

Das ist Software!

– Software aus heutiger und zukünftiger Sicht –

Dies ist eine Fortsetzung von Ausarbeitungen gemäß [2] und [3] mit **Widerspruch zu KITTLER** [1]:

„Es gibt keine Software“

Literaturhinweise befinden sich am Ende.

Dieses Material wurde von meiner Homepage: horstvoelz.de heruntergeladen

Es ist für privaten Gebrauch frei nutzbar.

Bei Publikationen, Vorträgen usw. ist die Angabe der Quelle notwendig.

Bei kommerzieller Nutzung ist eine Abstimmung mit mir erforderlich.

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

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

Email: h.voelz (at) online.de

Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge

2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

Vom lernen zum Werkzeug

Ein *Halbaffe in Südafrika* entdeckte:

Wenn ich *Süßkartoffeln* im Fluss *wasche*, dann fehlt der unangenehm dran haftende Sand.

Einmal erlebt, beherrscht dies *bald das ganze Rudel*.

Ein *Rabe beobachtet*, wie eine *Walnuss vom Baum fällt* und auf dem harten Stein zerplatzt.

Nun stiehlt er am Obststand bei günstiger Gelegenheit eine Nuss und fliegt damit hoch in die Luft.

Dann lässt er sie *auf harte Steine fallen*; sie zerplatzt und er kann den Inhalt verzehren.

Auch Tiere gebrauchen *Werkzeuge*:

Affen suchen sich z. B. einen langen *Grashalm*, um damit im Ameisenhaufen zu stochern und angeln.

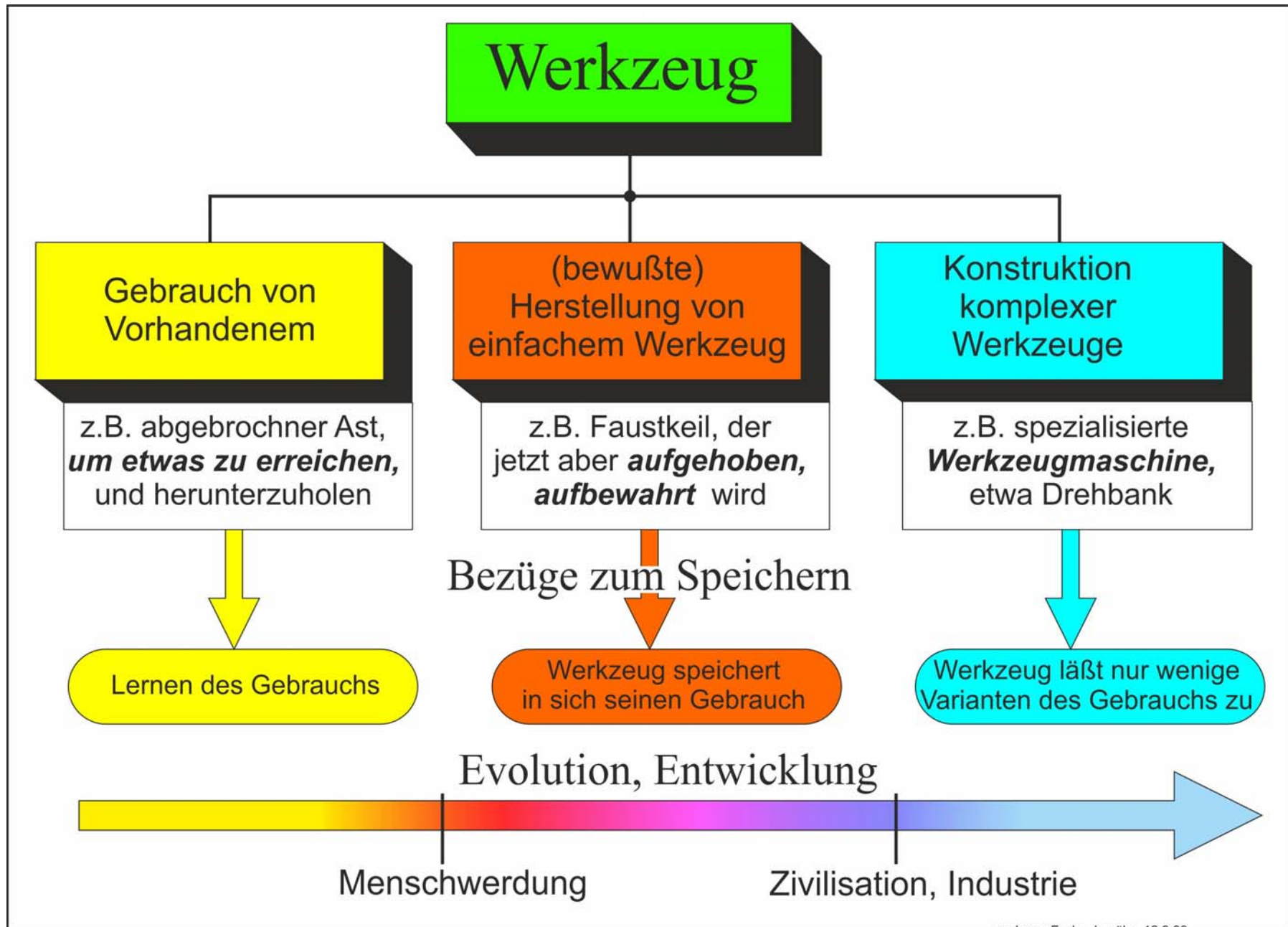
So erlangen sie leicht Ameisen zum fressen.

Im anderen Fall benutzen sie einen gefundenen *langen Zweig*, um *Bananen* vom Baum zu hauen.

Doch *erst der Mensch hob* Werkzeug zur Wiederverwendung auf.

So *speichert* er dessen Gebrauch als nutzbares *Wissen*.

Dieser Übergang zum Aufheben (Speichern) wird heute als *wesentlich für die Menschwerdung* angesehen.



Werkzeuge werden immer komplexer

Für diese Entwicklung gibt es viele Beispiele:

Beim **Telefon** wurde ursprünglich die Zentrale „angerufen“

Dort verband dann ein **freundliches Fräulein** zu dem gewünschten Partner mittels Schnüren.

Später wurde der automatisierte Betrieb per Wählscheibe, Hebdrehwähler und Telefonzentrale eingeführt.

Hierbei musste man bereits zumindest die „**Nummer**“ **des gewünschten Partners** kennen.

Mit dem **Mobiltelefon** ist alles deutlich komplizierter geworden.

Zunächst muss man sich per **Bedienungsanweisung** mit dem Gerät vertraut machen.

Natürlich kann das **Gerät vielmehr**, aber auch das alles muss erst einzeln erlernt werden.

Auch beim **Uhren-Wecker** ist die Entwicklung zum immer komplexeren eingetreten

Der einfache **uralte Wecker** ist leicht intuitiv zu bedienen.

Die **elektronische Armbanduhr** hat bereits einige Tasten.

Sie müssen in bestimmter Reihenfolge und mit unterschiedlich langer Betätigung betätigt werden

Eine große Vereinfachung brachte die völlig ferngesteuerte Funkuhr mit Sonnenpanel als Stromversorgung.

Im Beispiel sind dabei sogar alle Tasten gut versteckt.

Sie läuft nämlich „immer“ vollautomatisch ganz korrekt und nur fürs Wecken muss etwas betätigt werden.



telefon.cdr h. vözl 15.1.15



Uhren.cdr h. völg 16.1.15

Automatisierung im Haushalt

Im Haushalt sind heute mehrere **komplexe Geräte** vorhanden.

Dazu gehören vor allem **Waschmaschine, Spülmaschine und Grill** (s. Bild).

Sie müssen über eine **Vielzahl von Knöpfen und Tasten** „richtig“ bedient werden.

Dazu sind umfangreiche **Anleitungen** erforderlich, die das **Erlernen des Gebrauchs** ermöglichen sollen.

Dabei fällt auf, dass wir alles schneller und besser durch „**Zeigen**“ (Vorführen) erlernen.

Hierauf hat wohl als erster HEINZ ZEMANEK (1920 - 2014) deutlich hingewiesen [4].



Haushalt.cdr h. Völz 18.1.15

Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

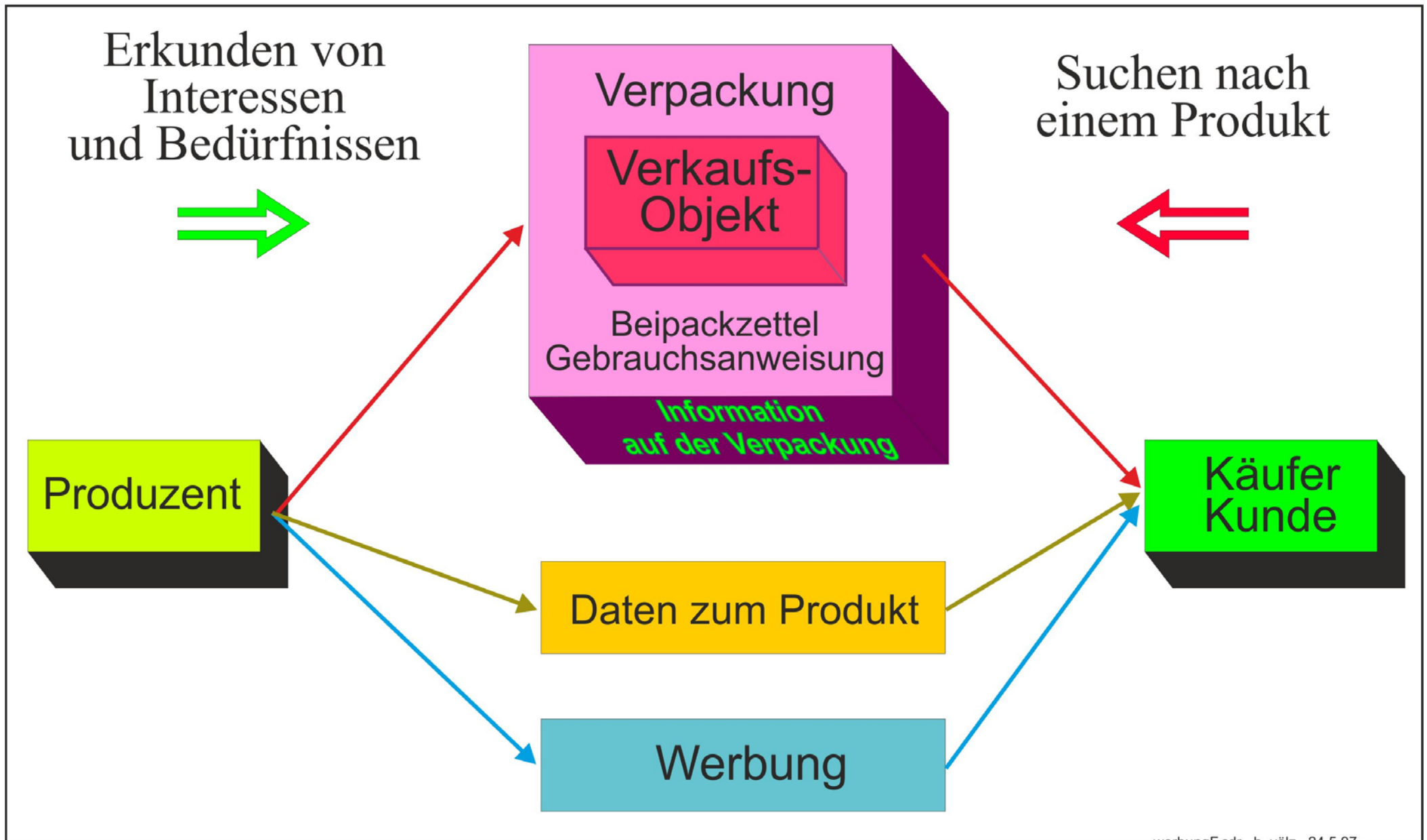
Fast immer sind Anleitungen notwendig!

Die Beispiele zeigen, dass es **kompliziert** sein kann, die vorhandene (notwendige?!) **Technik zu bedienen**. Doch nicht nur dafür sind **Anleitungen erforderlich**.

Der **Beipackzettel bei Medikamenten** ist zwar ein inhaltlich deutlich anders geartetes Papier. In ihm steht außer den Nebenwirkungen, wie es anzuwenden, einzureiben, einzunehmen usw. ist.

Generell sind sogar bei fast **jedem Einkauf** entsprechende „**Hinweise**“ zu beachten. Spätestens mit der „Selbstauswahl“ in **Supermärkten** werden ergänzende Beschreibungen bereits grundsätzlich auf der **Verpackung** notwendig [5].

Wer einmal im **Ausland** vom Aussehen her **Senf statt Honig** gewählt hat, dem wird das ganz deutlich.



werbungF.cdr h. vözl 24.5.97

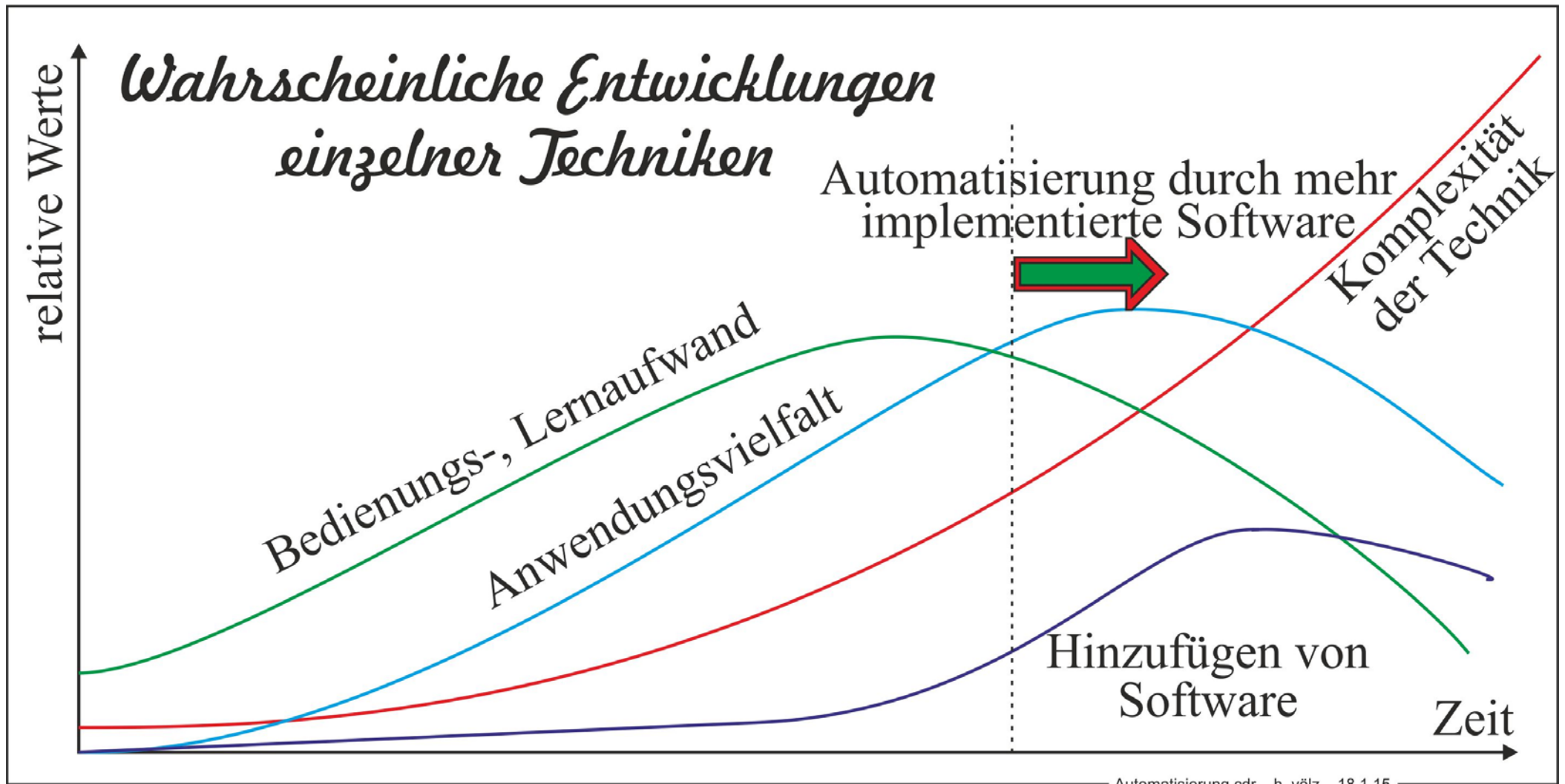
Übergang zur Automatisierung

Zumindest bei Werkzeugen und Geräten wird stets versucht, den nötigen **Lernaufwand zu senken**. Das gilt selbst dann, wenn dabei parallel die **Anwendungsmöglichkeiten erhöht** werden. Das Beispiel der **Funkuhr** zeigt, das letztlich fast alles noch so **komplizierte eingebaut** werden könnte. Dazu muss zunächst die **Information** der Benutzung in **Software übertragen** werden. Anschließend ist sie als **Hardware in das Werkzeug** (Gerät) zu **implementieren**. Diese Entwicklung ist **nicht immer einfach**. Der **Mensch** denkt und handelt nämlich **meist ganzheitlich**. Folglich benötigt er in den Anleitungen keine streng logischen, folgerichtigen Handlungsschritte. Eine **Automatisierung** arbeitet dagegen nur dann einwandfrei, wenn alle **Details genau festgelegt** sind.

Viele ergänzende Details hierzu enthalten u. a.:

der TURING-Test, das Graue Wissen (DREYFUS) [10] sowie das Chinesische Zimmer [6].

Insgesamt ergibt sich für die wichtigsten Einflüsse so der folgende **schematische Ablauf**. Dabei sind für jede Geräte-Kategorie der Zeitmaßstab und die einzelnen Zeitpunkte anders.



Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

Drei wichtige Kategorien

Aus den bisherigen Betrachtungen ergeben sich folgende Aussagen:

Die **gespeicherte Implementierung** von Nutzungs-Information tritt **generell** für Werkzeuge und Geräte auf. Sie ist also **nicht auf Computern** begrenzt. Die gesamte **Automatisierung** ist dafür beispielhaft. Die Implementierung ist vielmehr grundsätzlicher **Bestandteil jeder komplizierten Technik**. Hieraus folgt eine intensive **Verflechtung** von

Information, Speicherung, Software und Hardware.

Sie müssen daher im Folgenden etwas genauer analysiert werden.

Daraus folgt auch ein Hinweis auf FRIEDRICH KITTLERS (1943 - 2014) „Irrtum“ zur Software [1].

Ein Hinweis für die Zeitabläufe der drei Begriffe ergibt sich aus den Datenbeständen von Googel.



Im Prinzip sind die der zeitlichen **Abläufe** also weitgehend **ähnlich**,
jedoch für Hard- und Software tritt gegenüber Information eine **Verzögerung** um etwa **zwanzig Jahre** auf.

Das Bild wurde ergänzt, zusammengefügt und umgezeichnet nach download vom 19.1.2015 von
<http://ngrams.googlelabs.com>

Was ist Information?

Die Einführung von Information ist ziemlich ungewiss.

Ursache ist wahrscheinlich die Geheimhaltung im 2. Weltkrieg.

So äußert sich NORBERT WIENER (1894 - 1964) zur Information sehr unbestimmt [8].

In der zentralen Arbeit [9] von CLAUDE SHANNON (1960 - 2001) kommt der Begriff nicht einmal vor.

Er benutzt (stattdessen) nur Kommunikation.

Doch der zentrale Satz von WIENER ist bedeutend bis entscheidend [8]:

*„Information ist Information weder **Stoff**¹⁾ noch Energie“*

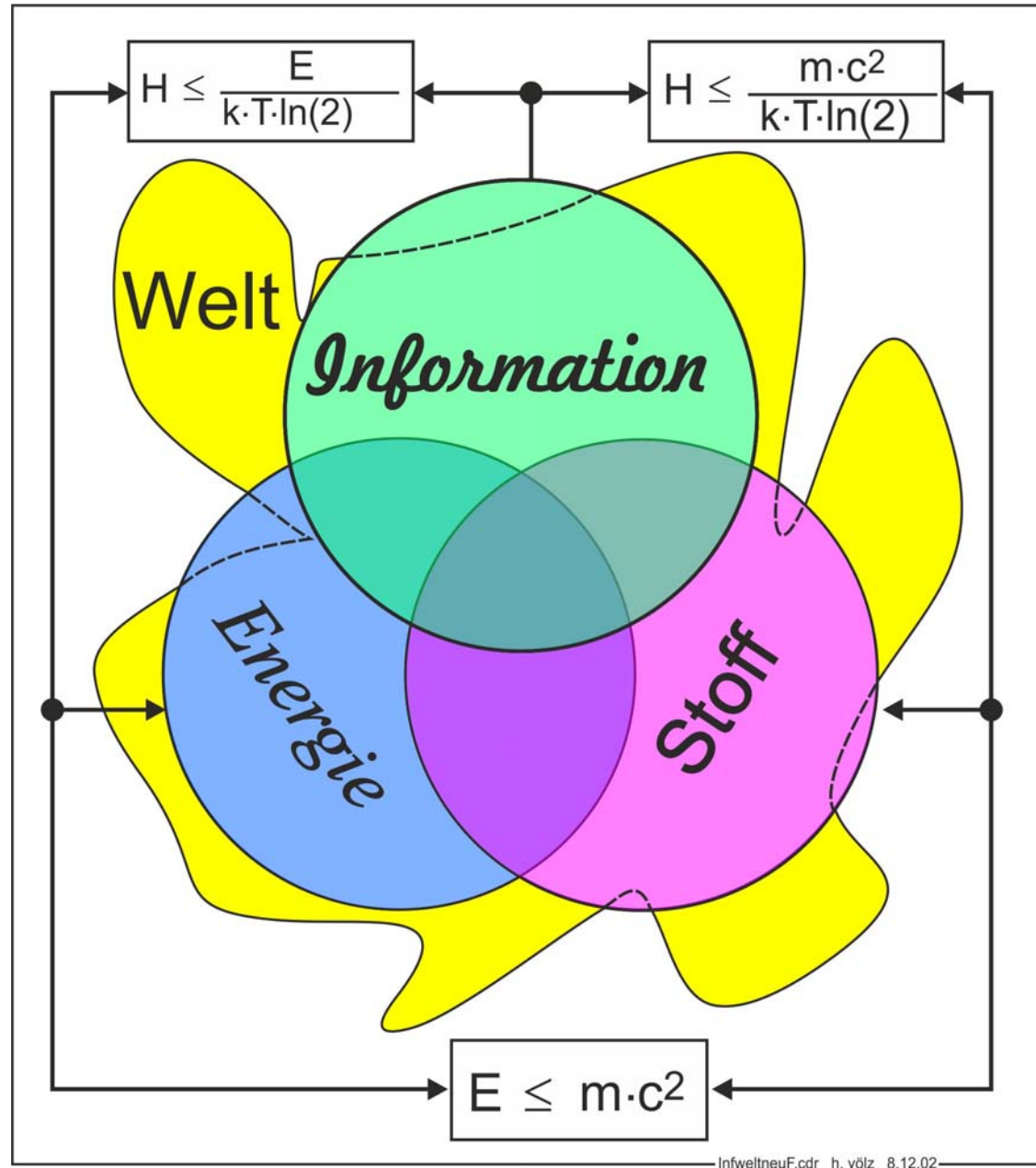
Aus dem Kontext ergibt sich, dass WIENER ***Information als neues Weltmodell*** einführt.

Es steht dabei u. a. für zwei andere, besonders wichtige Modelle, nämlich

***Stoff** als Grundlage der **Chemie** und*

***Energie** als Grundlage der **Physik**.*

¹⁾ Im englischen Original steht für Stoff „matter“, es wurde leider fast immer mit Materie falsch übersetzt.



Informationsträger - System und Informat

Stoff ist *unmittelbar* mit einer **Masse** m behaftet vorhanden und meist einfach nachweisbar.

Energie E bedarf immer eines **Energieträgers und Systems**, das Stoff zu Energie umsetzt.

Das sagt auch die zentrale Formel von **Einstein** $E = m \cdot c^2$ aus.

So erbringt die Verbrennung der **Benzinmotor** die Bewegungs-Energie eines **Autos**.

Analog besteht **Information** aus einem **Informationsträger** der mittels des **Systems** das **Informat bewirkt**.

Die **drei** bilden stets eine bestimmte **Einheit**:

Beim **System** interessiert dabei nur sein **Verhalten** nicht seine Struktur → **black box**

Die vier Arten der Information

Seit der Einführung der Information hat der Begriff eine **gewaltige Weiterentwicklung** erlangt. Zum ursprünglichen Bezug der **kybernetischen Wirkung** sind weitere „**ähnliche**“ **Aspekte** hinzugekommen. Sie sind ausführlich in [7] behandelt und müssen hier (notwendigerweise) kurz erklärt werden:

Bei der **W-Information** löst ein **Informationsträger** (Steuersignal) im System und/oder dessen Umgebung eine beachtliche Veränderung, die Wirkung, das **Informat** aus.

Z-Information betrifft hauptsächlich den **Zeichen-Charakter** von Information. Jedes Zeichen steht und fungiert dabei als „**Hilfe**“ **für ein anderes**, das oft nicht direkt zugänglich ist und so immer eine bessere (effektivere) Behandlung der Zusammenhänge ermöglicht (ähnelt teilweise Semiotik).

V-Information tritt bei **Berechnungen im Computer** auf. Sie ist nicht an die Grenzen der Natur gebunden und ermöglicht daher auch völlig „**ungewöhnliche**“, u. a. **virtuelle Welten** zu gestalten.

S-Information geht im Wesentlichen auf die Werke von CLAUDE SHANNON (1960 - 2001) [9] und den daraus folgenden Ableitungen vor allem für die **Nachrichtentechnik** zurück.

Im Zentrum stehen dabei die SHANNON-Entropie, Kanalkapazität, Codierung und Modulation, aber auch Fehlerkorrektur, Komprimierung und Kryptographie.

Z. Z. ist es unklar, wie eine eventuelle **Quanten-Information** mit dem QuBit aussehen könnte.

Eine formale Ergänzung

Gemäß den vorangegangenen Betrachtungen könnte **Hardware** für alle technischen **Systeme** (Geräte) stehen. **Software** wäre dann eine **W-Information**, die etwa den Anleitungen und Benutzungshinweisen entspräche. Was die **Geräte bei der Benutzung** leisten und vollbringen wäre dem **Informat** zuzuordnen. Zu beachten ist, dass **Teile der Anleitungen** in die Geräte **gespeichert implementiert** sein können. **Nebenbei** Speicher werden immer in der Theorie „vergessen“
Alles erfolgt auch im beträchtlichen Ausmaß bei allen **Automatisierungen** und **Rechnern**.

Unsere **Sprache lebt** und **verändert sich**,

und dabei ist oft – wie auch hier – eine **undefinierte Benutzung der Begriffe** unüblich.

Für die Begriffe Soft-Hardware bringt eine **Literaturrecherche** leider nur erstaunlich wenige Ergebnisse.

Die erste und grundlegende Arbeit stammt wohl **1972** von KARL NICKEL [11] S. 373 - 398.

Im Internet wurde gerade eine brauchbare Seite bei **Wikipedia** gefunden [15].

Von mir gibt es **ab 1982**: [12] S. 175 - 178, 187/8, 343 - 346; [13] 815 - 817 und [14] S. 186 - 190.

Zur weiteren Analyse ist es günstig,

mit der Einführung der Begriffe bei den **Anfängen der Rechentechnik** zu beginnen.

Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

Elektronische Rechentechnik

Die Begriffe Hard- und Software wurden **ab 1950 für die Rechentechnik** eingeführt [11].

Schon viel früher bezeichnete **englisch hardware** (übersetzt: harte Ware) Metall- bzw. Eisenwaren.

Bei den frühen EDV-Anlagen war dann damit alles gemeint, was **aus „Material“ hergestellt** wurde.

Das war die gesamte, für den Betrieb **notwendige technische Ausrüstung**.

Doch bereits diese Anlagen benötigten unbedingt nichtmaterielle **Programme**.

Sie müssen von Menschen geschrieben und den Anlagen (per Lochkarte = Speicher) „übergeben“ werden.

Die dazugehörige Aspekte wurden dann mit dem Gegenwort **Software** (weiche Ware) bezeichnet.

In gedanklicher Weiterführung wäre etwa die folgende Aufteilung ein brauchbarer Ansatz:

- **Hardware** ist die technische Voraussetzung. Dazu gehören:
 - *elektronische Bauelemente* bis zu den komplexen Schaltkreisen wie CPU und Speicher,
 - *Rechnerarchitekturen* wie NEUMANN-Rechner, RISC, Parallelrechner und Neuronale Netze,
 - *Peripherietechnik* wie Monitor, Tastatur, Maus, Drucker, Plotter, Scanner, Sound- und Videokarten, Festplatten und Streamer.
- **Software** bewirkt die Steuerung und erhöht die Hardwarenutzung. Dazu gehören:
 - *Betriebssysteme*, wie DOS, UNIX, Windows und Linux,
 - *Anwendungssoftware* vor allem für Textverarbeitung, Datenbanken, Tabellenkalkulation, DTP, Grafik- und Sound-Programme sowie OCR.
 - Entwicklungsumgebungen*, wie Programmiersprachen und Tools.

Kritik

Die obige Trennung wurde und wird nicht immer konsequent eingehalten.

So muss Software letztlich irgendwie materialisiert – z. B. in **Speichern** – verfügbar sein.

Hierauf beruht die Aussage von KITTLER: Es gibt überhaupt **keine Software** [1] S. 225 - 242.

Das entspricht extrem einfachen Materialismus, und konsequent würde folgen: es gibt nichts Geistiges.

Außerdem sind im Laufe der Zeit zusätzlich **ähnliche Wortbildungen, Begriffe** entstanden:

- **Firmware:** zur Hardware gehörende, vom Hersteller auf Festwertspeicher abgelegte und vom Benutzer nicht veränderbare Programme.
- **Brainware:** die geistige Vorarbeit bei der Programmerstellung.
- **Liveware:** das Personal, das in der Datenverarbeitung tätig ist.

Auch weit entfernte Anwendungen kommen vor, z. B. in **Biologie und Natur** (s. Ende).

Wechselwirkung von Hard- und Software

Bereits NICKEL [11] weist auf S. 392 auf erstaunliche Konsequenzen hin, die auch noch heute gelten. Neue Erkenntnisse bei der Hardware oder Programmierung, gelangten sehr selten ins andere Gebiet. Die Wechselwirkung zwischen Theorie, Hardware und Software ist dadurch sehr gering geblieben: (Hervorhebungen H. V.)

*"Kaum jemals haben die Beschränkungen oder Vorteile einer speziellen Hardwaretechnik dazu angeregt, spezielle Softwaretechniken zu entwickeln. Ein Beispiel für einen Ausnahmefall - der allerdings nie praktisch realisiert worden ist - ist die **Feld-Rechenmaschine** von Konrad Zuse. Sie will die Tatsache ausnutzen, daß im Trommelspeicher (oder Plattenspeicher oder Kernspeicher, dagegen nicht im Bandspeicher) die gespeicherte Information **flächenmäßig**, d. h. zweidimensional vorliegt. Zuse wollte diese hardwaremäßige Eigenschaft nutzbar machen für die softwaremäßige Behandlung partieller Differentialgleichungen, die sich sonst in den (eindimensionalen) modernen Computern nicht "sachgemäß" behandeln lassen.*

*Der umgekehrte Fall, daß bewährte Softwaretechniken in die Hardware übernommen wurden, trifft zwar immer mal wieder ein (siehe ... Verdrahtung der Gleitkomma-Arithmetik oder der Duodezimal-Konversation). Seltsamerweise ist es jedoch auch jetzt, mehr als 10 Jahre nach der Entwicklung des **Kellerungs**prinzips, immer noch nicht selbstverständlich, eine moderne Rechenanlage hardwaremäßig mit einem oder mehreren Kellern auszurüsten. Dieses Hinterherhinken gegenüber den bewährten Softwaretechniken findet man auch in vielen anderen Fällen."*

Kybernetische Sicht

Verallgemeinert und aus heutiger Sicht kann eine **kybernetische Betrachtung weiterführen**. Wichtig ist dabei die **Regelungs- und Steuerungstechnik** als Erweiterung der Rechentechnik. Der Input (Informationsträger) steuert das System und erzeugt dabei den Output als externe Wirkung. Absichtlich **stark vereinfacht** unterschied ich bereits in [12] ab S. 343 dazu **vier Geräteklassen** (s. Tabelle). So wird das **Soft-Hardware-Verhältnis allgemeiner** und weit über die Informatik hinaus wichtig. Dabei bleiben auch weiterhin z. T. Soft- (Steuer-Information) und Hardware (Gerätetechnik) **austauschbar**. Prinzipiell können auch **Natur, Biologie und Leben** ergänzt werden, s. Ende.

Geräte Zweck bzw. -art	In- und Output der Geräte	Beispiele für typische „Systeme“
Fertigung und Produktion .	Stoff (Material) wird zur Produktion von Geräten usw. verarbeitet.	Werkzeugmaschinen, Fabriken.
Erzeugung, Wandlung und Speicherung von Energie .	Energie (Energieträger), u. a. Elektrizität, Wärme, Gas, Wasser.	Kraftwerke, Generatoren, Motoren, Speicher-Seen, Transport-Trassen.
Informationsverarbeitung .	Daten, Algorithmen, Programme (Software)	Rechner, Messgeräte, Wandler, Sensoren.
Bildung, Wissen und Unterhaltung .	Physisches und psychisches Interesse des Menschen an Kultur, Kunst und Spiel.	Bücher, Zeitschriften, Fotografie, Film, Rundfunk, Fernsehen, Telefon und „Spiele“.

Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

Grundbegriffe der Elektronik

Ursprünglich entstanden Rechner auf Basis von **Relais** und teilweise **Pneumatik**.

Doch schnell wurde die Elektronik zum Fundament der Rechentechnik.

Jedoch auch die **Röhren-** und **Analog-Rechner** fanden nur relativ kurze Zeit eine gewisse Verbreitung.

Die folgenden Betrachtungen beschränken sich absichtlich auf die digitale Elektronik.

Fast ausschließlich werden dabei als Grundlage die **kombinatorische** und **sequentielle Logik** (Schaltungen) eingeführt.

Je nach Lehrmeinung und Institution werden aber **unterschiedliche Begriffe** benutzt (s. Bild).

Stets fehlt dabei die Besonderheit des Speichers

Anmerkung: Mehr Details zur Elektronik in [2] und [3]

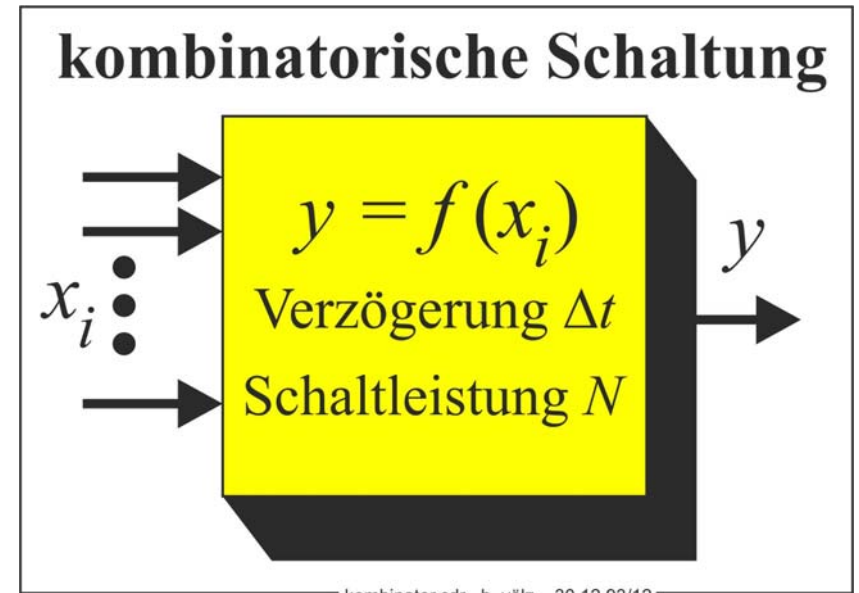
Begriffe der binären Technik	
kombinatorische Schaltung	sequentielle Schaltung
Synonyme z.T. mit etwas abweichender Bedeutung	
Schaltwerk, statische Logik, binäre Schaltung, Zuordner, Codierer.	Schaltnetz, Folge-Schaltung, dynamische Logik.
Theorien	
Schaltalgebra Boolesche Algebra formale Logik Karnaugh-Diagramm	Automatentheorie Petrietze

binschalF.cdr h. völg 31.12.93

Die kombinatorische Schaltung

Eine typische kombinatorische Schaltung ist gemäß dem Bild durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet.

- Sie besitzt **mehrere Eingänge** x_1, x_2 bis x_i .
- Aus ihren digitalen 0/1-Werten wird über eine **digitale Funktion f** ein digitaler Wert $y = f(x_1, x_2, \dots, x_i)$ abgeleitet.
- Die dabei auftretende **Verzögerung Δt** soll möglichst klein sein, theoretisch $\Delta t \rightarrow 0$.
- Für den Betrieb der Schaltung ist eine gewisse **Grundleistung N_0** , und während des Schaltens eine zusätzliche **Schalt-Leistung N_s** erforderlich.



Die kombinatorischen Schaltungen besitzen eine **Besonderheit**:

Sie sind zwar „geistig“ nachvollziehbar und bilden dann u. a. die **Grundlage der mathematischen Logik**. In der Technik sind jedoch für sie **keine Software-Lösungen** bekannt (oder gar möglich!?) Sie müssen immer als Hardware ausgeführt werden.

Die kombinatorische Schaltungen bilden den grundsätzlich Kern jeder digitalen (rechen-) technischen Hardware-Realisierung.

Einführung des Speichers

Bevor die sequentielle Schaltung behandelt werden kann, ist der Speicher zu beschreiben.

Denn jede sequentielle Schaltung besteht aus ***Speichern und kombinatorischen Schaltungen***.

Offensichtlich ist er aber den Technikern so ***selbstverständlich***, dass er nicht gesondert eingeführt wird.

Er wird „stillschweigend“ ***schlicht vorausgesetzt***.

Deshalb gibt es kaum gesonderte ***Lehrveranstaltungen oder Bücher*** zu ihm, Ausnahme [16] bis [18].

Das ist umso erstaunlicher, da er die ***Weiterentwicklung der mikroelektronischen Technologie*** ständig und zumindest wesentlich bestimmt hat.

Betont sei jedoch, dass der Speicher für die Abgrenzung von ***Hard- und Software*** äußerst wichtig ist (s. u.).

Der typische technische Speicher

Gegenüber den kombinatorischen Schaltungen unterscheiden sich Speicher durch folgende Eigenschaften:

- Ein Speicher ist **stets Hardware**.
- Seine **Inhalte** sind jedoch immer wieder **neu belegbar**, also veränderbar.
- Speicher besitzen **gleichviel Ein- und Ausgänge**.
- Zwischen dem Ein- und Ausgang besteht **kein direkter Übergang**. Vielmehr tritt ein beachtlicher und meist völlig unbestimmter **Zeitverzug** Δt auf.
- Die **Eingangswerte** werden zu einer extern bestimmten **Zeit t_a übernommen** und dann intern langfristig festgehalten (gespeichert).
- Die **Ausgangswerte** entsprechen möglichst genau den früheren Eingangswerten, gelangen aber nur zu einer extern bestimmten **Zeit t_w zum Ausgang**.

Hieraus ergibt sich das folgende allgemeine Schema

Neue Bezeichnung: **Eingangssignal** = **Aufzeichnungssignal** $f_a(t)$.

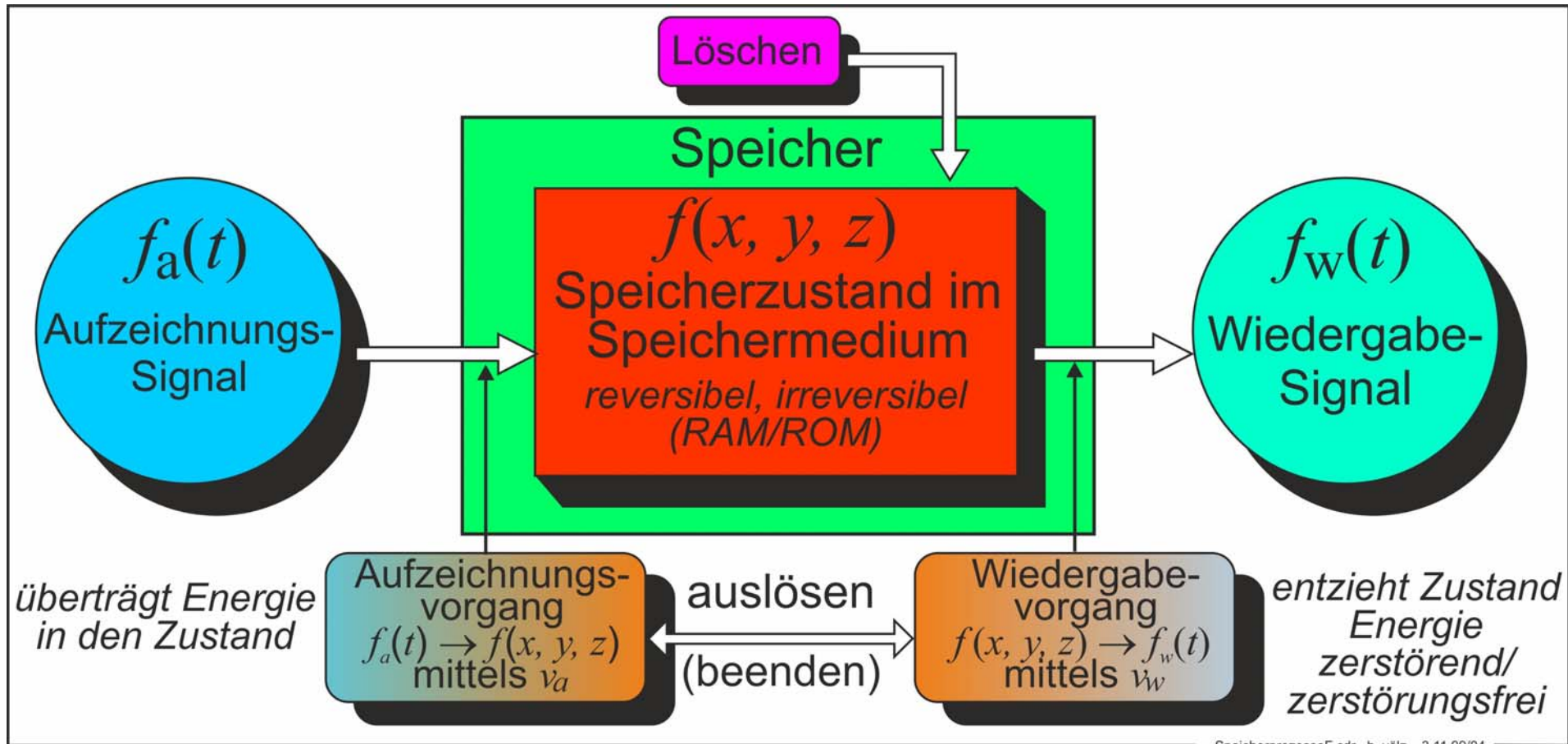
Es wird zu einer extern bestimmten (gewünschten) Zeit t_a mittels **Aufzeichnungsprozess** gespeichert.

Und zwar im Inneren des Speichers fortlaufend an **Orte $f(x, y, z)$** abgelegt und dann festgehalten.

Der Aufzeichnungsprozess – also die **Dauer** von t_a – kann in einigen Fällen sehr kurz sein.

Dann wird vielleicht nur ein **einzelner** (digitaler) **Wert** in den Speicher übernommen.

Er kann aber auch einige Zeit Δt_a dauern. Dann wird eine **Signalfolge** gespeichert.



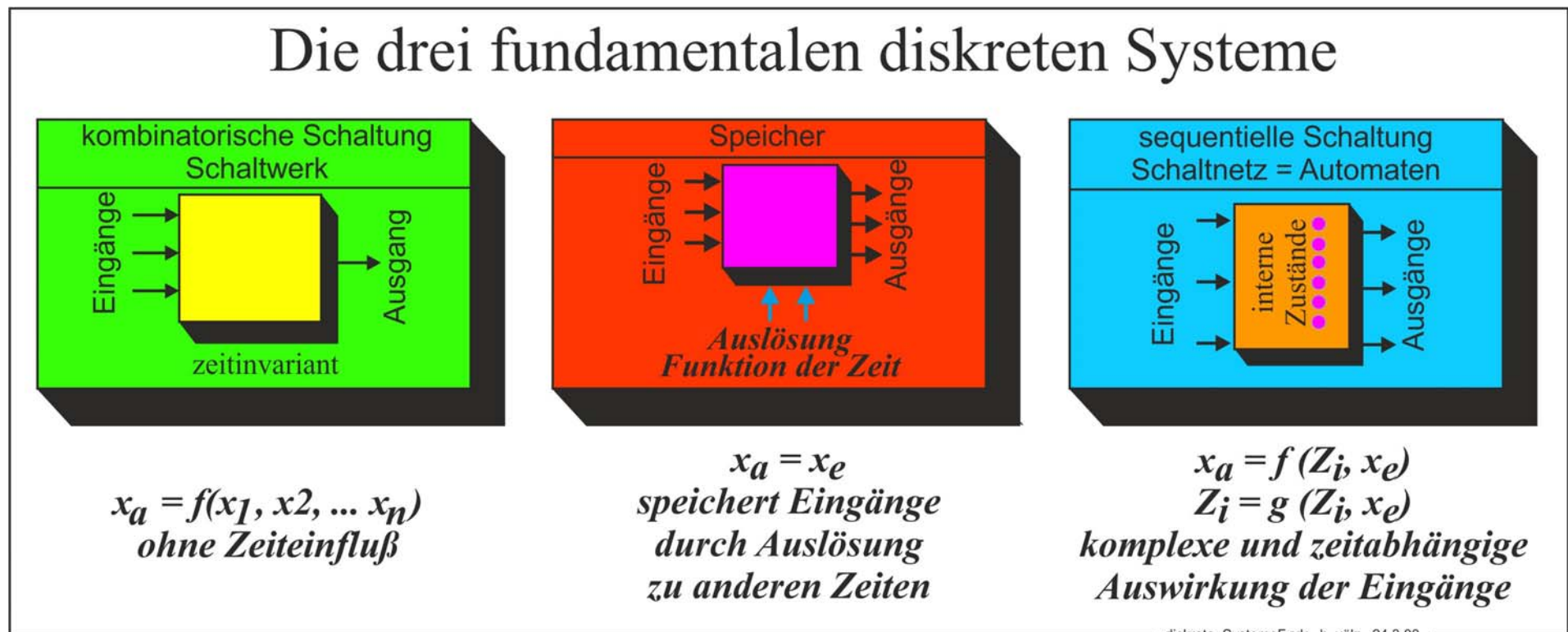
Ohne Aufzeichnungssignal geschieht im Speicher und auch an seinem Ausgang nichts. Erst mit einem Wiedergabesignal t_w gelangt der Speicherinhalt zum Ausgang. Im Speicher gibt also eine Aufzeichnungs- und Wiedergabegeschwindigkeit v_a bzw. v_w . Im Normalfall sind beide gleich $v_a = v_w$. Nur dann ist $f_a(t) = f_w(t + \Delta t)$ erfüllt. Mit dem zeitlichen Abstand Δt gilt dabei zwischen der Auszeichnung und Wiedergabe $t_a = t_w + \Delta t$.

Übergang zu den sequentiellen Schaltungen

Der **Zweck** des Speichers besteht vor allem darin, **Daten bzw. Software** zeitweilig **zwischenzuspeichern**. Dadurch wird er zu einem **Zwitter** aus Hard- und Software.

Im Gegensatz zur kombinatorischen Schaltung hat er **keine Aufgabe zur Verknüpfung** von Daten.

Mit ihm ergeben sich aber die **drei Grundschaltungen** der Elektronik des folgenden Bildes.



Zusammenhänge zwischen den drei Grundschaltungen

Es gibt alle Übergänge zwischen den drei Grundschaltungen.

Insbesondere sind die **kombinatorischen Schaltungen** lediglich mittels Rechner zu simulieren.

Auch dies macht sie zur **fundamentalen Hardware**.

Nicht ganz so extrem ist es mit den **Speichern**.

Binäre Flip-Flop lassen sich zwei kombinatorischen Schaltungen erzeugen, sind dann aber deutlich komplexer als Schaltungen, die dafür z. B. die magnetische Hysterese nutzen. Im Gegensatz zu den kombinatorischen Schaltungen sind sie nicht „Selbstzweck“ sondern dienen „nur“ zur Speicherung von Daten.

Daher stehen sie der Software deutlich näher als die kombinatorischen Schaltungen.

Außerdem gibt es zwischen logischen Schaltungen und Speichern ROM und Codierer.

Die **sequentiellen Schaltungen** enthalten immer kombinatorische Schaltungen und Speicher.

Nur wenige Sonderfälle lassen sich durch rückgekoppelte Festwertspeicher erzeugen.

Allgemein folgt hieraus erneut: **Software** dient primär zur Steuerung von Hardware

Allerdings kann sie dazu auch in die Hardware, z. B. von Speichern

oder bei der Zusammenschaltung von kombinatorischen Schaltungen realisiert sein.

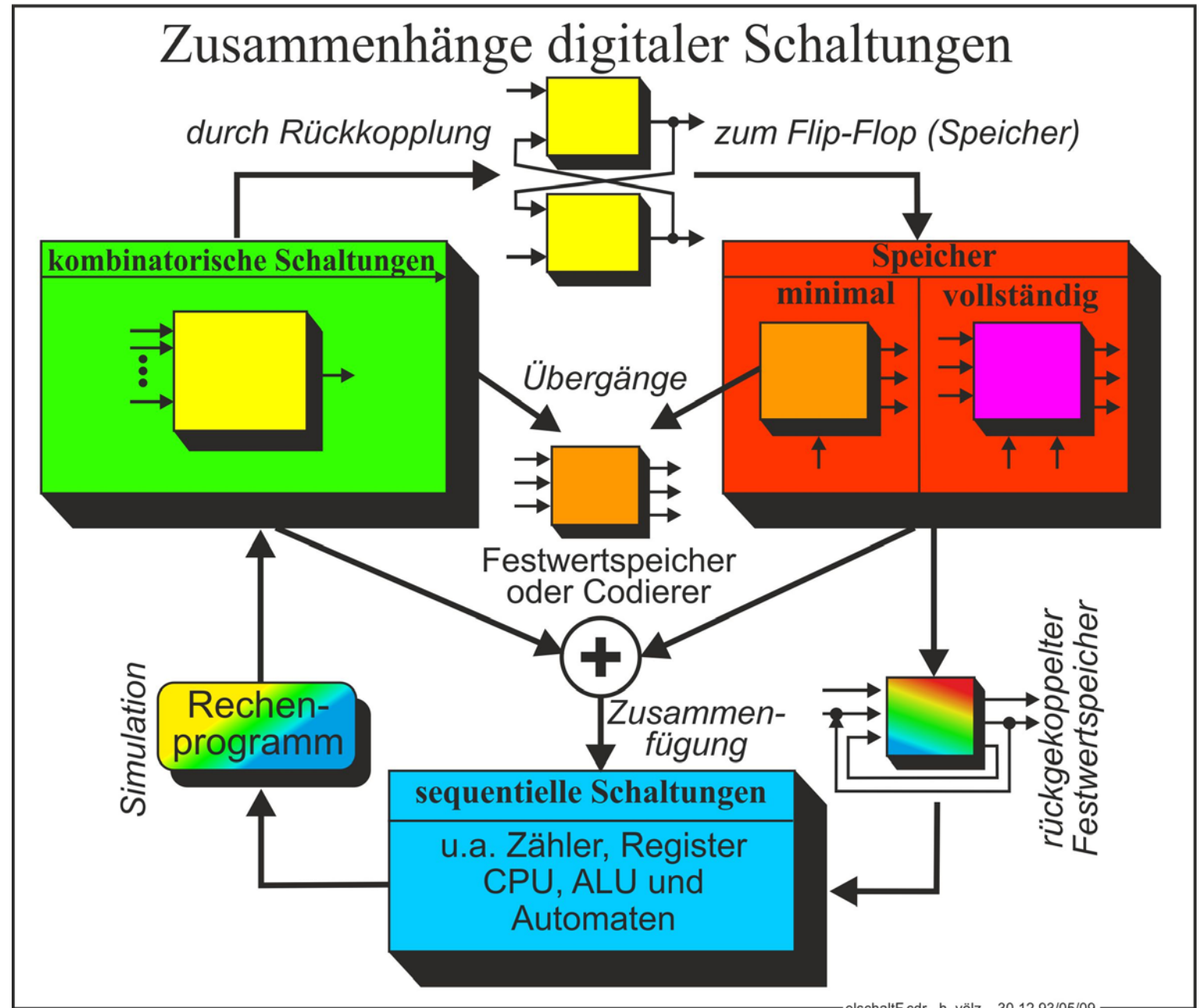
Dennoch ist weiter auf das Verhältnis von Hard- und Software einzugehen.

Die beiden
Grundsaltungen sind



Kombinatorische Schaltung
ist nur per Software-
Simulation erzeugbar, also
Hardware-Voraussetzung

Die sequentielle Schaltung
ist aus kombinatorischen
Schaltungen und Speicher
zusammengesetzt



Die Idee des TURING-Automaten

Der Grundgedanke für alle Rechentechnik stammt 1936 von ALAN MATHISON TURING (1912 – 1954).

Er ist kein technisches Gebilde sondern „nur“ **ein gedankliches Modell**. (also fast Software!)

Gedanklich benutzt er jedoch kombinatorische Schaltungen und Speicher.

Gebaut wurde er **nie** – teilweise sehr viel später, dann aber **nur für die Ausbildung**.

Der **erste technisch nutzbare** (Universal-) Rechner entstand unabhängig hiervon Ende 1930er Jahre.

Er wurde von KONRAD ZUSE (1910 – 1995) für wirkliche Berechnungen gebaut.

Die anderen technischen Computer entstanden **erst ab 1945**

Im Prinzip **funktionieren** sie alle **weitgehend ähnlich** und sind **theoretisch gleich leistungsfähig**.

Das begründete 1940 ALONZO CHURCH (1903 – 1995) mit seiner **nicht beweisbare Hypothese**

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

Alle heute vorhandenen und auch künftig gewonnenen Methoden für die Berechenbarkeit sind gleich leistungsfähig.

So wird die **intuitive Berechenbarkeit** durch den exakten Begriff des **Algorithmus** ersetzt und es folgt:

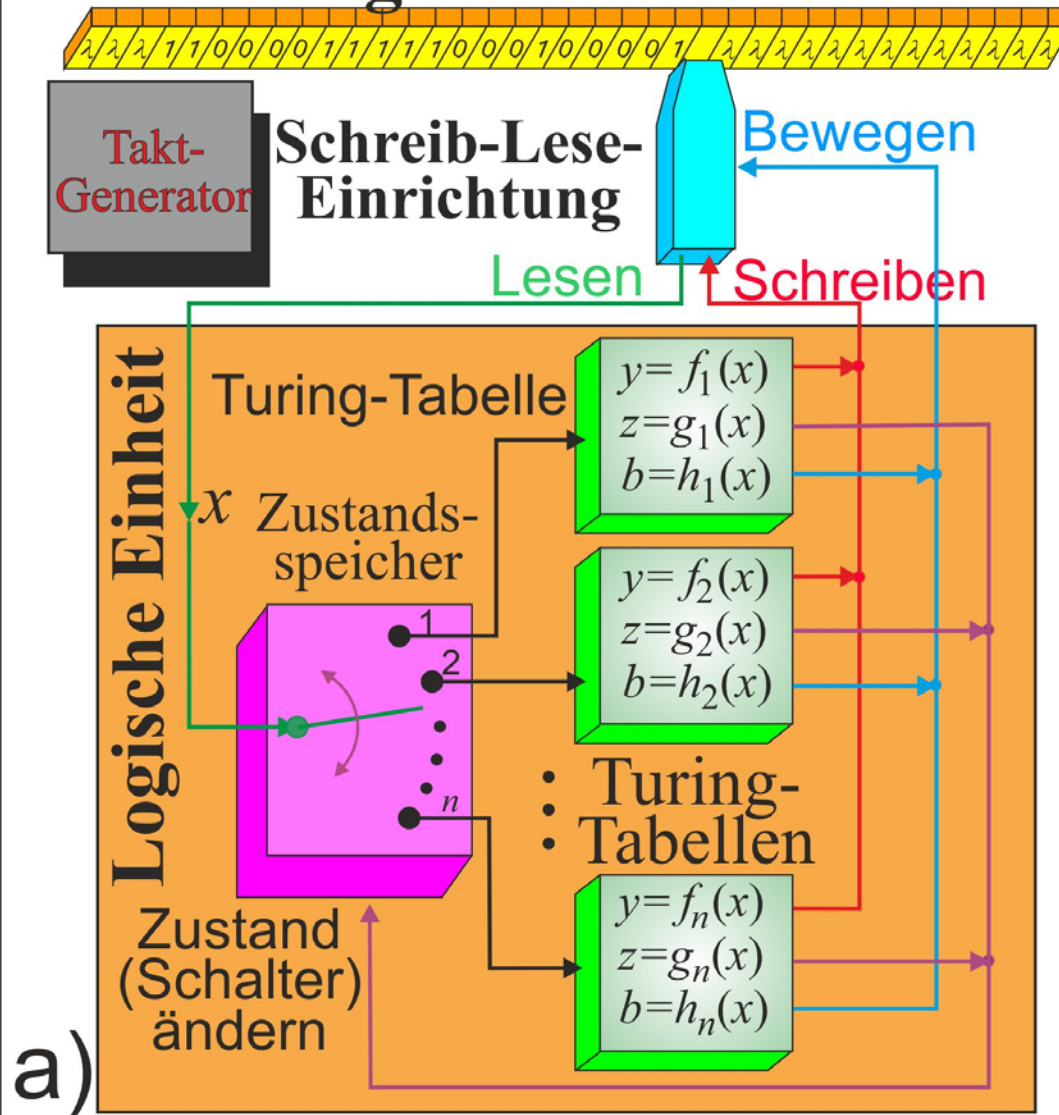
Alles Berechenbare ist rekursiv.

Aufbau des TURING-Automaten

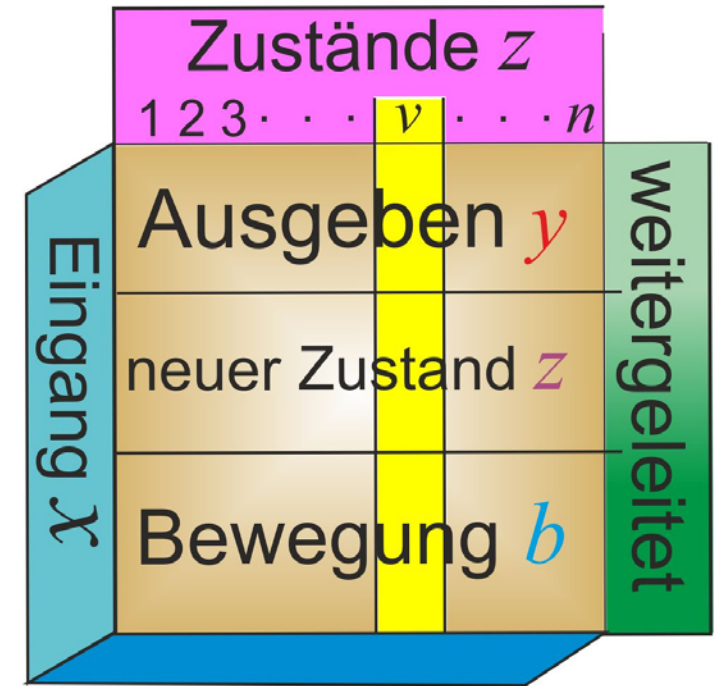
Er besteht aus vier Grundeinheiten

1. Ein ***unendliches Speicherband*** mit einzelnen Kästchen als Bit-Zellen.
Damals gab es noch kein Magnetband.
Deshalb hat TURING an einen Papierstreifen gedacht.
Sie können nach Bedarf durch Ankleben von Teilstreifen beliebig verlängert werden kann.
Auf die einzelnen Speicherplätze können dann Daten-Bits 0 oder 1 geschrieben werden.
Zusätzlich gibt es noch Start- und Ende-Zeichen α und Ω .
Leere oder gelöschte Plätze werden mit λ gekennzeichnet.
2. Eine ***Lese-Schreib-Einrichtung***, die Daten vom Band lesen oder darauf schreiben bzw. löschen kann.
Mit jedem Takt kann sie um eine Speicherzelle nach rechts (*r*) oder links (*l*) bewegt werden.
3. Eine ***Logische Einheit*** (kombinatorische Schaltung), übernimmt die gelesenen Daten
Sie werden über den Schalter (Zustandsspeicher) zur ausgewählten TURING-Tabelle weiterleitet.
Genau so wie kombinatorische Schaltungen bewirken sie logische Verknüpfungen.
Die sich ergebenden Daten dienen zum Schreiben *y* und Bewegen *b*.
Ein weiteres Ergebnis *z* bestimmt eine neue Schalterstellung.
Im nächsten Takt gelangen dadurch die Lese-Daten zur so ausgewählten TURING-Tabelle usw.
Die *n* Tabellen sind meist zu einer dreidimensionalen Tabelle über die *n* Zustände zusammengefasst.
4. Ein ***Taktgenerator*** schaltet periodisch die Einheiten 1 bis 3 immer um einen Schritt weiter.

beidseitig unendliches Band



Logische
Tabelle



b)

Es gilt:

λ = leere Speicherzelle

$x, y = \{0, 1\}$

$z = 1 \dots n$

c)

$b = \{\text{rechts, links, halt}\}$

Die Arbeitsweise

Für jeden TURING-Automaten legen die TURING-Tabellen die interne Arbeitsweise (Eigenschaften) fest. Durch ihren Aufbau und Austausch können so sehr vielfältige Aufgaben gelöst werden.

Für jede spezielle **Berechnung** ist zweierlei auf das Band zu schreiben (speichern):

- Ein passendes **Programm** als Software. Es muss als W-Information programmiert werden.
- **Startdaten** für die Aufgabe als Z-Information.

Die Daten und das Programm werden schrittweise – **bei α beginnend** – vom Band gelesen und ausgeführt. Daraus **berechnete Daten** müssen auf das Band (evtl. an anderer Stelle) geschrieben werden.

Mit dem Takt wiederholt sich dieser Prozess solange **bis Ω erreicht** ist und damit alles berechnet ist. Dann steht auf dem Band dann das **Ergebnis**.

Eine detaillierte Beschreibung des Ablaufes für eine einfache Addition enthält [12] ab S. 68, [14] ab S 251.

Verschiedene Rechner-Systeme

Der **TURING-Automat** ist das Grundmodell der Rechentechnik, mit dem alles berechnet werden kann. Abgesehen vom unendlichen Speicherband ist er technisch *extrem einfach, minimal* aufgebaut.

Mit der Entwicklung der Rechentechnik wurde der technische (Hardware-) *Aufwand ständig vergrößert*. Damit *stieg die Rechenleitung und Anwendungsbreite gewaltig*.

Dennoch oder gerade dadurch wurden die *notwendigen Programme* immer wichtiger und komplexer. *Nur Teile* davon konnten sinnvoll in den *Rechner eingebaut* werden.

Für *jede weitere neue Anwendung* wurde zusätzlich ein *neues Programm* erforderlich.

Zur Nutzung musste erst in den *Rechner geladen* werden.

So entstanden **1. eingebaute** (implementierte) und **2. bei Bedarf hinzugefügte Software**.

Das System war daher ein *Universalrechner*, der nur mittels *spezieller Software* für alles geeignet ist

Parallel entstanden auch *Spezial-Systeme*, in welchen *für eine Anwendung alle Software eingebaut* ist. Sie arbeiten meist *deutlich schneller*, aber eben nur für den *einen Zweck*.

Zwischen den beiden Extremen gibt es eine Vielzahl von Varianten. Beispiele dafür sind:

Universalrechner, programmierbarer Taschenrechner und üblicher, ganz einfacher Taschenrechner

Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

Einsatz von Hard- und Software

Software setzt eine technische Einrichtung, ein durch sie **steuerbares System (Hardware)** voraus. Funktionell wird so ein (deterministischer) kybernetischer **Ursache-Wirkungs-Zusammenhang** erzeugt. Daher ist **Software für die Hardware** (System) eine spezielle **Art der W-Information**. Sie wird beim Rechner in speziellen schreib- und lesbaren **Programm-Speichern** abgelegt

Deutlich anders ist fest **implementierte Software**.

Sie liegt fast ausschließlich in nicht mehr löschbaren **Festwertspeichern**.

Außerdem trägt sie wesentlich zu den **Eigenschaften des Systems** bei.

Dabei können die entsprechenden **Zusammenhänge** höchst komplex sein.

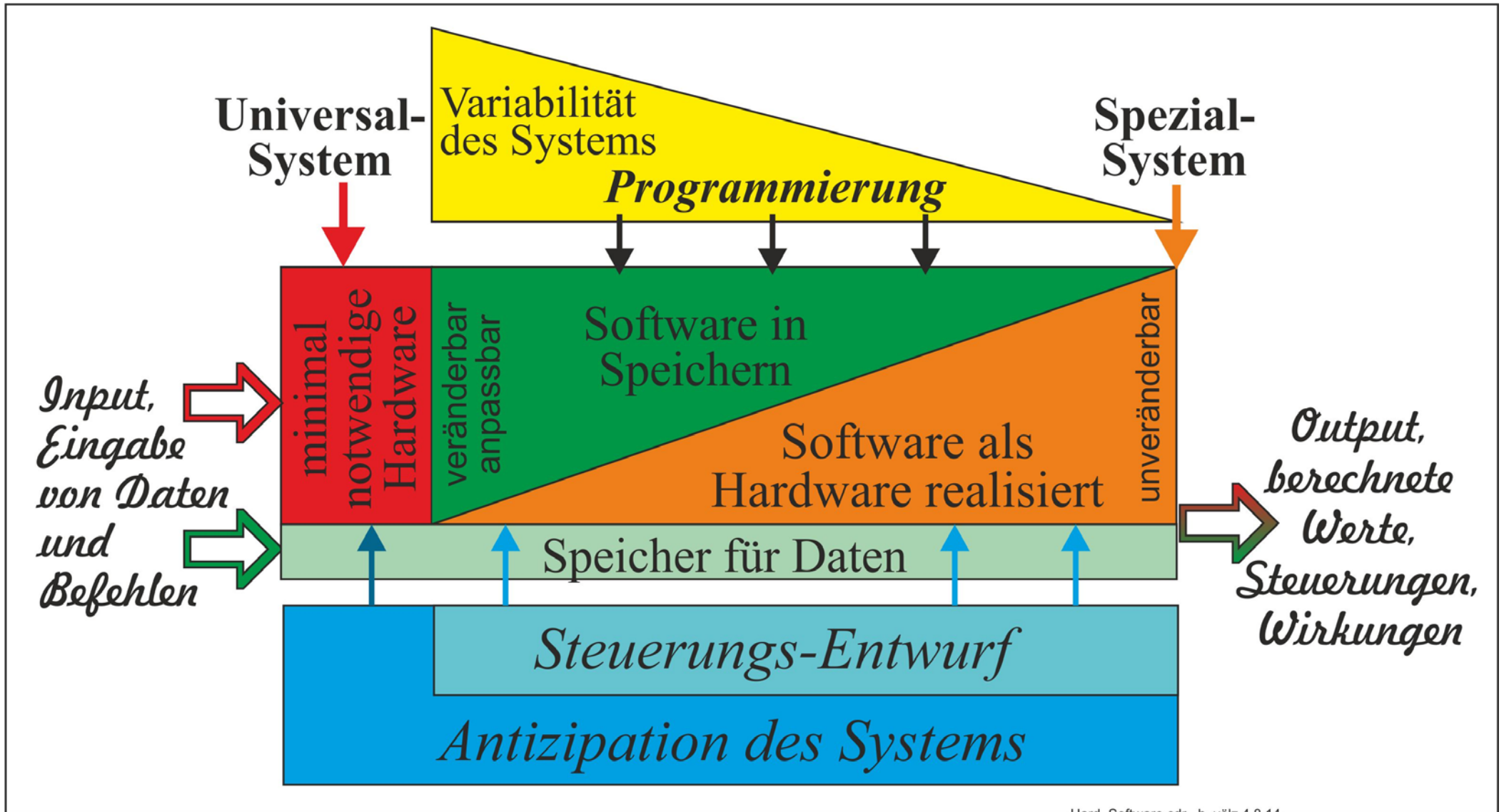
So könnte die Frage gestellt werden: Ist sie dann **eigentlich noch** (immer) **Software**?

Nur für sie könnte die Aussage von KITTLER Gültigkeit erreichen.

Die **Eingangs- und Ausgangsdaten** sind überwiegend Zahlen- bzw. Messwerte, also eher **Z-Information**.

Beide werden immer in den schreib- und lesbaren **Daten-Speichern** abgelegt.

Insgesamt ergibt sich so für Soft- und Hardware das folgende Schema.



—Hard_Software.cdr h. vözl 4.8.14—

Einige Schlussfolgerungen

FRIEDRICH A. KITTLER (1943 – 2013) vertritt nun die Auffassung, dass es keine Software gibt [1].

Nach seiner Auffassung muss sie ***immer an Hardware gebunden***, also fixiert sein.

Hierbei bleibt aber unbeachtet oder gar ungeklärt, ***woher und wofür die Daten*** in den Speicher ***kommen***.

Negiert wird dabei ***Unterschied*** zu beachten:

- Ob Information nur ***zeitweilig*** in ***Speichern abgelegt*** wird oder
- zur Strukturierung von ***spezieller Hardware*** genutzt wird.

Weiter ist zu beachten, dass jedes technische System zunächst ***antizipiert*** werden muss.

Erst dann kann es ***entwickelt*** und dann ***konstruiert*** werden.

Dabei ist auch der ***Steuerungsentwurf*** für die „Software“ im engeren Sinn zu erzeugen.

Sie kann dann für das jeweilige System programmiert oder in entsprechende ***Hardware umgesetzt*** werden.

Zumindest bleibt so die Software bis zum Eingeben in den Speicher ein ***geistiges Produkt***.

Aus ähnlichen Gründen habe ich bereits 1982 das ***folgende Bild*** gezeichnet [12] S. 177.

Es macht das dialektische Verhältnis von Hard- und Software deutlich.

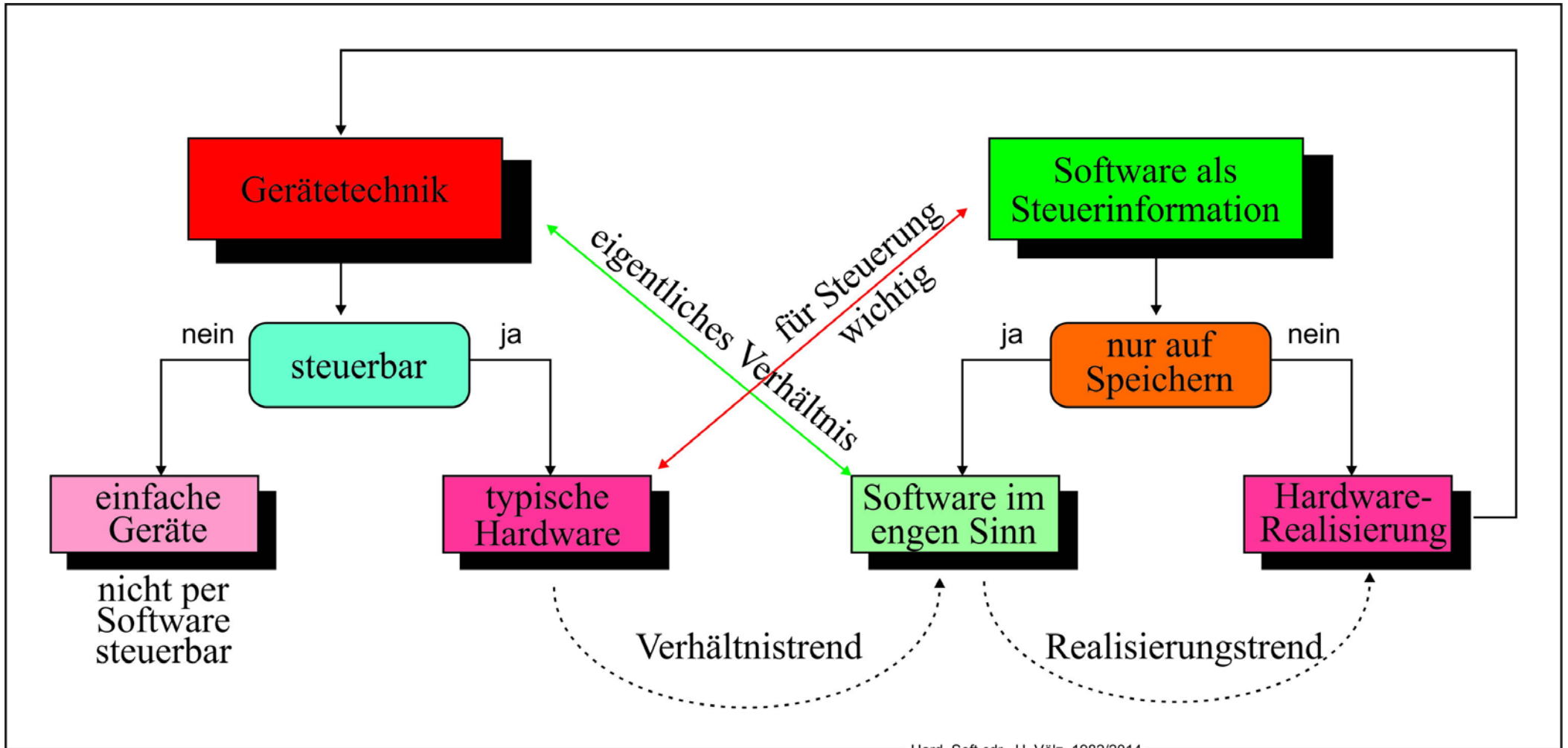
Außerdem weist es deutlich die vielfältigen Zusammenhänge aus.

Hierbei gibt es gewisse **Trends**.

So wird seit langem immer mehr Software in Hardware-Lösungen übersetzt.

Erste Beispiele waren Mikroprogramme (eingeführt 1951 durch MAURICE VINCENT WILKES; *1913).

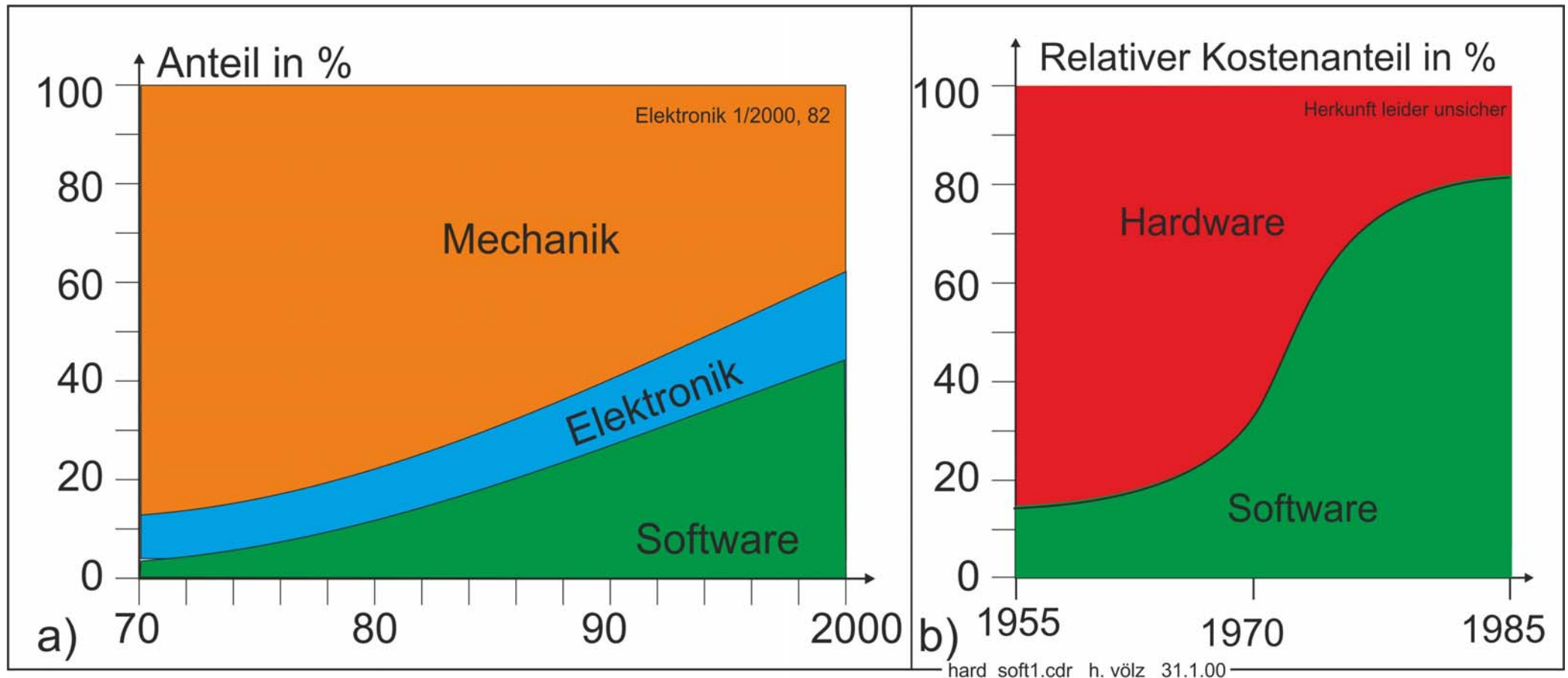
Dann der Arithmetik-Prozessoren (um 1980) und weiter Video-, Audio-Prozessoren, Simulatoren usw.



Software nimmt überproportional zu

Im Laufe der Geschichte wird der Software-Anteil bei vielen Rechnern immer größer. Leider sind hierzu kaum genauere Angaben zu finden.

Zwei gefundene Beispiele zeigt das Bild. a) betrifft die Produktionsanteile und b) die relativen Kosten.



Gegenüberstellung von Hard- und Software

Bezug	Software	Hardware
Gesetze, Komplexität	Gehorcht logischen Gesetzen , dabei ist sehr hohe Komplexität möglich, bringt aber Probleme zu deren Beherrschung, kann so teilweise Grenzen der Hardware (virtuell) unterlaufen.	Folgt physikalischen Gesetzen , meist erheblich begrenzte Komplexität .
Zweck und Einsatz	Ist nur für eine gegebene Hardware (Steuerungs- W-Information) nützlich, ermöglicht dessen Spezialisierung (in Struktur und Funktion) und damit Anpassung an verschiedene Aufgaben. Tendenz zum Universalrechner. Ist ähnlich notwendig wie die Energieversorgung.	Spezialisierte Hardware ist direkt (autonom) nutzbar , aber meist nur im eingegengten Anwendungsbereich. Tendenz zum Spezial-Rechner .
Arbeitsweise	Fast nur sequentiell	Gute Parallelität ist möglich.
Herstellung, Kosten	Durch Programmieren (Simulation, Testphasen), oft schneller herstellbar als entsprechende Hardware, z. T. auch weniger Risiko. Fast nur Lohnkosten sowie Benutzergebühren	Musterbau ; kann auch im Voraus (preiswert!) als Software getestet (simuliert) werden. Löhne, Materialkosten, Vorrichtungen, Maschinenpark, Lizenzen
Vervielfältigung	Sehr einfach, keine Spezialkräfte , wesentlich ohne Material, so gut wie keine Ressource-Grenzen , umweltfreundlich , kein schädlicher Abfall, kein Patentschutz möglich, mit der Folge, dass viel illegale Software benutzt wird.	Verlangt stets Material, umfangreiche technische Einrichtungen mit hohem technisch-technologischen Niveau (nur einmalig) und spezialisierte Arbeitskräfte. Nicht immer umweltfreundlich.
Speicherung, Archivierung	Muss immer in irgendeiner Form gespeichert werden (z. B. Papier oder Datei).	Muster und Konstruktionsunterlagen . Hardware ist größtenteils materialisierte Information.
Individuell	Software ist trivial ununterscheidbar zu vervielfältigen	Jedes einzelne Stück ist individuell kennzeichenbar
Datenschutz, Aktualität	Softwareschutz (Aktivierung usw.) und Pflege (updates). Ist leichter als Hardware auszutauschen .	Patentschutz , schneller (moralischer) Verschleiß , erhebliche Probleme bzgl. der Kompatibilität .

Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberschutz
9. Literatur

Ausweitung der Begriffe

Die Begriffe Soft- und Hardware können sehr vielfältig und durchaus recht allgemein benutzt werden.

Erst ***zwei Anteile*** machen diese Begriffe sinnvoll und können dann weit über den Ursprung hinausführen.

1. ***Hardware*** ist dann immer etwas ***betont Materielles*** mit ***funktionalen steuerbaren Eigenschaften***.
2. Es kann durch Zusätzliches, vorrangig durch ***geistig Ideelles***, nämlich ***Software*** ergänzt werden.

Hard- und Software bilden dann eine ***Einheit***.

Solch ein Ansatz ist im Prinzip ***extrem weit ausdehnbar***.
Beispiele folgen später.

Die deutlich andere Software

Wie oben erwähnt, ist es heute üblich, Dateien aus

Bildern, Musik (mp3), **Filmen, Videos, Texten** usw. als **Software** zu bezeichnen.

Ein wesentlicher Grund hierfür ist die für die Wiedergabe erforderliche Hardware.

Das sind vor allem entsprechenden Wiedergabegeräte oder bei Rechnern Programme.

Für **Text**-Dateien (z. T. mit Bildern) sind noch die eBooks dazugekommen.

Diese Software dient im Gegensatz zur zuvor behandelten W-Software keiner Steuerung.

Sie erzeugt nur Signale, die **gehört, gesehen oder gelesen** werden können.

Daher ist für sie der Begriff **Z-Software** angebracht.

Ob irgendwann einmal auch Software für **Riechen und Schmecken** hinzukommt ist sehr ungewiss.

Komplizierte ist die **Spiele-Software** einzuordnen.

Bei den Aktionen (Handlungen) wird W-Software genutzt

Die möglichst natürlichen Erlebnisse entsprechen eher Z-Software.

Wenn virtuelle Welten erscheinen läge sogar eine spezielle V-Software vor.

Weitere mögliche Software

So werden zuweilen **Noten** als Software für Musikinstrumente und die menschliche Stimme angesehen. Entsprechend sind **Lochbänder** die Software für den WELTE-STEINWAY-Flügel. Sie enthalten eigentlich nur (exakte) Information dafür, wie der jeweilige Pianist gespielt hat. Eigentlich sind sie dafür „nur“ ein Informationsspeicher.

Eigentlich ist eher falsch auch **Bilder, Schall-, Videoplatten, CDs** usw. als Software zu bezeichnen. Dennoch geschieht dies, dabei werden inzwischen auch die Texte von **eBooks** einbezogen (s. u.).

Natürlich gibt es **Grenzprobleme**:

Eine **Messschallplatte** kann z. B. Steuerinformation für einen Messkomplex enthalten. Musik kann unsere Sinne und **Empfindungen** „steuern“.

Extrem ist es, die **Schiene** als „Steuer-Information“ für ein Räderfahrzeug anzusehen.

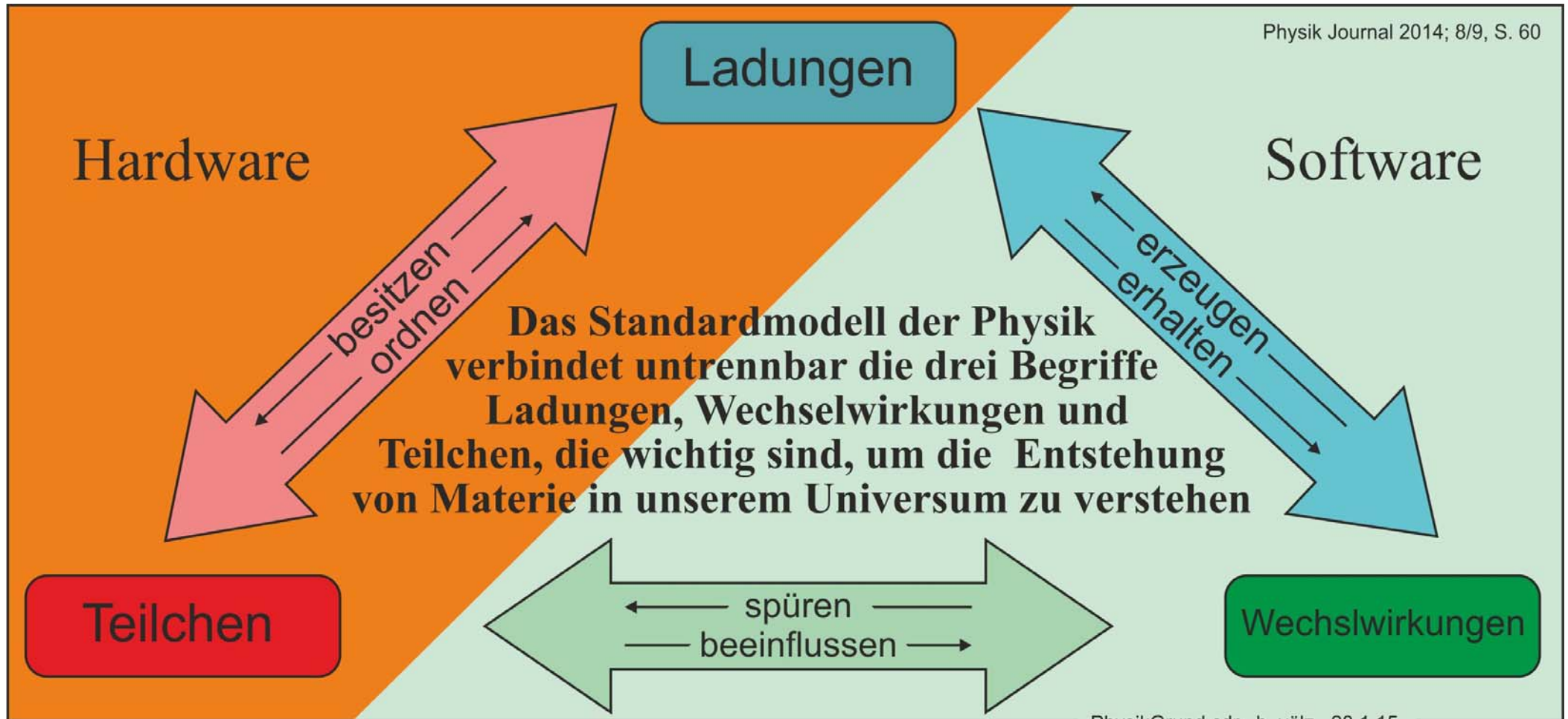
Schließlich sei noch ein möglicher Übergang zur **Biologie und Wirklichkeit** angeführt.

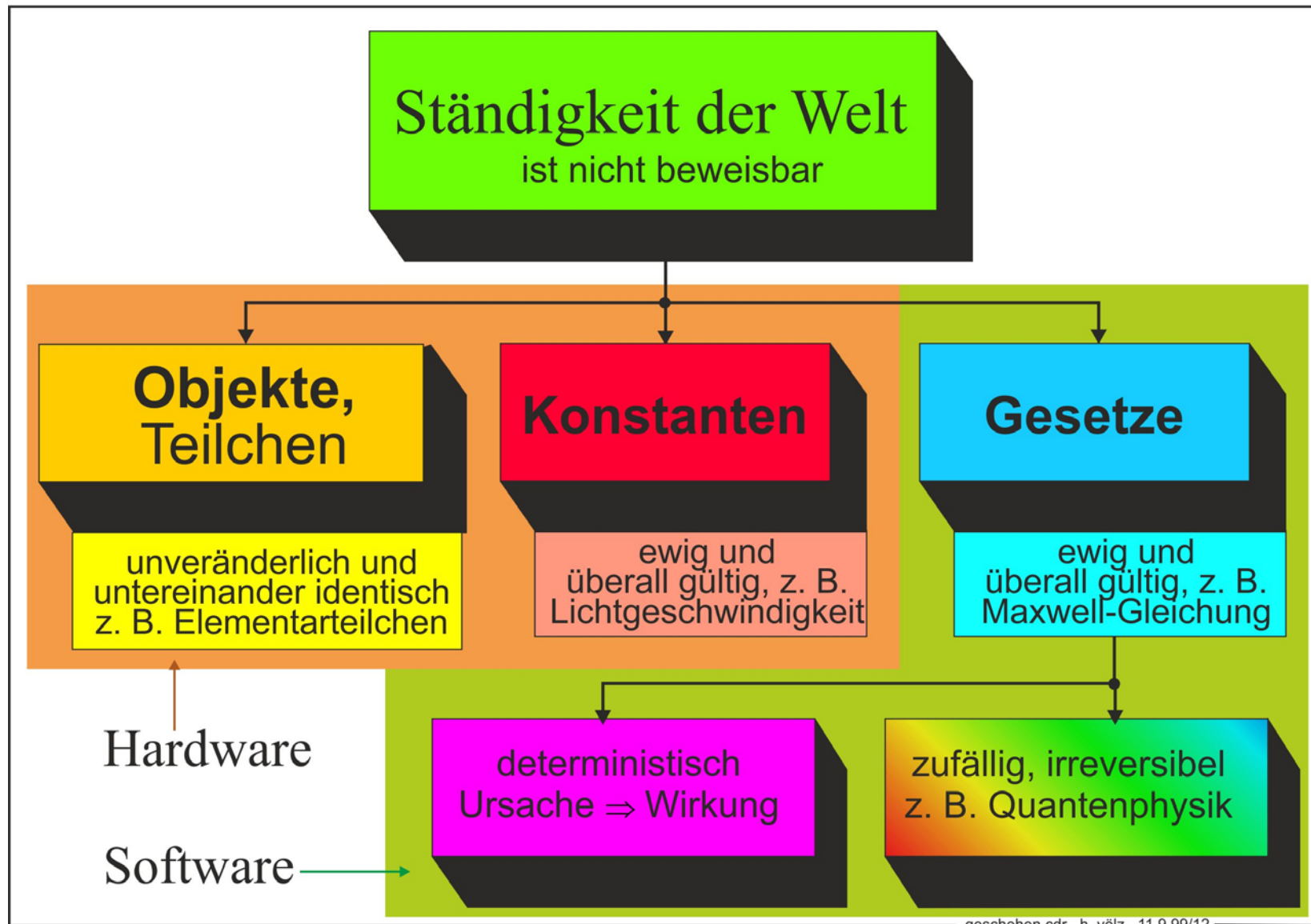
So enthält eine **DNS** sowohl Daten als auch Steuerungs-Information für das jeweilige Lebewesen.

Für die **Natur (Wirklichkeit)** entsprächen so

- die **Konstanten** und Teilchen (einschließlich ihrer Ladungen, Spin usw.) den **Daten**
- die **Naturgesetze** (v. a. Wechselwirkung) eine Steuerungs-Information, also der **Software**.

Hierfür gilt das folgende Bild





Gliederung

1. Bedeutung der Werkzeuge
2. Anleitungen und Hinweise für den Gebrauch
3. Information, Software und Hardware
4. Anfang der Rechentechnik und kybernetische Sicht
5. Elektronik als inhaltlicher Ausgangspunkt
6. Zum Verhältnis von Soft- und Hardware
7. Deutlich andere Software
8. Etwas zum Urheberrecht
9. Literatur

Was ist Neues?

Es ist Etwas, was **bisher nicht dagewesen** ist und einen bestimmbaren „Wert“ besitzt. (s. Patentgesetz)
Dazu müssen die folgenden 4 Punkte erfüllt sein bzw. zutreffen:

1. Es muss der Ablauf einer **gerichteten Zeit** mit „vor und nach“ vorausgesetzt werden, Neues gilt vor allem bezüglich der (bekannten) **Vergangenheit und Gegenwart**. Die **Zukunft** kann nur als **Wunsch** oder **Antizipation** vorkommen.
2. Das Neue ist ein materielles **Objekt**, ein **Ablauf** (Geschehen, Vorgang) oder eine geistige **Idee** (s. u.). Es muss hier und jetzt existieren, d. h. überprüfbar, insbesondere wiedergebbar **gespeichert** sein (s. u.). Etwas, dass schon **einmal da** war, aber nicht mehr verfügbar ist, kann nicht wieder Neues werden.
3. Der **Vergleich** muss bezüglich (aller oder ausgewählter) **Eigenschaften** erfolgen. Generell sollte das Neue bzgl. **Sinn und Zweck oder Nützlichkeit besser** als alles Bekannte sein. **Schlechteres** besitzt üblicherweise keinen „Nutzen“, erbringt also keinen Vorteil, scheidet daher aus.
4. Die **Entscheidung** muss **Alles** an allen (zugänglichen) **Orten** berücksichtigen. Wegen dieser gewaltigen Vielfalt sind **sinnvolle Einschränkungen** erforderlich. Hierbei können **Klassenbildungen** mit Hervorhebung des **Ähnlichen** nützlich sein. Auf jeden Fall müssen die (zu definierenden) „**Vorteile**“ des Neuen verdeutlicht werden.

Beachte: Englisch **News** als Zeitung!

Unterstützung individueller Schöpfungen

Neues wird vorwiegend *individuell geschaffen* aber *kollektiv genutzt*.

Hinzu kommt: Die *individuelle Kreativitätsrate* ist extrem klein (Größenordnung wenige Bit/Jahr)

Deshalb ist eine besondere *Anerkennung und Förderung* der Schöpfer sehr wichtig.

Dazu entstand das *Urheberrecht*, doch es hinkt deutlich der Entwicklung der *Digitaltechnik hinterher*.

Dabei besteht ein erheblicher *Unterschied für Hard- und Software*

Für die *Hardware* entstand vor allem das *Patentrecht*.

Es ist durch die *Einzelfertigung gut überprüfbar*. *Illegaler Nachbau* ist relativ *leicht nachweisbar*.

(Digitale) *Software* ist dagegen ohne Fachkenntnis und komplizierte Einrichtungen sehr *leicht kopierbar*.

Kontrolle des Kopierens und *Nachweis von Kopien* sind praktisch *nicht möglich*.

So entstanden viele *komplizierte Schutzmechanismen*, die fast alle *leicht zu unterlaufen* sind.

Genau diese *Gegensätze* muss wirksamer Softwareschutz *sinnvoll nutzen*.

Die Software ist ja *nur auf und mit der Hardware zu betreiben*.

Das bedeutet, dass sie exakt für *je ein individuelles Gerät* lizenziert werden muss.

Dazu ist ein „*Fußabdruck*“ der *Hardware* in die Software für den Betrieb *zu integrieren*.

So etwas ist *sogar* für *Off-Line-Geräte* leicht möglich.

Die übliche gewordene *Aktivierung übers Internet* ermöglicht dagegen einen *Informationsdiebstahl*.

Freeware mit moralischer Anerkennung der Hersteller ist eine einfachere Variante.

Details hierzu folgen getrennt, sind in Bearbeitung.

Danke fürs Zuhören!

Ich bitte um rege, kritische Diskussion

Literatur

- [1] Kittler, F.: Draculas Vermächtnis - Technische Schriften. Reclam-Verlag, Leipzig 1993
- [2] horstvoelz.de/PDF sonstige/Hard_Soft_Ware.pdf – (Volltext v. 6.8.14), wurde durch [3] und diese Arbeit ersetzt, ist noch beim Autor vorhanden.
- [3] horstvoelz.de/PDF HU/ KybernetikNeu2.pdf – (Vorlesungsfolien v.10.8.14)
- [4] Zemanek, H.: Der Geist in der Flasche. Warum der Computer nicht ausschaut. Informationstechnik 30(1988) 1, 3 - 10.
- [5] Völz, H.: Informationstheorie und Werbung. Neue Werbung 37(1990) 3, 40-44
- [6] Churchland: „Ist die denkende Maschine möglich?“ und
Searl, u. a.: „Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm?“ Spektrum der Wissenschaft, März 1990 S. 40 - 54
- [7] Völz, H.: Grundlagen und Inhalte der vier Varianten von Information. Springer Verlag. Wiesbaden 2014.
- [8] 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. Econ-Verlag, Düsseldorf-Wien-New York-Moskau, 1992
- [9] Shannon, C. E.: Eine mathematische Theorie der Kommunikation. (A Mathematical Theory of Communication) Bell Systems Technical Journal 27 (Juli 1948) S. 379 - 423 und (Oktober 1948) S.623 - 656 (auch University Illinois Press 1949). Teil 2 auch: Communication in the Presence of Noise. Proc. IRE 37 (1949) pp. 10 - 20, (eingereicht 24.3.1940), Übersetzt in:
Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. R. Oldenbourg, München - Wien, 1976
- [10] Dreyfus, H. L.: Was Computer nicht können - Die Grenzen künstlicher Intelligenz, Athenäum, Frankfurt a/M 1989. 1. Aufl. 1985
- [11] Nickel, K.: Die Dualität Hardware – Software. in Nova Acta Leopoldina Band 37.1; Nr. 206; Informatik, J. A. Barth, Leipzig 1972.
- [12] Völz, H.: Information I - Studie zur Vielfalt und Einheit der Information. Akademie Verlag, Berlin 1982.
- [13] Völz, H.: Elektronik - Grundlagen - Prinzipien - Zusammenhänge. 5. Aufl. Akademie Verlag, Berlin 1989
- [14] Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie - Verlag, Berlin 1991,
- [15] <http://de.wikipedia.org/wiki/Hardware>; download 27.7.14
- [16] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 1 Grundlagen und Anwendung in Natur, Leben und Gesellschaft. Shaker Verlag Aachen 2003
- [17] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 2 Technik und Geschichte vorelektronischer Medien. Shaker Verlag Aachen 2005
- [18] Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information Bd. 3 Geschichte und Zukunft elektronischer Medien. Shaker Verlag Aachen 2007