewährt*.

Natürlich gibt es Grenzen der Anwendung, vor allem dann wenn ein *Gebiet zu „breit“* gewählt wird.

Dies gilt u. a. dann, wenn die gesamte *Speichertechnik* betrachtet wird. Für gibt es die folgenden *Etappen*:

Jahr	Techniken	Noch genutzt	Abstand/Jahre
-300 000	Werkzeuggebrauch	+++	270 000
-30 000	Felsbilder	-----	24 000
-6 000	Schrift (Alphabet)	+++	7 450
1450	Buchdruck	++	380
1830	Photographie	-----	70
1900	Lochkarte, Schallplatte	-----	50
1950	elektronische + magnetische Medien	++++	35
1985	opto-elektronische Medien	++?	???
20??	???		???

Auffallend ist, das *nur einige* Techniken *überlebt* haben; bei den optoelektronischen Medien ist das Ende abzusehen.

Unsicher ist jedoch die Aussicht auf *neue Techniken*: Was werden sie sein? Wird es sie überhaupt geben?

Für die *Zyklusverkürzung* ist aber schon jetzt sicher, was JÜRGEN KUCZYNSKI bzgl. des *Abtrocknens* gesagt hat.

Ähnlich ist auch das *Ende* der Weiter- Entwicklung der „*klassischen*“ *Rechentechnik* abzusehen; *unsicher* ist aber:

- Hat sie bereits die *85 %-Grenze* erreicht?
- Werden *Quantencomputer* die mögliche Nachfolge sein oder sind noch andere Rechentechniken zu erwarten?
- Wird es vielleicht überhaupt keine anderen Prinzipien geben?

Zwei Besonderheiten

A. Einmal breit eingeführte Techniken

Sie *verschwinden* so gut wie *nie vollständig*, sondern verlagern sich im „unglücklichsten“ Fall auf technische Lücken. In der gesamten Technik sind nahezu verschwunden eigentlich nur

Zeppelin, Gaslicht (Glühstrumpf), *Dampfmaschine* und *Elektronenröhre*

Für die Speicher sind es *Ferritkern-* und *Relaisspeicher* sowie *Lochkarten* und *Lochbänder*.

Jedoch in „Lücken“ *existieren sie alle noch weiter*,

Z. B. die Lochkarte als Hotelschlüssel, die Röhre im Mikrowellenherd.

B. Langfristig bekannte, aber nicht eingeführte Techniken

Auch wenn sie *vielfältige Vorteile* aufweisen, gelang ihnen auch nach langer Zeit keine Breitenanwendung.

Bei den Speichern sind das z. B. *Bubbles*, *Assoziativ-* und *Tiefemperatur-Speicher*.

Die *Gründe* hierfür sind meist nicht zu finden. Zuweilen wird angenommen, dass es am *Management* liege.

Allgemein scheint für sie aber folgende Aussage zu gelten:

Konnte eine Technologie nach etwa zehn Jahre keine Breitenwirkung erreichen,
so wird das auch *künftig nicht mehr eintreten*.

Qualitative Methoden

Sie sollen *vorhersagen*, was geschehen könnte, was *qualitativ Neues* möglich ist, daher ähneln irgendwie *science fiction*. Hier werden nur die wichtigsten Methoden aufgezählt:

- **Brainstorming** \approx **Ideenkonferenz** mit meist 5 bis 10 Experten zur Lösung eines Problems, alle Ideen erlaubt, jedoch keine Kritik an ihnen, Killerphrasen sind verboten.
- **Delphi-Methode** 1963 von HELMER und GORDON besteht aus mindestens aus drei Runden von Expertenbefragungen. Zunächst werden Möglichkeiten, Ideen gesucht und dann deren Zeitpunkte für die Realisierung.
- **Heuristik** u.a. von JOHANNES MÜLLER in der DDR mit großen Erfolgen entwickelt. Sie ist teilweise formalisiert.
- **Hype-Kurve** von GARTNER (S. O.).
- **Morphologische Methode** geht auf LEIBNIZ und DESCARTES zurück und wurde von ZWICKY im Zweiten Weltkrieg für militärische Zwecke (z. B. U-Boot-Krieg) weiterentwickelt und führte u.a. zur **morphologischen Matrix**.
- **Pattern** (Planing assistance through technical evaluation of relevance numbers) entsteht 1964 bei Honeywell \approx Zielbaumethode \approx Methode des kritischen Weges.
- **Zyklen-Bildungen**.

Neuen Ideen verlangen einerseits **Intuition** und **Phantasie** und andererseits beachtliche **Fachkenntnisse**.

Dabei ist jedoch eine Einschränkung wichtig, die KARL STEINBUCH (1917 – 2005) an vielen Beispielen begründete:

Experten können recht genau sagen, was realisierbar ist

Doch bezüglich Neuem sollte man ihnen nur bedingt Glauben schenken.

Hier sind noch nicht in den Traditionen verhaftete, junge Wissenschaftler viel erfolgreicher, weil riskobereiter.

Nicht-technische, insbesondere soziologische Prognosen können auch die **Zukunft beeinflussen**.

So haben z. B. **Wahlprognosen** meist auch Auswirkungen auf das spätere Wahlergebnis.

Gliederung

1. Einführung
2. Eigenschaften der Datenträger
3. Übergang zur Hardware
4. Störfaktoren
5. Entwicklungen bei der Hardware
6. Prognosen
- 7. Schlussfolgerungen**

Bestandsaufnahme

Seit etwa 1995 besitzt die Menschheit *mehr als genug Speicherkapazität*.

Alles was elektronisch geschieht, ist problemlos zu *speichern*; zusätzlich wird immer mehr „Altes“ *digitalisiert*.

Außerdem erfolgt ein gewaltiges, zuweilen auch illegales *Mehrfachspeichern* der meisten Daten.

Das bedeutet aber *keineswegs*, dass alle diese Daten auch bei Bedarf *verfügbar* sind.

Oft ist die Datenmenge so groß, dass darin Relevantes *kaum mehr gefunden wird* (u. a. Problem der Geheimdienste).

Ferner ist der *Aufwand* schnell zu groß, um alle Daten fortlaufend auf ihre Zuverlässigkeit und Sicherheit zu *überprüfen*.

Hinzu kommen wachsende *Geheimhaltung* von Daten sowie *absichtlich* eingestreute *Falschdaten*.

Wegen des Datenüberflusses erfolgt immer häufiger individuelles und *unkontrolliertes Löschen* von Daten.

Diese und weitere Fakten erzwingen möglichst schnell einen *anderen Umgang mit den Daten*.

Was muss zukünftig gespeichert werden?

Zunächst ist einmal erforderlich, die notwendige *Redundanz* und *Relevanz* neu zu *definieren*.

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

Die folgenden Fragen können zunächst nur Richtungen zur Abgrenzung aufzeigen:

- Was 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** bereit halten?
- Wie sind **Sammler** und **Nostalgiker** einzuordnen?

Bzgl. der Inhalte sind *langfristig gültige Universalformate* und **Hardware** gegen „digitalen Verlust“ zu entwickeln.

Das Abwägen sollte ähnlich erfolgen wie: Mikrofiche ↔ elektronische Daten, bzw. Weiterentwicklungen bei Adobe.

Ist es besser *Originale* zu sichern oder/und eine *Rekonstruktion* mittels Formeln und Algorithmen zu schaffen?

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 ist der Umgang mit **Urheberrechten** (Zitate, Plagiate, Vergütungen) festzulegen.
- Für **Ausbildung** und **Kultur** müssen die entsprechenden Daten *kostenlos* verfügbar sein, Abgaben sind nur bei erreichtem Gewinn zu fordern!
- Das **Wissen und Daten Macht bedeuten** muss abgeschwächt werden.
- **Geheimhaltung** ist deutlich zu reduzieren, wo unbedingt notwendig, 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.

Versuch einer Einteilung und Abgrenzung

Inhalt der Information	Art der Information	Umgang für die Speicherung
<i>Historisch</i>	Originale	Dauerhaft aufheben (Archiv)
<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?)

Zusammenfassung

Meist sollen digitale Daten langfristig sicher sein. Doch seit einigen Jahren ist der Begriff „Digitaler Tod“ intensiv im Gespräch. Denn es zeigte sich, dass zuweilen auf ältere digitale Daten nicht mehr zurückgegriffen werden kann. Dafür gibt es mehrere Gründe, z. B. unbrauchbar gewordene Speichermedien, Fehlen der alten Hardware oder nicht mehr verfügbare Software für alte Datenformate, vor allem aber menschliches Versagen. Insgesamt ist das Problem jedoch recht komplex. Ich habe versucht:

- die Ursachen möglichst umfassend zu ergründen,
- mögliche künftige Entwicklung einzuschätzen,
- den Vergleich zur alten Technik zu betonen und
- einige Probleme der Zukunft aufzuzeigen.

Einige Literatur

- Becker, O.: Notwendigkeiten, Möglichkeiten und Arten der Informationsspeicherung - Kurzlebigkeit der digitalen Welt, des Digitalen Vergessens. Hausarbeit FU-Berlin, Februar 2006
- Böhret, P.: Daten auf der Spur; Handbuch zur Datenrettung und Computer Forensik. Kroll Ontrack GmbH. 2004.
www.krollontrack.de; www.ontrack.de.
- Dörner, D.: Die Logik des Mißlingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen. rororo, Reinbek bei Hamburg, 1992
- Piattelli-Palmarini, M.: Die Illusion zu wissen, Was hinter unseren Irrtümern steckt. Rororo science, Reinbeck bei Hamburg, 1997
- Meuer, H. W. u. Wacker, H. M.: Gilt noch das Grosch'sche Gesetz? Elelektronische Rechenanlagen 25(1983) 5, S. 234-240
- Modis, Th.: Die Berechenbarkeit der Zukunft. Birkhäuser Verlag. Basel – Boston – Berlin 1994
- N.N.: State of Storage. Speichernetze. ZaZamedia, München 2003
- Steinbuch, K.: Mensch und Maschine. In: Nova Acta Leopoldina, Neue Folge Nr. 206 Band 37/1, S. 451 ff. J. A. Barth, Leipzig 1972.
- Steinbuch, K.: Über die künftigen Entscheidungen der Nachrichtenverarbeitungstechnik. ETZ-A 84 (1963) S. 485-493
- Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information:
Bd. 1 Grundlagen und Anwendung in Natur, Leben und Gesellschaft. Shaker Verlag, Aachen 2003
Bd. 2 Technik und Geschichte vorelektronischer Medien. Shaker Verlag, Aachen 2005
Bd. 3 Geschichte und Zukunft elektronischer Medien. Shaker Verlag, Aachen 2007
- Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001
- ** Alle 4 auf CD: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007
- Reichardt, A. u. I. (Herausgeber): Hund beißt Flugzeug. Tausend kuriose Meldungen aus aller Welt – Stamm Verlag GmbH, Essen 2001
- Geplante Obsoleszenz c't 15/12, 75.
- Wölbart, Chr.: Murks und Mode c't 2015, H. 1. S. 14 - 15

Downloads, Juni 2012

Arrhenius-Gleichung - Wikipedia.mht
CD--DVD-Rohlinge - Qualität prüfen und Daten retten - CD--DVD-Rohlinge - Qualität prüfen und Daten retten - Nickles.mht
Charta zur Bewahrung des digitalen Kulturerbes - Deutsche UNESCO-Kommission.mht
Computerhardware Festplatte - Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher.mht
Computerhardware Flash-Speicher - Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher.mht
Computerhardware HDD Ausfall - Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher.mht
Datensicherung- Lebensdauer digitaler Daten - Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher.mht
Datensicherung- Lebensdauer- Statistik - Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher.mht
Der Verlust des digitalen kulturellen Erbes.mht
Digitales Archiv - Wikipedia.mht
ds.pdf
DVDs im Langzeittest c't.mht
Elektronische Archivierung - Wikipedia.mht
Emulation - Wikipedia.mht
Estimating Drive Reliability in Desktop Computers Consumer Electronics Systems.mht
Informationssicherheit - Wikipedia.mht
Konvertierung (Informatik) - Wikipedia.mht
Langzeitarchivierung Vorbereitung digitaler Dokumente - Wikibooks, Sammlung freier Lehr-, Sach- und Fachbücher.mht
Langzeitarchivierung - Wikipedia.mht
Lebensdauer (Technik) - Wikipedia.mht
Lebensdauer von Datenträgern.mht
Rosetta-Projekt - Wikipedia.mht
SANDISK MEMORY VAULT-TECHNOLOGIE.mht
Solid-State-Drive - Wikipedia.mht
Speichermedien Angst vor Verlust digitaler Daten - Computer - FOCUS Online - Nachrichten.mht
StabilityStudy.pdf

Download Dezember 2014

AnnaAmelia140815_Factsheet_Brand_final.pdf

Bibliothek von Alexandria - Wikipedia.htm

IGMG kritisiert Kultur-Zerstörung der afghanischen Taliban - IGMG Islamische Gemeinschaft Millî Görüş.htm

Kulturschätze im Syrien-Krieg - Unesco zieht Bilanz - Kultur - Süddeutsche.de.htm

Kulturvandalismus - Wikipedia.htm

Kunstraub und Kunstschutz, Band I Eine Dokumentation - Günther Haase - Google Books.htm

Mali will Zerstörung von Kulturerbe in Timbuktu vor Gericht bringen - SPIEGEL ONLINE.htm

U-Bahn-Unglück Das Kölner Lehrstück _ ZEIT ONLINE.htm

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lebenserwartung&oldid=137136587>

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Mortalität&oldid=134798760>

Aus Spektrum der Wissenschaft 2001

Nicht alle *Downloads* wurden hier aufgenommen. Eine genauere Untersuchung ist erforderlich.

Zum Schluss eine „Werbung“

Die digitale Sicherheitsnadel



ist besser zu bedienen und absolut sicher!

s_nadel2.cdr h. vözl 26.9.98/12

Digital lost

Ich habe den Begriff bewusst vermieden. Er ähnelt dem Motto tapferer Krieger aller Couleurs:

„Zerstört soviel wie möglich fremdes Kulturgut, das erhöht den Wert des eigenen!“

Wie ich zeigte, ist jedoch möglich:

Durch kluge Umsicht alle Daten langfristig zu erhalten.

Das sei unser Ziel.

Danke!