Wolfgang Ernst/Johannes Maibaum (Hg.)

# SPEICHER

Theorie, Technologie, Archäologie Ausgewählte Schriften von Horst Völz

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek\_Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

ISSN\_2367-2013 ISBN\_978-3-89733-520-2

© **projekt verlag**, Bochum/Freiburg 2021 www.projektverlag.de

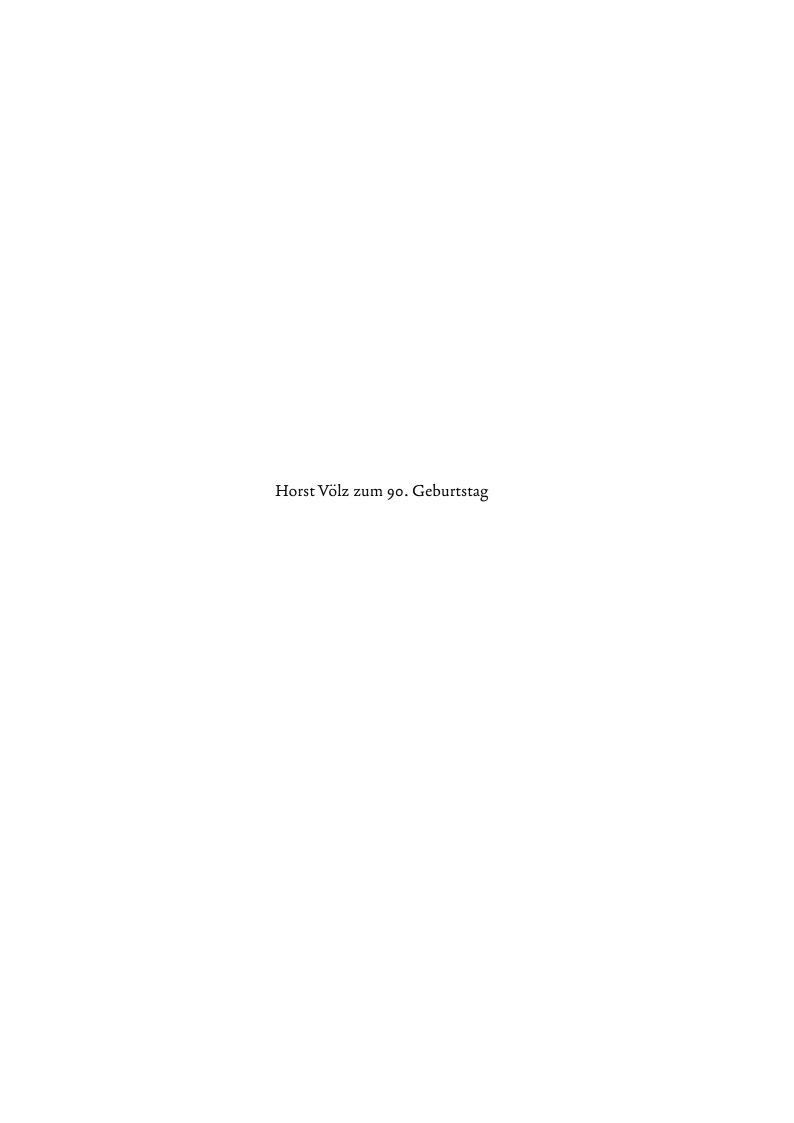
Redaktion\_Stefan Höltgen

Umschlaggestaltung, Layout und Satz\_Sebastian Bach

Umschlagfoto\_Horst Völz

**Schriften\_**Fabiol und Finn von Lazydogs Typefoundry, Telidon Ink von Typodermic, DIN Next Slab von Linotype, Sans Forgetica von RMIT University

Hinweis\_Alle im Buch beschriebenen Verfahren, Schaltungen und Programme wurden nach bestem Wissen auf ihre Korrektheit und Funktionsfähigkeit geprüft. Dennoch kann weder vom Verlag, noch dem Autor eine Funktionsgarantie gewährt oder für Schäden, die durch den Einsatz der beschriebenen Verfahren, Schaltungen und Programme entstehen, gehaftet werden.



## Inhalt

Vorv	vort der Reihenherausgeber	9
Edit	orial	11
1	Speichertexte	15
1.1	Versuch einer Theorie der Speicherung	
1.2	Zum Wert des Buches und der Zeitschrift im Vergleich mit den audiovisuellen Medien	
1.3	Anwendung magnetischer Materialien für die Speicherung von Bildern	
1.4	Einige Grundlagen und Grenzen bei der akustischen Speicherung	
1.5	Informationsspeicherung in Natur und Technik	
1.6	Binäre Schaltungen und Mikroprozessoren	
1.7	Allgemeine Systematik und Grenzen der Speicherung	75
1.8	Möglichkeiten und Grenzen einer Theorie der Informationstechnik (Informationstheorie)	85
1.9	Sammeln und Archivieren neuer Medien	
	Speicher-Dialog	
1.11	Patentschrift 109 959	101
1.12	Nachwort: Was ich an Neuem schuf	117
2	Speicherbilder	125
2	Speichermedien in Bildern	
3	Speicherwissen	145
3.1	Lumped Lines und Bucket Brigades –	
	Verzögerungsleitungen als dynamische Speicher (Johannes Maibaum)	147
3.2	Medien der Zeitaufhebung –	
	Plädoyer für eine Theorie technischer Speicher (Wolfgang Ernst)	165
4	Anhang	179
4.1	Bibliografie	
4.2	Index	
4.3	Internetquellen	
	Textquellen	

## **Editorial**

Während die wissenschaftliche Erforschung von kulturellem Gedächtnis und kollektiver Erinnerung seit Jahrzehnten floriert, fristet die Theorie technischer Speicher nach wie vor ein Schattendasein im öffentlichen Diskurs. Obgleich sie die unabdingbare Voraussetzung der aktuellen Informationskultur darstellen, sind technische Speicher bislang kaum in den Rang expliziter Reflexion erhoben worden. Um dem abzuhelfen, hilft ein Wiedereinblick in die Schriften von Horst Völz, die seit Jahrzehnten nicht an Aktualität verloren, sondern vielmehr gewonnen haben. In Form seines dreibändigen »Handbuch[s] der Speicherung von Information« (Aachen 2003 bis 2007) hat Horst Völz ein allgemein zugängliches, verständliches Grundlagenwerk geschaffen. Wissensarchäologische Juwelen aber sind eine Vielzahl seiner Fachaufsätze, publiziert in diversen, oft entlegenen Organen. Diese werden hiermit einem breiten Publikum wieder zugänglich gemacht – und zwar nicht in geschichtsvergessener Transkription, sondern als Faksimiles der Erstveröffentlichungen in Fachzeitschriften. Von daher erklärt sich das ungewöhnliche Format der vorliegenden Publikation. Damit bleibt die Aura des Archivischen erhalten, in der sich die Speicherthematik selbst als Botschaft artikuliert.

Den Kern der vorliegenden Publikation bilden diese speichertechnischen und -theoretischen Schriften aus der Belegbibliothek von Horst Völz. Mit seiner autobiographischen Skizze »Was ich an Neuem schuf« wird der thematische Fokus dieser Schriften abschließend in den Kontext seiner bisherigen Forschung gestellt. Die darauf folgende Bilderstrecke macht den thematischen Gegenstand anschaulich. Im dritten Kapitel folgen die Beiträge der Herausgeber, die exemplarisch weitere Einblicke in die Thematik geben.

#### Allgemeine Ansätze zu einer Speichertheorie

In »Versuch einer Theorie der Speicherung« (1967)¹ ergänzt Horst Völz die Kommunikationstheorie Shannons² um eine dezidierte Speichertheorie und weist darauf hin, dass alle Informationsübertragung und -verarbeitung von Information von der Existenz von Speichern abhängen. Erstens lieferten Speicher »die Information auf der Sendeseite« des klassischen Kommunikationsmodells »und in sie gelangt die Information gegebenenfalls auf der Empfangsseite.« Zweitens gilt auch für jede Informationsverarbeitung, dass nur solche Pro-

zesse ablaufen können, »bei denen mittels vorhandener (gespeicherter) Gesetzmäßigkeiten (Algorithmen) aus gegebenen, also ebenfalls gespeicherten Informationen neue Erkenntnisse gewonnen werden.«3 Desweiteren werden hier die grundlegenden Speichervorgänge beschrieben: der *Aufzeichnungsvorgang*, bei dem eine zeitabhängige Information in einen ortsabhängigen Speicherzustand transformiert wird. Der Wiedergabevorgang besorgt die entsprechende Rücktransformation des Speicherzustands in Information. Eine Klassifikation theoretisch möglicher und praktisch realisierter Speicher werden vorgenommen. Demnach existieren »irreversible Speicher«, zum Beispiel Bücher und Fotografien, und »reversible Speicher«, die sich vor allem hinsichtlich ihres Energiebedarfs im Speicherzustand unterscheiden. Magnetbänder benötigen keine Energie, in einem Umlaufspeicher hingegen ist eine regelmäßige Energiezufuhr zum erneuten Einspeisen (Auffrischen) der Information nötig. Die letzte Klasse benötigt eine ständige Energiezufuhr. Hierzu gehören die Flipflops. Den Abschluss des Artikels bilden Überlegungen zur physikalischen Obergrenze möglicher Speicherdichte.

Speichertheoretisch interessant sind im Vortrag »Zum Wert des Buches und der Zeitschrift im Vergleich mit den audiovisuellen Medien« (1971)<sup>4</sup> besonders die Klassifikation von Speichertechnologien hinsichtlich der Dimensionen der in ihnen stattfindenden Informationsprozesse, von null-dimensionalen Festwerten (F(o)), über den zweidimensionalen Buchdruck (F(x,y)) bis hin zum vierdimensionalen »echten Stereofilm« (F(x,y,z,t)). Angelehnt an die Frage nach der »Zukunft des Buches«, lotet Horst Völz die praktischen Anschlüsse einer systematischen Speichertheorie aus, konzipiert beispielsweise zentralisierte computergestützte Datenbanken: »Mit ihrer Benutzung wird einmal jedes irgendwie fixierte Werk durch >Anruf< vom Arbeitsplatz oder zu Hause auf dem Bildschirm beziehungsweise im Lautsprecher zu betrachten oder zu hören sein und damit auch für das >Privatarchiv« kopiert werden können.«6 Ganz im Sinne einer transdisziplinären Kybernetik werden Erkenntnisse der Topologie beziehungsweise der Netzwerktechnik, wie »die Berechnungen des kritischen Weges«, auch zur der Verbreitung gespeicherter Werke eingebracht.7 Gegen Ende erfolgt eine systematische Betrachtung der zeitgenössischen, in Konkurrenz zum Buchdruck stehenden Speichertechnologien.

 <sup>»</sup>Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen« 14.3, S. 314-320. In diesem Band: S. 18-24.

<sup>2</sup> Claude E. Shannon. »A Mathematical Theory of Communication«. In: »Bell System Technical Journal« 27.3 (Juli 1948), S. 379-423, und 27.4 (Okt. 1948), S. 623-656. Deutsche Übersetzung in: Claude E. Shannon. »Ein/Aus. Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie«. Hrsg. v. Friedrich Kittler. Übers. v. Helmut Dreßler und Sandrina Khaled-Lustig. Berlin: ВRINKMANN & BOSE 2000, S. 9-100.

<sup>»</sup>Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen« 14.3 (1967), S. 314. In diesem Band: S. 18.

<sup>4 »</sup>Papier und Druck« 20.11, S. 161–166. In diesem Band: S. 26–31.

<sup>5</sup> Ebd., S. 162. In diesem Band: S. 27, Abb. 3.

<sup>6</sup> Ebd., S. 163. In diesem Band: S. 28.

<sup>7</sup> Ebo

»Informationsspeicherung in Natur und Technik« (1976)<sup>8</sup> betont die Schwierigkeit einer allgemeinen Speichertheorie aufgrund der großen Vielzahl unterschiedlicher Verfahren. Daher definiert Horst Völz die »minimal notwendigen Eigenschaften« eines Speichers, die Existenz »statische[r] Speicherzustände in Form stabiler Strukturen« und die Möglichkeit einer Rückumwandlung dieser Speicherzustände in Signale währen eines Wiedergabevorgangs.9 Ein klassisches Beispiel stellen Halbleiterbauteile dar. Hier werden stabile Strukturen im Silizium hergestellt. Durch die weite Definition kommen auch geologische Formationen sowie die Spuren in der Kriminalistik und der Archäologie als Speicherzustände in Betracht. Ein weiteres Beispiel für eine natürliche »Vorstufe der Speicherung« ist »auch der lange Lichtweg in der Astronomie [...] – im Sinne eines Laufzeitspeichers«.10 Ob es sich tatsächlich um einen Speicher im eigentlichen Sinne handelt, hängt dann, so Völz, von der Existenz der Wiedergabevorrichtung ab. Gegen Ende des Artikels erfolgt eine gemeinsame Beschreibung technischer und nichttechnischer Speicher mittels Erkenntnissen der Gedächtnisforschungen aus Neurologie, Genetik und Anthropologie und genuin speichertheoretischen Begriffen.

Angesichts des digitalen Mikroprozessors vertieft Horst Völz in »Binäre Schaltungen und Mikroprozessoren« (1977)<sup>11</sup> seine Überlegungen zur Silizium-Halbleitern und liefert eine grundlegende Einteilung der Digitaltechnik: »Genaugenommen existieren in der binären Technik zwei Grundschaltungen, die kombinatorische Schaltung und der Speicher, aus denen sich dann alle weiteren ableiten lassen.«<sup>12</sup> Er zeigt außerdem, dass sich Speicher und kombinatorische Schaltungen mit Bauteilen der jeweils anderen Klasse erzeugen lassen, beide Strukturen also auch die jeweils komplementäre Funktion erfüllen können. Völz betont, dass die Verbindung zwischen interner Struktur der Verdrahtung und externer Funktion als kombinatorischer oder Speicherschaltung nicht mehr notwendig ein Zusammenhang bestehen muss.

Im Jahr 1979 veröffentlicht Völz die »Allgemeine Systematik und Grenzen der Speicherung«³. Er versucht hier eine erste Zusammenfassung seiner bisherigen Arbeiten zu einer Theorie der Speicherung und prognostiziert, dass die weitere Entwicklung neuer Speichertechnologien hauptsächlich von Seiten der digitalen Rechentechnik ausgehen wird.

Vier Jahre später weist Völz in »Möglichkeiten und Grenzen einer Theorie der Informationstechnik (Informationstheorie)« (1983)¹⁴ angesichts »der rasanten technischen Entwicklung der Mikroelektronik«¹⁵ auf den Bedarf hin, eine »universelle technische Informationstheorie«¹6 zu formulieren, die neben Shannons Theorie der Informationsübertragung auch die beiden übrigen Teilgebiete (Speicherung und Verarbeitung) umfasst. Er konstatiert jedoch, »dass bestenfalls von den Anfängen einer Theorie der Speicherung gesprochen werden« kann.¹7 Bezogen auf eine allgemeine Theorie der Verarbeitung sieht Völz analog zu Gödels Entscheidungsproblem und trotz Schaltalgebra, Automatentheorie und Ansätzen zur Komplexitätstheorie von Algorithmen »Probleme, die an den Grenzen der Grundlagen der Mathematik liegen«¹8</sup>

Ein etwas anderer Blick wird in »Sammeln und Archivieren neuer Medien« (1987)19 eingenommen. Ausgehend von der Nutzersicht schlägt Völz eine Einteilung gespeicherter Informationen in Direkt-(D-), On-Line-(O-) und Computer-(C-)Medien vor. Für das Sammeln und Archivieren von D-Medien wie Büchern oder Bildern existierten »klare Vorstellungen und Methoden«, bei jüngeren technischen Medien jedoch nicht. Für Schallplatten oder Kinofilme, die zu den O-Medien gezählt werden, benötigte man stets auch ein entsprechendes Abspielgerät, das zusätzlich zu den eigentlichen Speichermedien aufbewahrt werden müsse. Noch komplizierter wird es bei den C-Medien, die neben dem eigentlichen Abspielgerät (Bildschirm, Lautsprecher) einen Computer benötigen, der aus den gespeicherten Daten (oder Programmen) die entsprechenden Signale berechnet. Am Beispiel der CD, die sowohl O- als auch C-Medium sein kann, unterstreicht Völz den Vorteil der Gebrauchsperspektive (als Audio-CD oder als CD-ROM) etwa für Sammler.

Im Jahr 1992 lud Joachim Baumann vom ZDF/DS-Kultur Horst Völz zum »Speicher-Dialog«. 20 In diesem Interview bietet Horst Völz eine knappe Zusammenfassung seiner Speichertheorie. Darüber hinaus verdeutlicht das Interview die schwer vorhersagbare Zukunft von Speichertechnologien – ein Hinweis für die Notwendigkeit einer medientheoretischen Beschäftigung mit Speichern.

#### Spezialfälle der audio-visuellen Magnetspeichertechnik

In der »Anwendung magnetischer Materialien für die Speicherung von Bildern« (1974/75)<sup>21</sup> charakterisiert Hörst Völz Informationsprozesse »grundsätzlich als zeitabhängig«. Demgegenüber stehen Speicherzustände, die eben jene »Zeitabhängigkeit zu unterdrücken« haben.<sup>22</sup> In den bestehenden Verfahren der Bildspeicherung und -übertragung werden besonders für magnetische Aufzeichnung eine Vielzahl nötiger Umwandlungsvorgänge festgestellt, wobei der tatsächliche Speichervorgang jedoch grundlegend als »Zeit-Ort-Transformation« definiert wird,

<sup>8 »</sup>Wissenschaft und Fortschritt« 26.6, S. 242–248. In diesem Band: S. 62–68.

<sup>9</sup> Ebd., S. 242. In diesem Band: S. 62

<sup>10</sup> Ebd., S. 246. In diesem Band: S. 66

<sup>11 »</sup>Nachrichtentechnik Elektronik« 27.8, S. 323–327. In diesem Band: S. 70–74.

<sup>12</sup> Ebd., S. 323. In diesem Band: S. 70

<sup>13 »</sup>Die Technik« 34.12, S. 658-665. In diesem Band: S. 76-83.

<sup>14 »</sup>Nachrichtentechnik Elektronik« 33.10, S. 400-403. In diesem Band: S. 86-89.

<sup>15</sup> Ebd., S. 403. In diesem Band: S. 89

<sup>16</sup> Ebd., S. 401. In diesem Band: S. 87.

<sup>17</sup> Ebd

<sup>18</sup> Ebd., S. 403. In diesem Band: S. 89.

<sup>19 »</sup>Radio Fernsehen Elektronik« 36.5, S. 279-280. In diesem Band: S. 92-93.

<sup>20 »</sup>PCpur« 6/1992, S. 22–26. In diesem Band: S. 96–100.

<sup>21 »</sup>J. Signal AM« 3.4, S. 257–287. In diesem Band: S. 34–49.

<sup>22</sup> Ebd., S. 259. In diesem Band: S. 35, linke Spalte.

die »offensichtlich mit dem motorischen Prinzip am einfachsten zu realisieren« sei.23 Der anschließenden Untersuchung des Magnetismus als Speichermedium geht zunächst eine allgemeine Betrachtung der physikalischen Grenzwerte von Speicherdichte und Energiedichte voraus, aus der die theoretischen sowie die zeitgenössisch praktischen Grenzwerte der Magnetbandtechnologie gewonnen werden. Hervorzuheben ist hierbei die Erkenntnis des zunächst scheinbar paradoxen, aber grundsätzlich dynamischen Charakters eines jeden Speichervorgangs, dass nämlich »in der Regel nicht das Speichermedium für die Grenze der Speicherdichte entscheidend ist. Es liegen vielmehr praktische oder z. T. sogar theoretische Grenzen bei der Aufzeichnung und der Wiedergabe vor. «24 Der Artikel liefert einen theoretisch detaillierten, auch medienarchäologisch interessanten Einblick in historische Bemühungen, abseits der heute omnipräsenten hochintegrierten Halbleitertechnik, magneto-optische Speicherverfahren zu entwickeln.

Am Beginn dieses Artikels »Einige Grundlagen und Grenzen bei der akustischen Speicherung«(1974/76)<sup>25</sup> steht eine Gegenüberstellung dreier verschiedener Schallspeicherverfahren: der neuronalen Speicherung, der schriftlichen Speicherung in Notationsform, sowie der technischen Schallsignalspeicherung in ihrer Verbindung zur Physiologie des menschlichen Hörsinns. Horst Völz spricht hiermit vor allem diejenigen (Ton-)Techniker an, welche die Speicherung akustischer Ereignisse zu sehr auf den technischen Aspekt der Wiedergabetreue reduzieren. Sie sollten stattdessen die »künstlerische Gestaltung mit den vorhandenen und offensichtlich schon sehr guten technischen Mitteln« ausbauen.26 Der Artikel schließt mit einer vergleichenden Betrachtung des physiologischen Gehörsinns mit den in den 1970er-Jahren vorhandenen technischen Schallaufnahmeverfahren der Schallplatte, der Audiokassette und den Studiomagnetbändern, inklusive eines kurzen Ausblicks auf Entwicklungen der Halbleitertechnik, wie Eimerkettenspeichern (Bucket Brigade Devices, BBD) und Charge Coupled Devices (CCDs).

Abschließend beschreibt die Patentschrift über ein »Verfahren zur Aufzeichnung und Wiedergabe von Informationen, vorzugsweise in elektromagnetischer Form« (1974)<sup>27</sup> von Horst Völz, Reinhard Straubel und Arnulf Hager ein Speichersystem, das medienarchäologisch interessant Laufzeitspeicher und Magnetband, beziehungsweise -draht, miteinander verknüpft.<sup>28</sup>

Die hier kurz zitierte Auswahl der Beiträge erstrebt eine Balance zwischen der hochtechnischen Diskussion von Speichern und ihrer Nachvollziehbarkeit auch für Nicht-Ingenieure und mathematikfernere Leser. Solch ein Drahtseilakt bestimmt durchweg auch jedes erkenntnistechnisch orientierte Medienwissen, wie es an den Philosophischen Fakultäten gelehrt und erforscht wird. Der vorliegende Band richtet sich damit an Studierende der Medienwissenschaft ebenso wie an kritische Zeitgenossen der aktuellen Medienkultur.

Die vorliegenden Texte lenken die kultur- und medienkritische Aufmerksamkeit ganz bewusst von den vielfältigen Gedächtnis- und Erinnerungsdiskursen hin zu ihrer nondiskursiven Bedingung in technischen Speichern. Die Geschichte des elektronischen Digitalcomputers entbirgt sich unter dieser medienarchäologischen Perspektive ganz wesentlich als die Lösung numerischer Speicherprobleme. Weit darüber hinaus regt diese Blickverschiebung zu einer Diskussion des dramatischen Umbruchs im Selbstverständnis von Kultur an, wie er mit der allumfassenden Archivierung von Gegenwart in der digitalen Aktualität einhergeht.

Berlin, im September 2020 Die Herausgeber

<sup>23</sup> Ebd., S. 264. In diesem Band: S. 36, rechte Spalte.

<sup>24</sup> Ebd., S. 268. In diesem Band: S. 39, rechte Spalte.

<sup>25</sup> J. Signal AM 4.1, S. 25-41. In diesem Band: S. 52-60.

<sup>26</sup> Ebd., S. 33. In diesem Band: S.56, linke Spalte.

<sup>27</sup> DDR-Patent Nr. 109959, veröff. am 20. November 1974 (eingereicht am 29. September 1972) durch Horst Völz, Reinhard Straubel und Arnulf Hager. In diesem Band: S. 102-112.

<sup>28</sup> Eine aktuelle, umfassende Version seiner Speichertheorie dokumentiert er in: Horst Völz: »Speicher als Grundlage für Alles«. Düren: SHAKER VERLAG 2019.



# Speicher-Dialog

Speichern ist ein universelles und uraltes Bedürfnis der Menschheit, um die verschiedensten Dinge zur späteren Verwendung aufzubewahren Dr. Joachim Baumann vom ZDF/DS-Kultur unterhielt sich mit dem Speicher-Experten Prof. Dr. Horst Völz über Speichertechnologien und deren Zukunft.

Dr. Baumann: Der Wunsch nach Informationsspeicherung ist nicht neu, was mehrere zehntausend Jahre alte Höhlenzeichnungen belegen. Neue Techniken, insbesondere der Computer, haben der Informationsspeicherung in kürzester Zeit einen gewaltigen Schub verpaßt. Ist ein Ende absehbar?

Prof. Dr. Völz: Die Zeitmaschine von H.G. Wells demonstriert, was eigentlich Speicherung bedeutet: Zukunft und Vergangenheit in der Gegenwart zu erleben. Das ist sicher ein utopischer Wunsch, doch kann man sich ihm ja von verschiedenen Seiten nähern.

Speichern ist nicht nur Bedürfnis der Menschen, nein, ohne diesen Vorgang könnte die Welt überhaupt nicht existieren. Das Weltgeschehen läuft nun mal in der Zeit ab, und nur die Gegenwart ist uns unmittelbar zugänglich. Damit wir auf die Vergangenheit zurückblicken können, muß von ihr irgendwie – und sei es auch nur in unserem Gedächtnis - etwas erhalten bleiben. Die Archäologie und die Kriminalistik könnten ohne zurückgebliebene, das heißt gespeicherte Spuren überhaupt nicht existieren. Ja selbst das Leben mit der "Erhaltung der Arten" muß hiervon Gebrauch machen. So legte die Natur verschwenderisch in jeder einzelnen Zelle die vollständige Erbsubstanz des Individuums ab. Aber auch über die Einzelindividuen hinaus existiert eine Speicherung. In den Staaten der Bienen oder Ameisen ist durch Arbeitsteilung eine größere Gesamtmenge von Information vorhanden. In diesem Sinne weiß auch die Menschheit weitaus mehr als der einzelne. Das gilt bereits im kleinsten Kollektiv.

Erst relativ spät erfand der Mensch technikartige Prinzipien der Speicherung. So etwas fing wohl mit den Felszeichnungen vor zirka. 50000 Jahren an. Heute besitzt die technische Speicherung eine solche Bedeutung, daß ohne sie kaum ein zivilisiertes Leben möglich ist.

Wenn ich Sie richtig verstanden habe, muß der Speicher-Begriff nicht nur technisch gesehen werden!

Ich denke, man sollte zumindest vier Stufen der Speicherung von Information unterscheiden: die genetische, die neuronale, die kollektive und die technische Speicherung. Über die genetische ist heute im Zusammenhang mit dem genetischen Code bereits soviel bekannt, daß technischen Anwendungen und Mißbrauch

#### Die Gesprächspartner

**Dr. Joachim Baumann** ist Wissenschaftsredakteur beim ZDF/Deutschlandsender Kultur und betreut dort unter anderem die Computersendung "REM".

Prof. Dr. Horst Völz war lange Jahre Leiter des Instituts für Kybernetik und Vorsitzender der Akademie der Wissenschaften der DDR. Er lehrt heute an der Technischen Universität Berlin und gilt als einer der führenden Speicher-Experten.

möglich sind. Die neurale Speicherung dagegen enthält trotz intensiver und erfolgreicher Forschung in den letzten Jahrzehnten noch zahlreiche Rätsel. Die nun intensiv beginnende Verkopplung von mikrobiologischen und informationstechnischen Methoden (Stichwort: neuronale Netze) wird eventuell zu einem schnelleren Verständnis führen. Während es bei der kollektiven Speicherung sogar an grundlegenden Untersuchungen mangelt, wird die technische Speicherung voll ingenieursmäßig betrieben. Sie entwickelt sich so rasant, daß selbst der Spezialist kaum den Überblick behalten kann.

Jede der vier Varianten ist gewiß für sich sehr interessant und kann dem Techniker nützliche Hinweise geben. Was ist aber ihr gemeinsames Prinzip?

In der klassischen Physik ist es möglich, die Zeitrichtung umzudrehen. Völlig anders sieht das im praktischen Leben aus. Ein rückwärts ablaufender Film zeigt uns Ungewohntes oder, anders gesagt, wir kommen mit den physikalischen Gesetzen nicht in die Vergangenheit. Unter Aufhebung des Zeitablaufes muß beim Speichern folglich etwas unveränderlich für die Zukunft aufgehoben werden.

Jeder Speicherung liegen also elementare physikalische Gesetze zugrunde. Wir wollen im weiteren nur die technische Speicherung betrachten. Können Sie auch dafür eine Klassifikation anbieten?

Eine auf lange Frist gültige Systematik der technischen Speicher ist nach meinen Erfahrungen kaum möglich. Es kommen ja immer neue Prinzipien hinzu, die in gegebene einfach nicht passen. Drei Fälle haben sich bisher aber gut bewährt:

- a) Speicherung von statischen Daten (etwa Adressen, Telefonnummern, Meßwerte)
- b) Speicherung von Zeitpunkten aus dynamischen Abläufen (etwa Fotografie, Signalabtastung)
- c) Speicherung von Zeitabläufen (Tonund Bildaufzeichnung, etwa Schallplatte, CD, Film, Video)

Nach dem Speichern existiert die Information in einem statischen Zustand. Für den Anwender ist sie erst dann wieder von Nutzen, wenn die Wiedergabe erfolgt.

Es liegen also bei der Speicherung mehrere Teilprozesse vor. Gibt es hierzu eine allgemeingültige Einteilung?

Grundlegend für die Speicherung ist ein Dreistufenprozeß. Zu Beginn erfolgt natürlich der "Aufzeichnungsprozeß" (Schreiben). Hierbei wird die Information einem Trägermaterial wie zum Beispiel Papier, Film, Magnetband, Halbleiter und so weiter eingeprägt. Der so erreichte "Speicherzustand" soll unveränderlich sein. Er besitzt aber nur potentiell die gespeicherte Information. Soll sie genutzt werden, muß der "Wiedergabevorgang" (Lesen) verwirklicht werden. Hierbei werden die ursprünglichen Daten wieder zurückgewonnen. Oft ist aber keine Aufzeichnung erkennbar. Ich denke dabei an die Zeitung oder Schallplatte. Hier ist doch der Speicherzustand fest vorgegeben. Daher kann ich die Zeitung nur "lesen" und die Schallplatte nur "hören" ...

... hier ist die Aufzeichnung hoch spezialisiert und erfolgt meist industriell. Das ist ein einmaliger und für den Nutzer nicht zugänglicher Prozeß. Und genauso ist es bei den Speichern der Computer- und Ent-Informationstechnik. sprechende Bauelemente werden ROM (read only memory, Nur-Lesen-Speicher) genannt. Das sind Chips, auf denen zum Beispiel das BIOS untergebracht wird. Auch die CD-ROM ist von dieser Art.

Der Aufzeichnungsvorgang kann also sehr unterschiedlich ausfallen. Beim WORM (write once read many, einmal schreiben, mehrmals lesen) oder Lochband kann der Anwender einmalig die Aufzeichnung vornehmen, beim PROM (programmable ROM, programmierbare ROM) wenige Male und beim RAM (random access memory, Direktzugriffsspeicher), bei der Festplatte oder beim Magnetband sogar beliebig oft.

Sie haben damit schon eine weitere wichtige Unterscheidung herausgestellt, nämlich die Möglichkeit, ein Speichermedium zu verändern. Es werden in diesem Sinne reversible (mehrfach beschreibba-

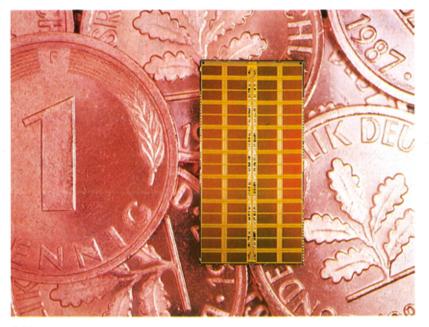
2 ahlort	¥			Vo	lk	S	Ζż	àh	llu	ın	g		
Zahlott  Zah	2					1	9	1	0				
Zahlott  Zah	A			:14	ÖIKE	v19d	0 3	nuy	٥M	121		29	
Zahlort  Zah	ñ	8	Sanst. S	•	-	64	63	4	NO.	9	7	40	Ø
Zahlort  Zah	WORNDNGSSTATISTIK	- Palari	au a	0	-		•	4	ın	9	7	60	6
Zahlott  Zah	ź	-			-	64	ന	.4	ın	9	7	60	0
Zahlott  Zah	Ę	*426M			¥	ŏ							
2 ahlort 2 ablort 2 ablort 3 ablort 3 ablort 3 ablort 4 ablort 3 ablort 4 ablort 5 ablort 6 a	É	-wye,	opp.		-	2	e	•			7		
Zahlort  Zah	-	3	5	•	-	64	es	4	-	_			6
Zahlort  Zah		ART	L 0	U	Σ	20	•	Œ	DGM	E.G.	Dienst	Miet	
2 a hlort 2 a hlort 3 a hl	,	21	1819 X	0	-	64	es	4		ø	7	60	
2 a hlort 2 a hlort 3 a hlort 4 b hlort 3 a hlort 4 b hlort 3 a hlort 4 b hl	AAUSHAEI UNGSSTATISTIK	Pers.	,	•	-			4					
2 ahlort 2 ahlort 3 a	-	ě			-	N	m	4		_	7		
2 a hlort 2 a hlort 3 a hlort 3 a hlort 3 a hlort 4 b h h h h h h h h h h h h h h h h h h	•	disa	,	0	•				w			60	
2 ahlort 2 ablort 3 ablort 4 b a a a a a a a a a a a a a a a a a a	2	å		•	-5-	64	es	4			-		
2 ahlort 2 ahlort 3 a box 1	9	Vieter	,	۰	•	- 2							_
2 ahlott 2 ahlott 3 a b c c c c c c c c c c c c c c c c c c	Z	_	_	0	_		<i>m</i>				-		
2 a hort 2 a hort 3 a b c b a b a	2	Š	٠,	•	-	*	ന	4	43		-	æ	G)
2 a hort 2 a hort 3 a b c b a b a	ij	200		•	-	64	m	4			7	_	
2 a hort 2 a hort 3 a b c b a b a	2	Von	*	0	•	64	m	4					
2 ahlort 2 ablort 3 bot	3	ź	_	•	-	N							_
2 ahlort	ś	Kind.			•	2							
2 ahlort 2. Geb_Jahr 7 Arbeitsort 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6	- 1	-		-	=	•		_	4,	_			
2 ahlort 2. Geb. Jahr Arbeitsort 3. Geb. Jahr Arbeitsort 6. Geb. Jahr Arbeitso	1	_		Œ 10		) h	1 4		Т		_	u	
2 ahlort 2 ahlort 3 b. C.	=	-		_	_	_	_	÷	+	÷	Ē		_
2 a hlott 2 a hlott 3 a hlott 3 a hlott 3 a hlott 4 a a a a a a a a a a a a a a a a a a a		ĕ	E		-			4	•				
A 0 1 0 0 4 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	:	its.		0	-	N		4	•		1		
A 0 1 0 0 4 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	ě		0	-		m	4	5	ø	-	00	ø,
A O L W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A N A D L S W A	?		o	0	•	_	m					-	6
0. 0 0 4 % % % % % % % % % % % % % % % % %	]	Ė	٠ X-		•			-					
0. 0 0 4 % % % % % % % % % % % % % % % % %		eb. ]	> X&		-			_					
A 0 1 0 0 4 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	:					64	(7)	•	u		-	-	_
0 0 0 4 w 4 w w	ļ	75			*			_	_	•	, ;		_
0 0 0 4 w 4 w w			Ë		-			•			-		
0 0 0 0 0 0 0	L L L L L L L L L L L L L L L L L L L	9	-		-	-2	<u>m</u>			_	_		_
	1	Zah	Ģ.		_	~	e.	-			-	00	on
Nr. 16 Deutsche Hollerith Maschinen-Ges.m.b. H. I					•	64	613						
		_	.H.d.	n.29	O-n9	nido	EBM	dfing	lloH	e qo	stus	<b>Q</b> 81	.ıN

#### Lochkarte

Eines der ersten mechanischen Speicherverfahren, das den Erfolg der Firma IBM mitbegründete, var die Erfassung von Daten auf Lochkarten Foto: IBM

re) und irreversible (nur einmal beschreibbare) Speicher unterschieden. Das sind aber nur die Grenzfälle, doch beide Extreme haben ihre Vor- und Nachteile. So können die irreversiblen ROMartigen Medien nicht zerstört oder verfälscht werden. Hier können daher unter anderem keine Viren angreifen. Die reversiblen Medien sind aber notwendig, wenn die Information verändert werden soll, und dies ist ja im Arbeitsspeicher Ihres Rechners fortwährend notwendig.

Besteht dann aber nicht auch die Gefahr, daß sich der Speicherzustand ungewollt verändert? Schließlich müssen wir uns ja auf die Speicherung absolut verlassen



4-Megabit-Chip

Auf diesem Winzling haben 4 Megabit Platz, eine noch weitere Verkleinerung der Speicherbausteine ist physikalisch durchaus denkbar

Foto: IBM

können. Ich finde es schon erstaunlich, daß für die meisten Speichermedien der Datenerhalt für Jahrzehnte garantiert wird, während die Industrie bei Geräten, Konsumgütern und so weiter nur die gesetzliche Jahresgarantie gewährt. Und selbst Papier vergilbt ja.

Es ist auch nicht so einfach, diese Stabilität zu erreichen, wo doch schon ein Sprichwort sagt, daß alles vergänglich sei. Schließlich kennen Sie das Problem beim Rechner. Sie schalten ihn aus, und alle Information aus dem RAM ist unwiederbringlich verloren. Es sind also nur besondere Speicher so leistungsfähig. In erster Linie sind das magnetische und optische, aber nur selten mikroelektronische Speicher.

Da Sie von Ausschalten sprachen, vermute ich, daß hier die Energie wesentlich ist, und gewiß besteht dabei wieder ein Zusammenhang zu den genannten Grundlagen der Physik.

Ja, von der Physik her sind energetisch unterscheidbare Zustände entscheidend, und für ein Verständnis müssen Sie schon einiges an Schulwissen aktivieren. Nehmen wir als Beispiel die binäre Speicherung eines Bit. Hier wird den zwei möglichen Zuständen einer physikalischen Speicherzelle die 0 oder die 1 zugeordnet. Nach der Informationstheorie gehört hierzu ein Energieunterschied zwischen

den beiden Zuständen. Auf dieser Basis lassen sich prinzipielle Grenzen der Speicherung bestimmen. So folgt zum Beispiel, daß in einem Kubikzentimeter maximal 10<sup>21</sup> Bit speicherbar sind. In der Praxis trennen uns von diesem Wert noch Welten.

In den heutigen magnetischen Medien werden Energieunterschiede zwischen den beiden Zuständen benutzt, die etwa beim Zehntausendfachen liegen und daher theoretisch viele Jahrtausende Sicherheit garantieren.

Warum verlieren dann aber die RAM sofort ihre Information, wenn die Stromversorgung ausfällt?

Auch das ist nicht trivial erklärbar. Wir müssen nämlich zwei Energiearten unterscheiden: die funktionell notwendige statische und eine zusätzlich erforderliche, welche die beiden Speicherzustände überhaupt erst schafft. Ich habe mich zunächst auf die funktionell notwendige Energie beschränkt. Nehmen Sie zum Beispiel ein magnetisches Speichermedium. Es ist permament magnetisiert, und nur die Aufzeichnungsenergie kann diesen Zustand verändern und etwa aus einem Nord- einen Südpol machen. Der Grund für dieses Verhalten liegt in der magnetischen Hysteresis.

Da ist also wieder die schon genannte Irreversibiltät. Schließlich bedeutet ja Hysteresis, daß etwas von der Vergangenheit bestehen bleibt. Wir sprechen auch von Nachwirkungserscheinungen. Ähnliches gibt es bei den Halbleiter-RAM also nicht?

Halbleiterbauelemente gehen von Transistoren aus. Diese dienen in erster Linie der Verstärkung von Signalen, die unverzögert und unverfälscht erfolgen muß. Jede Hysterese würde zu starken Signalverzerrungen führen. Verstärkung bedeutet aber, daß sie dafür ständig Energie verbrauchen. Aus zwei Transistoren läßt sich nun durch Rückkopplung ein sogenanntes Flipflop aufbauen. Seine beide Zustände bestehen darin, das der eine oder der andere Transistor leitet. Jetzt ist die Umschaltenergie unsere erwähnte Grenzenergie. Sie ist für die Speicherung funktionell notwendig. Die Energieversorgung des Flipflop ist also eine Zusatzenergie, die es überhaupt erst ermöglicht, daß die beiden Speicherzustände auftreten. Beim Magneten ist eine solche Zusatzenergie nicht erforderlich. Deswegen verliert der Halbleiter-RAM seine gespeicherten Informationen, wenn Sie "das Licht ausknipsen".

Halbleiterspeicher gehen also von Hause aus mit der Energie verschwenderischer um. Sie erwähnten aber eine theoretische Grenze der Speicherdichte. Wenn ich da an das fast explosionsartige Anwachsen von Informationen denke, die verarbeitet und gespeichert werden sollen ...

... und deshalb möchte man ja schließlich immer mehr Information in ein immer kleineres Volumen unterbringen. Das bedeutet, daß ständig die Speicherdichte erhöht werden muß. Die Zelle für ein Bit wird immer kleiner. Wenn dies nicht der Fall wäre, hätten wird nicht die gewaltige Entwicklung unter anderem der Halbleiterspeicher erlebt ...

... ja, auf einer Diskette bringen wir heute Megabytes unter, vor ein paar Jahren waren es nur 100 Kilobyte. Auch die Festplattenentwicklung spiegelt dies deutlich wieder, und bei den optischen Platten wird heute nur noch von Gigabyte gesprochen. Da erhebt sich doch die Frage, wie weit das noch zu treiben ist?

Das führt uns wieder zur Energieschwelle. Sie zeigte, wieviel Energie je Bit erforderlich ist. Anderseits wissen wir aber aus der Physik, daß in jedem Material nur eine bestimmte Energiedichte möglich ist. Wird sie überschritten, so wird das Material zerstört. Damit wird nun auch die praktikable Grenze der Speicherdichte berechenbar und zwar, wenn wir wissen, wieviel Energie je Bit verbraucht wird. Da schneiden natürlich die Halbleiterspeicher mit ihrer zusätzlichen Energie erheblich ungünstiger ab als magnetische Speicher, welche nur die funktionell notwendige Energie verwenden.

Die langfristige Zukunft gehört also nicht den Halbleitern?

Das folgt daraus noch nicht. Sie sind ja heute wegen ihrer hohen Geschwindigkeit unentbehrlich – für die Archivierung aber nicht vorteilhaft. Hier haben zur Zeit magnetische und optische Medien erhebliche Vorteile.

Wie geht es also weiter mit den Speichern, sagen wir etwa für die Zeit um die Jahrtausendwende?

Über einen Zeitraum von rund zehn Jahren ist bei der rasanten Entwicklung der Speicher eine Prognose natürlich schwierig und mit großen Unsicherheiten behaftet, zumal es dabei nicht um eine nur quantitative Fortsetzung gehen kann. Es kommen mit Gewißheit neue Qualitäten hinzu. Lassen Sie mich unter diesen Einschränkungen bei den Halbleiterspeichern beginnen. Ein heutiger PC dürfte dann einen Arbeitsspeicher von einem

Gigabyte besitzen. Dabei werden wahrscheinlich auch neue interne Zugriffsprinzipien existieren. Vielleicht eine leistungsfähige "Assoziativspeicherung". So erhebt sich denn die Frage, ob überhaupt noch so etwas wie eine Festplatte erforderlich ist. Vielmehr wird es notwendig sein, diese Datenmenge zu Beginn einer Schicht von einem Archivmedium zu laden und am Ende dorthin mit allen Veränderungen zurückführen. Das bringt extreme Forderungen an die Geschwindigkeit und Sicherheit der Datenübertragung.

Und welche Archivierungsspeicher vermuten Sie für diese Anwendung, die doch eine gewaltige Weiterentwicklung der heutigen Streamer darstellen würden?

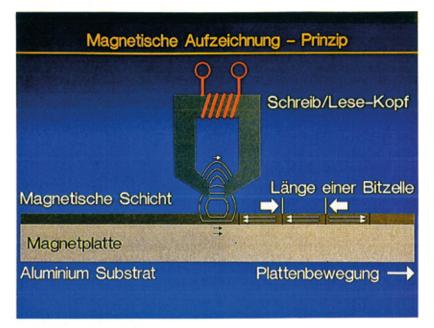
Ich setze zunächst einmal voraus, daß zu diesem Zeitpunkt noch keine echten Volumenspeicher existieren. Darunter verstehe ich Speicher etwa folgender Art: Ich habe einen großen Kristall mit Speichereigenschaften. In ihm kann ich durch Änderung der Brennweite einer Optik und durch Lichtablenkung jeden Punkt ansteuern, dort aufzeichnen und wiedergeben. Alle sonstigen Verfahren müssen nämlich an einer Oberfläche aufzeichnen und wiedergeben. Für die Archivierung ist aber anderseits das Volumen begrenzt. Unter diesen Bedingungen hat das Band vorteilhafte Eigenschaften. Hier wird das größte Verhältnis aus Oberfläche zu Vo-



#### Floptical Laufwerk- und Diskette

Eine der neusten Speichertechniken: Optische Spurführung bei magnetischer Speicherung bringen bis zu 21 Megabyte auf eine 3,5-Zoll-Diskette





Funktionsprinzip einer Festplatte

So funktioniert das Speichermedium, das sich mittlerweile in fast jedem PC befindet: die Festplatte

Bild: IBM

lumen wirksam. Außerdem ermöglicht es viele (hunderte) paralleler Spuren, wodurch eine hohe Datenrate erreichbar ist.

Sie prognostizieren also die Ablösung von Disketten, Festplatten und optischen Plattenspeichern durch das Magnetband?

Das habe ich damit nicht unbedingt gemeint. Denn ein Band kann auch optisch oder magneto-optisch speichern, und das wäre schon eine neue Qualität. Weiter wäre ein Verfahren denkbar, das wir im Labor bereits in den 60er Jahren erprobt haben. Es arbeitet mit speziellen ferromagnetischen Laufzeitkabeln und er-

reichte Datenraten, die wir damals überhaupt nicht bearbeiten konnten. Ich will also damit nur eine qualitative Änderung Speicherprinzipien andeuten. Schließlich möchte ich aber auch noch hinzufügen, daß es so gut wie kein breit eingeführtes technisches Produkt gibt, das vollständig abgelöst wurde. Zuweilen nannte man als Ausnahmen das Gaslicht, die Dampfmaschine, den Zeppelin und die Lochkarte. Alle breit eingeführten Produkte haben immer Nischen gefunden, in denen sie erfolgreich weiterleben. Das wird dann gewiß auch für Festplatte, optische Platte und Diskette gel-

	AND RESIDENCE OF THE PARTY OF T	CALLED CONTRACTOR AND ADDRESS OF THE PARTY O	CONTRACTOR SANCTOR SAN
Speicherme	dian im gaco	hichtlichen	Hharblick
Sheirileitile	uicii iiii yest		Onei niick

ab 50000 v.Chr.	Felsbilder und Höhlenzeichnungen (Sahara, Australien, Frankreich)
3000 v.Chr.	erste Schriftzeugnisse (Vorderer Orient)
1445 n.Chr.	Buchdruck mit beweglichen Lettern (Gutenberg)
1875	Edison erfindet die Schallplatte
1900	Entwicklung eines Draht-Magnet-Speichers durch Poulson
1905	die Odeon-Schallplatte (Schellack) geht in Produktion
1925	Pfleumer erfindet das Magnetband
1935	Kodak und Agfa bringen den ersten Farbfilm auf den Markt
1951	die Langspielplatte löst die Schellack-Platte ab
1956	die Firma Ampex stellt den ersten Videobandspeicher vor
1962	Philips präsentiert die Compact-Kassette
1965	IBM entwickelt eine Wechselplatte
1970	die ersten Diskettenspeicher werden angeboten
1973	IBM stellt die erste Festplatte unter dem Namen
	"Winchesterspeicher" vor
1982	die Compact Disc (Audio-CD) erblickt das Licht der Welt
1987	erster erfolgreicher Einsatz von Optischen
	Speicherplatten (Optical Discs)



### 4.2 Index

Personennamen (Nachname, Vorname)

Ardenne, Manfred von 42, 119, 183, 188

**Aristophanes** 28

Babbage, Charles 132, 167, 173, 175

Baudot, Émile 133

Baumann, Joachim 12, 96, 122, 184

Behm, Alexander 151 Benjamin, Walter 166 Bergson, Henri 166 Berliner, Emil(e) 57

Bessel, Friedrich Wilhelm 118 Boltzmann, Ludwig Eduard 22, 64, 79 Bongard, Mikhail Moiseevich 87

Boole, George 120

**Braun, Ferdinand** 40, 42, 168

Brown, Robert 20 Bush, Vannevar 174

Campbell, George 149-153, 159, 161-163
Campbell-Kelly, Martin 157 [FN], 158 [FN], 163 [FN]

Carnap, Rudolf 87

Carnot, Nicolas Léonard Sadi 86

Chun, Wendy 147, 158 [FN], 162 [FN], 168 [FN],

174 [FN] **Curie, Marie** 46

Doppler, Christian 155 Eckert, John Presper 157f.

Edison, Thomas Alva 42, 53, 100, 128, 166

Escher, Maurits Cornelis 120

Fano, Robert 86

Faraday, Michael 42, 46f., 148-150, 161

Fechner, Gustav Theodor 121 Foerster, Heinz von 172 [FN], 173-175

Foucault, Michel 165
Frank, Helmar 54, 121
Fresnel, Augustin Jean 47
Gábor. Dennis 86

Gauß, Johann Carl Friedrich 86 Ginsburg, Charles Paulson 42

Goody, Jack 173

Gödel, Kurt Friedrich 12, 88, 163 [FN]

Gutenberg, Johannes 60, 100

Haeckel, Ernst 120

Hager, Arnulf 13, 102, 119, 188
Halbwachs, Maurice 176
Hammond, Laurens 159 [FN]
Hartley, Ralph Vinton Lyon 86
Heaviside, Oliver 149f., 161
Heidegger, Martin 171
Heider, Fritz 174

Heisenberg, Werner Karl 81 Heising, Raymond 151f. Hollerith, Herman 132 Honecker, Erich 143

von Hornbostel, Erich Moritz 151

Horner, William George 88

Hubbard, Francis Alley 150f., 153

Huffman, David Albert 86

Husserl, Edmund 176

Huygens, Christiaan 42 Jacquard, Joseph Marie 132

Kerr, John 42, 47f. Kilburn, Tom 158

Kilburn, 10m 15 Kilby, Jack 142

Kittler, Friedrich 148, 154, 156, 162

Kohonen, Teuvo 174

Kotelnikow, Wladimir Alexandrowitsch 86

Küpfmüller, Karl 86, 148 Lacan, Jacques 176

Leibniz, Gottfried Wilhelm 172, 188 Link, David 174, 153 [FN], 155, 158, 163

Lord, Albert Bates 53 Mathes, Robert 152f. Marko, Hans Alex 87

Markov, Andrei Andrejewitsch 167 de Martinville, Éduard-Léon Scott 166

Mauchly, John W. 157f.

Maxwell, James Clerk 149f., 161f.

McCulloch, Warren 174
Mealy, George H. 72
Metz, Cade 147, 162
Meyer-Eppler, Werner 166f.
Miyazaki, Shintaro 148, 158, 161
Möbius, August Ferdinand 165
Moore, Edward Forrest 72
Murray, Donald 133

Nelson, Theodor Holm 174 von Neumann, John 119, 156, 174, 176, 187

Nipkow, Paul 40, 42 Nyquist, Harry 159 Parikh, Jay 147, 162 Pfleumer, Max 100 Pitts, Walter 174 Planck, Max 38, 40, 64

Percival, William Spencer 153-156

Poe, Edgar Allan 172 Poulsen, Valdemar 42, 100

Preisach, Ferenc (Franz) 118, 181, 183, 185, 189

Presley, Elvis 159 Rényi, Alfréd 87

Ruttmann, Walter 159 [FN] Sangster, F. L. J. 159-161 Schaefer-Ast, Albert 44

Schrödinger, Erwin Rudolf Joseph Alexander 82 Shannon, Claude Elwood 11f., 27, 86f., 89, 118,

120, 151, 154f., 159, 162, 167f., 170, 172

Simondon, Gilbert 174

Straubel, Reinhard 13, 102, 188

Taylor, Brook 88 Teer, K. 160

Turing, Alan Mathison 88, 156, 158, 163 [FN],

167-169, 172

Verdet, Marcel Émile 47 Vico, Giambattista 173 Voigt, Woldemar 47, 148, 186 Weber, Ernst Heinrich 121

Weiss, Peter 45

Weiss, Pierre-Ernest 20 Wells, Herbert George 62, 96

Wertheimer, Max 151

Whittaker, Edmund Taylor 118 Wiener, Norbert 169f., 172, 176 Williams, Frederic Calland 158, 168

Zuse, Konrad 168

Zworykin, Vladimir Kosma 42

#### Firmen und Institutionen

Agfa 100

Akademie der Wissenschaften der DDR 26, 76

[FN], 96, 181f.

Ampex 42, 100

Atari 122f.

Bell Laboratories 149-151, 153f.

Commodore 122

CONTINA, Bureaux- und Rechenmaschinenfahrik 175

Department of Scientific and Industrial Research 154

Deutsche Physikalische Gesellschaft 184f. Deutschlandsender Kultur 12, 96, 122

**Dolby** 57, 59, 119

**DT64** 189

Electric and Musical Industries (EMI) 153f.

Europäische Union (EU) 176

Exacta 129

 $\textbf{Facebook}\ 147, 162$ 

Film- und Fernsehverband der DDR 121

Fortuna 129

Gesellschaft für Informatik 122

**Grundig** 118

 $\textbf{Heinrich-Hertz-Institut (West-)} \textbf{Berlin} \ 118, 184$ 

Hewlett-Packard 77, 123

**IBM [International Business Machines]** 97f., 100, 119, 122, 131-133, 185, 187

Institut für Architektur und Städtebau 121 Internationale Intermag-Tagung 118f., 183,

Kabelwerk Oberspree 119

Kodak 100, 182

Kombinat Mühlhausen 123

Microsoft 133

Ministerium für Volksbildung der DDR 122

**MITS** 188

Moog Music Inc. 161

Museum für Geschichte 122

Musikhochschule Hanns Eisler 60, 121

Nixdorf 9, 134f., 138

**Odeon** 100

Ohrenklinik Greifswald 117f.

OIRT [Organisation Internationale de Radiodiffusion et de Télévision, Internationale Rundfunk- und Fernsehorganisation] 45

**ORWO** 118f., 186, 189

Royal Air Force 154

Technische Universität Berlin 96, 187

Telefunken 118

Texas Instruments 142

Philips 100

Philips Research Laboratories 160

Physikalisches Institut, Greifswald 117

Physiologisches Institut, Greifswald 185

Planetarium am Insulaner, Berlin 119, 187f.

Radio DDR 2 122

Schoppe & Faeser 137

Sinclair 122

Urania 122, 184-186

Western Electric 150-152

VUZORT, Prag 182, 185f.

**ZDF** [Zweites Deutsches Fernsehen] 12,96

#### Medientitel

Atlantic Monthly (Zeitschrift, USA) 174

**Bell Systems Technical Journal** (Zeitschrift, USA) 151

»Die Beneidete« (Albert Schaefer-Ast, Karikatur, 1926) 44

»Freiherr von Münchhausen« (Erzählsammlungen von Gottfried August Bürger, 1786) 62

»Hase und Igel« (Fabel) 170

»Krupp und Krause« (Fernsehfilm in fünf Teilen, DDR 1969) 29

»The Raven« (Edgar Allan Poe, Gedicht, 1845) 172

»TEXOR« (Computerprogramm) 123

»Weekend« (Walter Ruttmann, Hörspiel, 1930) 159 [FN]

Wired (Zeitschrift) 147

#### Schlagworte

3,5-Zoll-Diskette s. Diskette

Abbild 104f.

**Abbildung** 36, 41, 56

**Abgrenzung** 34f., 52, 92, 184, 186

Ableitung 79, 82, , 105f.

Ablenkfrequenz 123

**Ablenkung** 21, 36f., 78, 81, 99

**Abmessung** 40, 44, 73, 103

**Abstand** 36f., 68, 82, 86, 92, 103, 150, 154f., 157f.

Abtasttheorem 72, 159, 166

**Abtastung** 27, 41, 65, 72, 76, 80, 97, 112, 166, 188

Adresse 37, 71f., 78, 97, 158, 172

Akkumulator 77, 79

**Aktualität** 11, 13, 169

**Akustik/akustisch** 13, 51-60, 68, 117, 119, 148-154, 157, 159, 161f., 166, 168, 173, 181-189

Algebra, Boole'sche 120

**Algorithmus** 11f., 18, 86, 88, 121, 155, 158, 163, 177

Alter 34, 53, 68, 122

**Amplitude** 47f., 57, 103–105, 117f., 150, 153, 155, 161, 183; **A.enstufe** 57, 59, 119

analog/Analoges 36, 57, 60, 73, 81, 83, 87, 92f., 120, 130f., 154, 156, 159-162, 165-173, 176, 188; A.rechner 131f. 171

**Analogie** 27, 30, 86, 88, 92, 148f., 152, 160, 163, 167

Anatomie 31 [FN], 55, 88, 120, 186

Änderung 18–21, 26f., 36, 46, 57, 70, 72f., 78f., 80, 83, 99f., 105, 136, 183

Anfang 36, , 40, 45, 68, 72, 104f., 152

**Anordnung** 21, 26, 40, 63, 65f., 77–79, 81, 106, 148, 151, 171, 181

Anpassung 29, 52, 57, 67, 106, 181, 183

Ansatz 59, 87-89, 123, 157, 185, 187

Antenne 104, 154f.

**Anwendung** 12, 19, 21, 32, 28, 33-49, 66, 72-74, 78f., 96, 99, 121f., 147, 149f., 167 [FN], 181, 183-185

**Anzeige** 72, 92, 106, 117, 188

**Apparat/Apparatur** 30, , 76f., 132, 148f., 151, 154 [FN], 166, 174

**Arbeitsspeicher** 79,,97,99,176

Archäologie 9, 12, 96, 165 [FN], 172

**Archiv** 9, 11, 27, 28, 30, 39, 81–83, 165f., 168 [FN], 169–177; **A.ierung** 12f., 45, 58, 91–93, 99, 147, 184

artificial line 150-152, 159, 161f.

**Assembler** 123, 168, 170

Assoziativspeicher 99

 $\textbf{Astronomie}\ 12,66\ ,106$ 

Atmung 54f.,

Atom 20, 23, , 82

Audiotechnik 41, 44, 58f.

Aufbau 41, 46, 70f., , 117, 142, 156, 171

**Auflösung** 30, 40f., 45f., 48, 55, 57, 63

Aufmerksamkeit 13, 29, 55, 57, 87, 168

**Aufnahme** 13,27,30,34,37,40-43,45,55,56 [FN], 58,65,76,78,80,93,122,128,159,166f.,172

Aufwand 29, 45f., 52, 57, 63, 73, 88, 155, 171, 189

Aufzählung 23, 26, 78

Aufzeichnung 12f., 20, 23, 27, 29, 30, 34–48, 52f., 56–59, 62, 64–66, 68, 70–72, 79f., 83, 87, 93, 97–99, 102–107, 118, 155, 165 [FN], 166, 173f., 176, 181–189; (hand-)schriftliche A. 44, 93, 117; A. verfahren 103, 105, 107; A.vorgang 11, 19, 63, 77f., 81.

**Auge** 1855, 63, 72, 93, 117, 167

**Ausbildung** 53, 67, 76, 122f.

Ausbreitungsgeschwindigkeit 62, 105-107

Ausführung 48, 87, 106, 158

**Ausgang** 36, 56, 62, 66, 70f., 77f., 87, 105, 155-158, 167; **A.sinformation** 19, 27, 87; **A.ssignal** 70f., 78, 87

Auslösung 30, 40f., 45f., 48, 55, 57, 63

Ausnutzung 58, 86, 155

**Aussage** 36, 38, 58, 63, 68, 86, , 87–89, 121f., 149, 162, 166, 183

Ausstellung 28, 42, 58, 186, 187

Automat 72, 88; A.entheorie 12, 73

**Autor** 26-28, 30, 54, 57f., 68, 70, 86, 88, 119, 171 **Band** 21, 28, 38, 44f., 52, 76, 82, 99f., 153, 167, 169, 181, 188

Bandbreite 41f., 73, 86

BASIC 9, 122, 133, 170f.

Basis 73, 83, , 87, 119f., 142, 162, 173, 189

**Bauelement/Bauteil** 12, 20, 53, 62, 68, 70, 82, 97f., 129, 134, 136, 142

BBD s. Bucket-Brigade Device

**Bedeutung** 18, 21, 26-31, 35, 38, 41f., 46-48, 53, 55, 57-59, 63, 66f., 72-74, 76f., 83, 86, 88, 93, 96, 148, 151, 156, 185, 187

**Bedingung** 13,55,62-64,67,73,82,99,148,151, 156.161,171,174,176

**Bedürfnis** 59, 62, , 76, 86, 96

Beeinflussung 19, 21, 26, 28, 37, 71, 83, 162

Befehl 73, 87, 135, 138, 168, 171, 176

Begrenzung 21, 59, 103, 105, , 177

**Begriff** 12, 18, 26, 27, ,65, 67f., ,71, 73, 78f., 86-88, 92, 96, 119f., 148, 158, 162, 166f., 169, 172, 176, 189

**Berechnung** 19, , 28, 86, 117–119, 157, 159, 162,

**Bereich** 23, 35, 42, 45, 47, 56–58, 83, 88, 104–106, 120, 130, 154, 161, 163, 176

**Beschreibung** 12, 18, 26, 29f., 77, 117, 150, 152, 161–163, 167, 173, 176

Besonderheit 27, 45, 56, 68, 122

Bestand 67

**Betrachtung** 11, 13, 23, , 29, 36, 39, 45, 53, 57, 63, 66, 70, 72, 77, 79, 87, 119–121, 165, 182–184, 186

Betrieb 58, 67, 122, 161

**Bewegung** 20f., 23, 31, 36f., 39, 43, 55, 76–79, 81, 163, 166; B.sart 20f.

**Bewertung** 26, 44, ,83, 88, 121

**Bibliothek** 28, 30f., 46, 56, 82, 92, 123, 172, 174, 185

Bild 18, 26, 30, 34f., 40, 58f., 79f., , 82, 122, 155, 170f., 174, 184; B.aufnahmeröhre 37, 40-42, 78; B.aufzeichnung 34-36, 38, 40, 44f., 97, 186; B.platte 30, , 36-38, 40, 42, 45, 48, 57, 59, 82f., 92; B.punkt 30, 36-38, 40f., 43, 48, 72, 76, 83; B.schirm 12, 28, 30, 35, 92, 147, 154f., 170f., 184; B.speicherung 12, 34-38, 40, 42, 45, 48, 78, 170, 182; B.stand 45; B.struktur 122; B.wiedergabe 27, 36, 65

Bildtelegraf/Bildtelegrafie 27, 34f., 40, 65, 80

**Bit** 21–24, 38–41, 46, 53, 58f., 63f., 67, 71, 73f., 77–83, 86–88, 98f., 103–105, 120, 136, 143, 169f., 184. 188f.

**Buch** 12, , 18, 26–31, 56, 58, 62, 72, 77, 83, 92, 175, 183, 189; **B.druck** 11, 20, 31, 38, 56, 68, 76, 78f., 82, 87, 93, 100, 186; **B.stabe** 27, 31, 37, 52f., 65, 68, 80, 122

Bucket-Brigade Device (BBD) 13, 147f., 152-

CCD s. Charge-Coupled Device

**CD-ROM** 12, 83, 92, 97

CD s. Compact Disc

Charge-Coupled Device (CCD) 13,36,41,49,59,83 Chip 37,73,78f.,82f.,97f.,123,142,148,161,163

Chromosom 53, 68, 77

clutter 154f., 157, 162

**Code** 63, 86, 88, 96, 120f., 123, 133, 163, 167, 170f., 173f.

Codierung 72, 86f., 89, 121, 173; C.stheorie 86, 89

Compact Disc (CD) 12, 92f., 97, 100, 152, 184

Compactkassette 13, 30, 38, 42, 44f., 52, 55, 57f., 82, f., 93, 100, 122, 182, 186

Computer 9, , 12, 92f., 96f., 122, 130, 156 [FN], 162f., 167, 170f., 173–176, 187; C.speicher 157, 159, 171

CPU s. Zentraleinheit

Dämpfung 57f., 105, 107, 150f.

Darsteller 27, 53

**Darstellung** 27, 31, 53, 57, 86, 88, , 154f., 167 [FN], 181, 184–186

Daten 12, 21f., 42, 45, 47, 55, 58f., 67, 73, 79, 92f., 97, 120, 133, 135, 137, 139, 143, 147, 155, 166, 168, 170–172, 175f., 182, 184, 186–188; D.bank 11, 28–30, 57, 68, 175; D.speicher/D.speicherung 36, 38, 83, 137, 172, 174, 176, 184–186; D.übertragung 121, 163, 165; D.verarbeitung 24, 38, 45f., 48, 63, 83, 103, 106, 132, 134, 170; D.wort 158, 161f.

**Dauer** 105, 107, 153, 156, 172; **D.magnetismus** 23, 38

**DDR** 9, 31, 34 [FN], 45, 119, 121–123, 143, 187, 188

Decoder 71f., 86

**Definition** 12, 27, , 36, 63, 70, 86, 156, 165, 169, 172, 176

**Deskriptor** 70, 86, 88

**Detail/detailliert** 9, 13, 29, 58, 64, 67, 118, 121, 123, 158, 174

Diagramm 27, 46, 57, 65, 80, 106, 118, 159, 166f., 174, 185

**Dichter** 27, 53

Dielektrizitätskonstante 20, 105f.

digital 22, 34, 65, 81, 87, 120, 147, 157 [FN], 161, 173; D. Signal Processing (DSP) 148, 161, 163; D.computer 130, 133, 148, 156-159, 161-163, 165, 167f.; D.isierung 83, 117f., 122, 171, 182; D.technik 83, 93, 118

**Dimension** 11, 18f., 27, 35, 37, 47, 63, 78, 80, 103, 148, 153, 168, 188

Diskette 92f., 98-100, 184, 186

**Diskret** 81, 86, 120, 150, 157–162, 166–168, 171, 173, 176f.

Diskurs 11, 13, 161, 165f., 173

**Diskussion** 13, 21, 55, , 158 [FN], 182, 186

**Dokument** 9, 64, 79, 138

**Dokumentation** 13 [FN], 31, 34, 42, 88, 123, 185, 188

**Draht** 12f., 35, 59, 73, 100, 109, 130f., 135, 148, 153, 154, 161, 169, 189

 $\textbf{Druck}\ 19, 27, 29, 38, 57, 65, 68, 78, 80$ 

**DSP** s. Digital Signal Processing

Echo 151f., 155-157, 159f., 162

EDV 29, 37, 41, 68, 78, 139; E.-Technik 34, 53

**Effekt** 19, 36, 38, 40, 42, 46–49, 52, 57, 103, 119, 148f., 151, 154f., 157, 159, 161–163, 172, 189

**Eigenschaft** 19, 21, 26–28, 30f., 34f., 52f., 57f., 62f., 68, 70, 72, 76f., 79, 83, 99, 183; **regeltechnische E.** 26

Eimerkettenspeicher 13, 160-162

**Einführung** 26, 40, 42, 59, 87, 93, 122, , 150, 158, 185

Eingang 20, 72, 77, 87, 103, 157f., 162, 167; E.s-signal 18, 70f., 87

**Einheit** 39,41,53,63f.,66,68,81f.,88,149,155,189 **Einmaligkeit** 28f.,53,68

**Einsatz** 21, 39, 68, 100, 119, 148, 150f., 153, 182, 184, 186

**Einteilung** 12, 19–21, 35f., 65, 71f., 77–81,, 87, 92f., 97, 181

Einwandlerprinzip 79,81,83

**Einzelbild** 35f., 40; **E.fotografie** 29, 76, 81; **E. bildpunkt** 37, 40, 48, 76

**elektrisch** 20, 23, 27, 36, 38, 40, 47f., 56, f., 78f., 81, 103–107, 132f., 136, 148–153, 159–163, 170

Elektronenröhre 134, 150, 153, 158

**Elektronik** 24, 34, 38, 45, 68, 70, 73, 88f., 118, 123, 143, 171

Elektrotechnik 87, 147, 158, 168

Energie 11, 18, 20-23, 36, 38-40, 48, 57, 64, 76, 79, 81f., 86f., 98f., 118-121, 148f., 151, 166, 169, 183, 186; E.art 36, 78, 81, 98, 117; E.dichte 13, 23, 38-40, 46, 64, 79f., 82, 98; E.zufuhr 11, 21, 78, 81, 104

Engpass 76

**ENIAC** 157

Entmagnetisierung 104-107

Entpolarisierung 104f., 107

Entropie 86-88, 121, 154, 172, 191

Entscheidung 12, 26, 37, 73, 83, 93, 169, 173

**Entwicklung** 12f., 23, 28f., 31, 34f., 38, 42, 52, 55, 58, 60, 67f., 70, 73, 76, 82f., 87, 89, 93, 98–100, 120, 123, 128, 147, 151, 154, 163, 165f., 181–186, 188

Entwurf 72f., 160f., 167-169, 174

**Epoche** 54, 121, 161, 170, 173

**Ereignis** 13, 28, 53, 68, 87, 166, 173

**Erfahrung** 31, 34, 36, 67, 73, 76f., 83, 97, 117f., 174, 182, 185

Erfindung 102-106, 128, 142, 151, 153, 159

**Erfolg** 97, 100, 117, 161, 188

**Ergebnis** 18, 31, 36, 55f., 70, 73, 78, 86, 117–122, 148, 155, 157, 174f., 181

**Erhaltung** 18, 76-78, 174

**Erinnerung** 11, 13, 62, 92, 165, 168, 171f., 174, 176

Erkenntnis 11-13, 18, 38, 120, 149, 169; E.theorie 88, 123; E.weise 166

Erlebnis 28f.

 $\textbf{Ersatz} \; 73, 150, 161$ 

**Erster Weltkrieg** 150, 151 [FN], 162

**Erzeugen/Erzeugung** 12, 27-29, 31, 35, , 37, 39f., 46-48, 52, f., 55f., 59f., 62, 68, 76-79, 92, 104, 117f., 120., 122, 153-157, 159, 162, 169, 172

Etappe 53, 62, 67f., 76f., 81

Evolution 31, 53, 62, 66f., 88, 120, 176

**Experiment** 41, 48, 52f., 121, 148–150, 153, 159, 161, 166, 169, 175

Extrem 41, 45, 53, 55, 58, 73, 79, 82, 89, 120f., 165 Fakt 29, 57, 82

 $\textbf{Faktor}\ 21, 23, 29, 41, 45, 57, 105\text{--}107, 121, 151$ 

Faradayeffekt 42, 46f., 148f.

Farbe 19, 29, 44, 120, 154

**Feld** 104f., 148–150, 169; **F.stärke** 23, 39, 46f., 103f., 106f.

Fernsehen 18, 27–30, 35, 48, 68, 7283, 154f., 161, 168, 170, 181, 189

Fernsehbild 27, 53, 65, 79f., 162; F.empfänger 34f., 40, 153f., 156, 161f.; F.sender 35, 55, 154; F.technik 35, 40, 57, 66, 154; F.übertragung 27f., 80, 153

Ferritkernspeicher 37, 136

ferroelektrisch 36, 103-107

ferromagnetisch 23, 46, 104, 106, 136f.

Festplatte 97, 100, 147, 166

Festwertspeicher 63, 70-72, 80, 88, 135, 159, 168

Film 26f., 29f., 34f., 45, 56, 65, 68, 79f., 82f., 92, 97, 121, 123, 159, 161, 168, 173f., 181; F.aufnahme 27, 65, 80

Filter 73, 150–156, 159, 161f., 166, 170 [FN]; F. theorie 150, 153, 161f.

**Fläche** 27, 29, 35, 38-41, 54f., 57, 64f., 76, 78, 103f., 121

**Flipflop** 11, 70–72, 76–79, 83, 98, 157; **F.-Schaltung** 70, 158, 167, 169

Folge 36, 63, 104, 106, 167; zeitliche F. 29, 92

Forderung 21, 48, 63, 79, 87, 99, 118, 147, 156

Formel 29, 47, 64, 82, 86, 149, 167, 191

Forschung 11, 27, 31, 45, 63, 97, 172 [FN]

Fortschritt 48, 83, 93, 182f.

**Foto/Fotografie** 11, 26f., 29, 56, 76, 78f., 81, 83, 92f., 97–99, 166

Frequenz 18f., 21, 36, 41f., 44, 55, 57-60, 73, 103-107, 118, 123, 148-151, 153f., 157, 159-163, 166, 176, 182-184, 188

**Funktion** 26, 53, 56, 66, 68, 70-72, 74, 76, 87f., 105-107, 118, 121, 128, 134, 142, 157, 160, 165-171, 173f., 181, 187

Gatter 70-73

Gebäude 19, 27, 65, 80, 82, 154

**Gebiet** 12, 18, 31, 34, 36, 48, 54, 56, 59, 67, 76, 78f., 82f., 86–88, 92, 117f., 123, 188

**Gedächtnis** 11,,13,28,52-56,67f.,71,76,81,96, 120f.,147,165,168f.,169,171-174,176

Gedanke 48, 68, 83, 88, 169, 174, 185

Gegensatz 20, 70, 92, 149, 158f.

**Gegenstand** 11, 31, 147, 155, 176

**Gegenwart** 13, 31, 5458, 67, 96, 151, 168-170, 173, 176

**Gehirn** 18, 37f., 55, 64, 67f., 76–78, 151, 174f., 186 **Gehör** 13, 18, 52f., 55, 57, 63, 117, 119, 166

Genealogie 158, 167, 177

Generator 18, 72, 106, 117f.

Generierung 78, 93, 121, 153, 156, 194

Genetik 12, 64, 81f., 120, 186

**Gerät** 12, 29, 35, 40, 42–45, 49, 56–58, 60, 62, 73, 76, 81–83, 92f., 98, 103, 117–119, 123, 134f., 142, 150d., 154, 158f., 161–163, 166f., 173, 175, 181–184, 188; **G.ebild** 57

Geschehen 30, 63, 76, 82f., 122, , 172f.

**Geschichte** 13, 31, 35, 40, 52f., 63, 67, 122, 149, 156, 163, 169, 172f., 177, 181, 183, 186f.

**Geschwindigkeit** 18f., 21, 29f., 36f., 40, 42, 59, 62, 73, 76–79, 81, 99, 103–105, 107, 134, 137, 153f., 159, 166, 168, 170

Gesellschaft 26f., 31, 45, 52f., 67f., 88, 118

**Gesetz** 11, 18, 64, 77, 81, 97, 121, 165 [FN], 172f.

Gestaltung 184

Gewinn 117f., 123, 162, 173

Gleichung 118, 149, 167, 183

Grenzbeziehung 63f., 81

Grenze 11-13, 52; physikalische G. 11, 13, 172; theoretische G. 13, 187

Grenzfrequenz 153, 159

**Grenzwert** 13, 38–40, 64, 66, 76, 79, 81–83, 86f.

**Größe** 20f., 38f., 40f., 57f., 63f, 70–72,82, 103, 141, 161, 167, 175; **G.nordnung** 44, 48, 58, 64, 82

**Grundlage** 19, 22, 45, 51–60, 74, 76, 88f., 120, 122, 142, 148, 156f., 169, 181–188

**Gruppe** 21, 26f., 30, 70f., 76, 78, 82f., 103

Halbleiter 12f., 63, 87, 97f., 160; H.speicher 36f., 42, 52, 59, 74, 76-78, 81-83, 98f.; H.technik 13, 41. 59

 $\textbf{Hardware}\ 26, 73, 87f., 177, 123, 161, 163, 171$ 

Heimtechnik 44f., 83

Herstellung 63, 71, 78, 150, 159, 183, 188

Historie 150, 167, 173

Hochfrequenzimpuls 36, 104f., 107

Hochfrequenzvormagnetisierung 42, 104-106

Hologramm 27, 37f., 48, 65, 78, 80f.

Holographie 27, 34, 43, 45, 65, 80

Hören 11, 26, 28f., 53, 55, 56, 68, 97, 163, 189

Idee 26, 117-119, 121, 152, 154, 159f., 188f.

Implementierung 154, 157, 159, 167

**Impuls** 36, 72, 103–105, 132, 149, 151, 154–158, 162, 168

Index 64, 158, 162, 166

Individuum 27, 67f., 76f., 96

Induktion 20, 23, 39, 138, 148f., 167

Induktivität 117, 149f., 161

Informat 120

Informatik 121f., 147, 173, 176

Information: gespeicherte I. 11f., 18, 38, 46, 76, 92, 97, 104–107, 135, 157f., 169, 172f.; I.fluss 29, 41, 67, 86f., 160; I.menge 41, 64, 86, 156, 162; I.prozess 12, 26f., 34f., 62, 76, 120, 183f.; I.speicher 48f. [FN], 62, 71, 89 [FN], 187; I.speicherung 12, 18, 24, 49, 61f, 64, 66, 68, 74, 76, 87, 96, 105, 118, 174, 182f., 185f.; I.technik 12, 18, 76, 85–89, 97, 120, 123, 185f.; I.theorie 12, 18, 27, 54, 74, 79, 85–89, 98, 119, 121, 156, 182, 184f.; I.träger 27, 37, 57, 77, 79f., 92, 103–107, 118, 169, 188; I.übertragung 11, 18, 87, 165; I.verarbeitung 11, 18, 56, 73f., 86f.

Ingenieur 13, 97, 117, 147, 149, 152-157, 161-163, 174

Inhalt 26, 67, 71, 83, 92, 117, 174, 176

Interferenz 37, 78, 153f., 156

Interpretation 18, 29, 53, 68, 92, 167

Intervall 55, 118, 157, 159 [FN], 168, 171, 176

Jahrzehnt 11, 18, 23, 28, 34, 67, 97, 152–154, 166

Kabel 36, 100, 148f., 151, 160f., 153; K.laufzeitspeicher 36–38, 119; K.strecke 149

Kalkül 161; K.isierung 173

Kanal 18, 27, 38, 86, 148f., 151, 162, 167f., 170; K.kapazität 86, 88, 106, 181–183; K.modell 27, 151, 155; K.signal 86

**Kapazität** 21f., 30, 45f., 52, 58, 67, 71, 79, 82f., 86–88, 106, 118f., 135, 140, 149f., 154, 156, 161f., 167f., 170, 181–183

 $\textbf{Karte}\ 21, 30, 123, 132, 138$ 

Kassette s. Compactkassette

KC (Computer) 9, 117, 123, 164, 204

Kernspeicher 37, 76f., 81-83, 136

Kerr-Effekt 42, 47f.

Kette 53, 63, 68, 72, 78, 122, 159, 168, 171f.

**Kinematografie** 27, 65, 80, 166

Kinofilm 12, 37, 80f., 87, 92, 159 [FN]

Klang 52, 93, 159, 161, 163, 166, 176

Klassifikation 11, 76f., 79, 87, 97, 174

Kodierung 37, 92, 171, 173f., 186

Kollektiv 11, 28f., 67f., 73, 76f., 81, 96f., 173, 176

 $\textbf{Kombination}\ 35f., 47, 58, 70\text{--}72, 81, 122, 166$ 

Kommunikation 28f., 56, 87, 119f., 147-151, 155, 168-170, 172 [FN], 176; K.stheorie 11, 18, 154, 167 [FN], 172 [FN]

Komplexität 12, 73, 76, 89

Kompromiss 40, 158, 168

**Kondensator** 20, 23, 77f., 148, 150, 153, 159–161,

Konfiguration 167f., 173

Konstruktion 76, 86, 92, 159, 162, 165, 174

Kontakt 53, 68, 78, 81, 118, 132

Konzert 26, 28, 55

Koordinate 27, 35, 73, 103, 106

**Kopf** 20, 30, 40, 42-44, 55, 79, 103, 121, 167, 169, 183. 188

Kopplung 64, 87f., 92f., 170, 174, 176

Korrektur 43, 45, 106

Kosten 19, 45, 58, 79, 123, 158, 160, 172

Kultur 13, 122, f., 165, 170f., 187

Kunst 27, 29, 73, 92, 121f., 147, 168

**Kybernetik** 9, 11, 18, 26, 88, 96, 162, 174, 176, 182, 185, 189

Ladung 20, 41, 117f., 148f., 160, 163, 165

Lagerung 62, 73, 187

Länge 54f., 62, 153, 157, 162, 189

Latch 71, 76

Latenz 163, 166, 172, 174f.

Laufzeit 57, 78, 103f., 106, 149, 157, 162, 169;

L.speicher 1f., 20f., 30, 36–38, 66, 135

 $\textbf{Lautsprecher} \ 11f., 28f., 52, 56, 92$ 

Leben 67, 76, 96f., 128, 181, 184, 187

 $\textbf{Lebewesen}\ 53, 67, 120, 172, 174$ 

Legierung 19, 47, 149f.

Leistung (physik.) 58, 76-78, 86, 169, 182

Leiter 23, 103, 106, 149

 $\begin{array}{l} \textbf{Leitung} \ 18f., 21, 35, 37, 70\text{--}73, 77f., 82f., 103\text{--}107, \\ 117, 135, 147\text{--}159, 161 \ [FN], 162f., 169f. \end{array}$ 

Lernen 29, , 67, 76f., 88, 120

**Lesen** 21, 29f., 41, 53, 71, 92, 97, 123, 168

Leser 13, 26f., 132, , 172

Licht 23, 36, 40, 42, 45f., 98, 100, 117, 165; Lempfindlichkeit 34, 38, 40f.; L.geschwindigkeit 21, 30, 79, 104, 154

Linearisierung 104, 166, 183

Lochband/Lochstreifen 21, 30, 37f., 46, 78, 83, 133. 138f.

Lochkarte 20, 83, 97, 100, 131f.

Logik 120, 134, 154, 158, 167f.

**Löschen** 20, 63, 157, 160, 172, 176, 199

Luft 26, 53

Magnet 39, 100; M.tband 13, 19-21, 23, 27, 29f., 36, 38, 41-44, 53, 57-59, 64, 68, 77-83, 93, 97, 100, 168, 183f.; M.bandspeicher 18, 20, 37, 42f., 45, 76-78, 183; M.isierung 20, 23, 29, 39, 42, 45, 47, 98, 103-107, 138, 174, 185; M.ismus 13, 23, 34, 59, 182, 186; M.ostriktion 21, 30, 46, 78

Markovkette 86, 167

**Maschine** 86, 129, 132, 138, 156f., 166 [FN], 167, 171, 173–175

Masse (physik.) 23, 38f., 44, 64

Massenmedien 27f., 35, 52, 56, 68, 186

**Material** 20, 37, 39, 46f., 58, 78, 98f, 103–107, 137, 143, 169 [FN]; **M.ien** 12, 33–49, 59, 77, 105, 183

**Mathematik** 12f., 86, 88f., 118, 120, 123, 150, 154–156, 161f., 165, 167–170, 172, 175

Matrix 26f., 30, 34–36, 39, 48, 65f., 78, 80, 83, 120, 135f.; M.speicher 18, 21, 30, 37, 81, 103, 106

Mechanik 38, 44, 59, 118

Medienarchäologie 13, 147-149, 160-163, 165, 168, 170, 175f.

**Medium** 12, 37, 58, 62, 68, 78, 82, 92, 99, 151f., 157, 162, 166, 169, 173f.

Megabyte 98f, 140

**Mensch** 18f., 28f., 46, 53f., 56f., 62-64, 67f., 76f., 81, 83, 92, 96, 114, 120, 128, 138, 148, 170, 173-

Messwert 65, 80, 83, 97, 118f., 159, 184f.

**Methode** 12, 23, 28, 34f., 46, 56f., 73, 93, 97, 118, 122f., 148f., 166f.

Mikroelektronik 12, 38, 83, 88f., 98, 142f., 185f.

Mikrofilm 44f., 82f., 174, 182, 185

Mikroprozessor s. Zentraleinheit

Missbrauch 27, 68, 96, 168

Mittelwert 55, 76, 82

**Modell** 18, 21, 27, 30, 56, 67, 79, 81, 88, 106, 171, 174, 185

**Modulation** 39, 41f., 44, 57, 86, 89, 103, 106, 118, 182f

Moving target indicator (MTI) 153, 155-157

**Musik** 26, 28f., 52–54, 60 [FN], 68, 92f., 120–123, 128, 148, 163, 174

Nachricht 149, 154, 157; N.entechnik 72, 120, 154, 170

Näherungslösung 118f.

Nervensystem 53, 67, 172, 174

Neuron/neuronal 13, 38, 52f., 56, 67f., 76f., 81f., 96f., 174f., 182, 184, 186f.

Noten 28, 53f., 68, 92; N.schrift 52f., 68

**Notiz** 27, 44, 53, 56, 68, 117, 171

**Nutzen** 22, 27, 68, 97, 150, 153, 162 **Nutzer** 12, 27–29, 68, 92, 97, 123, 147

Nutzung 38, 53, 68, 92, 173

**Oberfläche** 19, 29, 99, 104, 148f., 166

**Objekt** 64, 76, 81, 92, 120, 148, 154f., 161f., 166, 172, 173

**Ohr** 55, 57, 93, 119, 149, 151, 154, 161, 167, 196 **Ökonomie** 18, 29, 55, 57, 63, 79, 83, 106, 147, 158,

167–169, 172f. **Operation** 73, 77, 128, 156, 159, 162, 166–169,

**Optik/optisch** 13, 21, 29f., 34–38, 40–42, 44–49, 56f., 59, 78, 98–100, 154, 173, 166, 182, 184, 186

**Optimierung** 41, 48, 133, 147, 150, 163, 170f., 182

**Ordnung** 88, 106f., 171, 183

 $\textbf{Original}\ 52, 58, 68, 93, 118, 161$ 

**Ort** 13, 18, 21, 27, 30, 36, 53, 55, 65, 103–106, 151, 155, 174f.; **O.ung** 92, 150f., 153f., 162

Oszillographie 27, 65, 80, 106, 168, 181, 185

Papier 18, 20, 26, 37, 40, 56 [FN], 78, 97f., 168, 173

Parameter 19, 21, 30, 45, 86f., 152, 161f., 168

Patent 9, 13, 101–112, 118f., 150–153, 157, 182, 188

PC (Personal Computer) 99f., 140, 184

Permeabilität 20, 104-106

Perspektive (opt.) 120

Photographie s. Fotografie

Photon 23, 40, 48, 79

**Physik** 23, 39, 79, 81, 98, 120, 173, 181; **klassische P.** 64, 79, 97

 $\textbf{Physiologie}\ 13,54f.,60,63,117f.,121,166,188$ 

Plastik 26, 28f., 65, 79

Platte 28, 44, 59, 99f.

Potential 55, 149, 154, 157, 160f., 169, 172

**Praxis** 19, 38f., 41, 44, 53, 87, 98, 119, 164, 158, 162, 169, 171f. 176

Privatarchiv 11, 27f.

Probe 72, 86, 118

Produkt (math.) 39, 47, 64

Produktion 76, 79, 93, 100, 187

Prognose 35, 83, 99, 168, 182, 184-186

Programm 9, 12, 71, 73, 79, 83, 92f., 117, 122f., 129f., 138, 156, 158, 162, 168, 176, 182; P.ierer 135, 158, 182; P.ierung 70, 73, 78, 120, 158, 170f.

**PROM (Programmable Read Only Memory)** 71, 79, 81, 97, 123

 $\textbf{Prozess}\ 35, 92, 97, 155, 161, 169, 172f., 177$ 

Puls 54f.

**Punkt** 35, 57, 70, 99

**Qualität** 45, 53, 60, 64, 67, 86, 92f., 99f., 118, 149f., 163, 167, 171, 174

Quantisierung 118, 161, 171

Quantität 18, 26, 60, 83, 99, 167, 171

Quecksilber 153, 157f. 162

Quelle 26f., 47, 55, 86, 117, 151, 153f., 172f.

Radar 153–157, 159, 161–163, 170

Radiotelefonie 151, 156, 161

**RAM (Random Access Memory)** 77, 78f., 81, 87, 97, 99 [FN], 148, 163, 171

**Raum** 19, 26f., , 35, 37, 53, 55, 60, 62, 65, 72f., 78, 87, 153, 158, 161f., 168, 170, 173, 177, 187

Rauschen 48, 86, 117f., 168, 191

**Realität** 56, 155, 169, 171

Rechenmaschine 128, 134, 156, 167, 174f.

Rechenoperation 128, 168f.

**Rechentechnik** 12, 18, 26, 83, 88, 92, 122f., 182, 184, 186

**Rechner (Computer)** 65, 73, 79, 83, 92, 98, 118, 120, 122, 139, 168f., 172, 174, 176

Rechnung 53, 156, 173

**Redundanz** 23f., 39, 52, 57, 68, 73, 82f., 121, 174; **notwendige R.** 82, 87

Reflexion (physik.) 36, 47f., 55, 154, 157

Refresh 76, 78, 83, 158, 162f.

**Register** 168, 170, 174; **Schieber.** 60, 72, 81, 159 [FN]f., 163

Reihenfolge 26, 43, 63, 103, 105, 117, 158, 171

Relais 73, 133f., 151-153, 156, 159, 167

Relation 23, 26, 46f., 70, 81, 118, 150, 163, 167

Remanenzkurve 104, 106

 $\textbf{Reproduktion}\ 28,52,57,86$ 

Reprotechnik 27, 29, 44, 65

**Reversibilität** 11, 20, 34, 36, 38, 57f., 63, 71, 78f., 81, 83, 97f., 104–106, 171

**Rezeption** 27-29, 88

Richtwert 44, 57, 67, 82

Rille 27, 57f., 65, 79, 166

**Röhre** 20f., 27, 30, 37, 40–42, 45, 49, 76, 78, 117, 134, 150, 153f., 157f., 160, 168f., 170

**ROM (Read Only Memory)** 72f., 79, 81, 83, 87, 135, 171

Roman 27, 65, 80

**Rückkopplung** 20, 26–28, 71f., 88, 98, 117, 151, 157f., 162, 176

**Rundfunk** 28f, 49, 52, 57, 68, 70f., 93, 117f., 122, 186. 189

Sammeln 12, 26, 76, 88, 91-93, 184

**Sampling** 118, 159, 166, , 170f.; **S.-Theorem** 18, 72, 86

Sänger 27, 53, 55f.

**Sättigung** 23, 34, 39, 45, 47, 103–105, 107

Säugetier 53,67f., 82

Schall 18, 28, 38, 42, 44, 52f., 55f., 59, 62, 76, 79, 92, 120, 128, 157, 166; S.aufzeichnung 38, 43, 56, 59, 83, 93; S.feld 52, 55f.; S.platte 12, 20f., 26–28, 30, 37f., 40, 44f. 52f., 55–60, 62, 68, 76–79, 81–83, 87, 92f., 97, 100, 122, 166; S.speicherung 13, 36, 42, 52f., 57, S.welle 151f.;

Schaltalgebra 12, 88, 167

Schalter 21, 30, 133f., 151, 153, 159f.

Schaltkreis 38, 62, 70, 73, 142, 167

Schaltstelle 55

Schaltung: binäre S. 12, 69–74, , 167, 169, 173; digitale S. 12, 73, 88, 167, 169f.; elektronische S. 63, 134f., 142, 153f., 157, 159, 169f., 174; kombinatorische S. 12, 70–73, 87f., 167, 173; sequentielle S. 70, 73, 88, 167, 173

Schaltzeit 37, 81, 169

Scheibe 40, 137, 142, 174, 185, 188

Schema 19, 22, 28, 31, 55f., 175

**Schicht** 40f., 46, 48, 99, 104f., 107; **dünne S.** 20-23, 30, 39, 45f., 47; **S.dicke** 39, 46f.

Schieberegister s. Register

Schleife 105f., , 162f., 165, 176

Schreiben 38, 53, 71, 73, 97, 120, 157, 171

Schreibmaschine 29, 37, 79, 169

Schrift 28f., 53, 68

Schrittfunktion 104f., 107

Schwankung 26, 57, 103, 106, 157f., 162

**Schwingkreis** 117, 153, 162

**Schwingung** 117, 153, 162

Sehen 29, 41, 55f., 120, 163

Seitenband 41f., 118

 ${\bf Selbstreferenz}\ 195$ 

Semiotik 26, 88, 119

Sender 26f., 35, 55, 76, 117, 119, 151, 154

Sendeseite 11, 18

Senke 26f., 86

Sequenz 53, 68, 76f.

Sicherheit 46, 64, 83, 99, 103, 119, 187

Signal: elektrisches S. 79; kontinuierliches S. 81, 118, 159; S.aufzeichnung 35, 48, 105, 166; S.speicher 18, 36, 81, 165f., 181f., 184, 186f., 189; S.speicherung 13, 18, 29, 34, 36, 48, 57, 60, 81, 165f., 171, 175, 181–197, 189; S.übertragung 80, 87, 148, 174f.; S.verarbeitung 41, 148, 150, 156, 158, 162

Sinn/Sinne 29, 55, 67f., 88

Skizze 11, 27, 29, 44, 56, 65, 80

**Software** 26, 73, 88, 92

Sonar 151 [FN], 154, 161f.

Sonisches 148-154, 157-159, 161-163, 166

Spalte 27, 35, 64, 82, 103

**Spaltweite** 39f., 83, 119

Speicher, allgemeiner 77f., 81

**Speicher, dynamischer** 13, 77-79, 147-149, , 156-159, 162f., 168f.

Speicher, flüchtiger 134, 156, 168f., 174

Speicher, magenetomotorischer 74, 76, 83, 87, 183f.. 186

Speicher, technischer 11f., 68, 76, 165, 168, 176 Speicherdichte 11, 13, 19–23, 30, 38–41, 45f., 59,

64, 79-82, 87, 98, 104f., 118f., 186-188 Speicherinhalt 67, 76, 79

Speicherkanal 170

**Speicherkapazität** 46, 52, 58, 71, 82, 87, 119, 135f., 156, 167f.

Speicherleitung 103, 105, 188

**Speichermedium** 13, 37, 39f., 58, 63, 78, 81f., 100, 133, 158, 168f., 172

**Speicherplatz** 21, 30, 37, 71, 78, 170, 172, 204

**Speicherprinzip** 18, 36f., 52, 57, 74, 77f., 82f., 100 185f

Speicherprozess 56, 78, 80

Speicherreihe 21f., 30f.

Speicherröhre 21, 30, 37, 78, 170

Speicherschaltung 12, 71f., 167, 173

**Speichersystem** 13, 147f., 150, 156-159, 161, 163, 174

**Speichertechnik** 12, 28, 99, 119f., 131, 1177, 181–183, 186f., 189

Speichertechnologie 11f., 96, 165, 187

**Speichertheorie** 11–13, 147, 156, 162f., 165, 167, 170, 176, 182, 187

Speicherung: akustische S. 13, 51-60, 68, 150, 152f., 161f., 183; genetische S. 38, 53, 56, 67f., 76f., 184, 186; kollektive S. 67f., 76f., 96f.; neuronale S. 13, 38, 52f., 67f., 77, 175, 186f.; technische S. 11, 76

**Speicherverfahren** 13, 35, 49, 57, 103, 105f., 138, 182

**Speicherweg** 36f., 77f., 81

Speicherzelle 63-66, 71, 76, 78f., 81, 83, 98, 171

**Speicherzustand** 11, 19f., 23f., 34–36, 39f., 62f., 76–79, 81f., 97, 105f., 173

Spezialfall 12, 70, 73, 87

Spezialist 27f., 62, 68, 97

83 183

**Sprache** 18, 26f., 29, 52f., 60, 68, 79, 87, 92, 98, 120, 166, 168, 171

**Spule** 38, 41–43, 58, 106, 150, 153, 159, 161f., 189 **Spur** 23, 39, 43 100, 165; **S.höhe** 22, 30, 40, 59, Stereofilm 11, 27, 36, 65, 80f.

Steuersignal 152f. 156, 162

Steuerung 58, 63, 77f., 105, 129, 132, 139, 182

Störabstand 22f., 41, 45, 48, 59, 86

storage 34, 49, 52, 147, 168, 173, 185

**Störung** 20, 26, 79, 86, 88, 103f., 107, 118, 147-157, 161-163, 166; **S.sbeseitigung** 153f., 161

Strahlen-Speicher 21, 30, 36f., 78

**Strom** 18, 41, 45, 98, 118, 133, 136, 147, 149, 163, 182

**Struktur** 12, 26, 62f., 67, 70, 72–74, 76f., 88, 120, 122, 148, 161, 174f.; **S.ierung** 66, 87

Stufe 26f., 53, 66-68, 78

**Symbol** 27, 57, 65 79; arbiträres S. 155, 157, 162

Synapse 67, 77, 88

Systematik 12,60,75f.,78,80-82,97,182f.,185f.
Takt 71f., 158, 160; T.frequenz 159f., 162; T.signal 71, 157-159, 162; T.sprung 71; T.ung 149, 157-159, 161f.

Taschenrechner 77, 83, 123

**Technologie** 11-13, 21, 23, 30, 72, 76, 83, 96, 139, 154f., 163, 165f., 170, 187

**Teilprozess** 27, 36, 54

Telegrafenkabel 161

Telegrafie 34f., 40, 80, 133, 150, 169

**Temperatur** 19, 22, 46f., 58, 79, 81–83, 86, 157f., 162

Tendenz 45, 52, 83, 93, 182, 186

**Text** 29, 53, 58, 73f., 122f.; **T.verarbeitung** 92, 117, 122f., 171

Theater 26-29, 52, 55, 65, 79f., 88, 186

Tonspur 59, 159

**Träger** 21, 26f., 30, 35–37, 39, 45, 57, 64–66, 73, 76–80, 92, 97, 103–107, 118f., 123, 132, 138f., 166, 169, 172, 176, 183, 188; **T.prozess** 65f., 78, 80

Transformation 11, 13, 19, 36, 76, 169, 173

Transistor 63, 73, 83, 98, 134, 160

Treibspannung 104-107

**Trommelspeicher** 103, 137, 139

TTL (Transistor-Transistor-Logik) 36, 70, 73

Überbrückung 162, 168, 170

**Übergang** 21, 23, 27, 30, 72f., 76, 78f., 88, 159, 167

**Übertragen** 18, 26, 28, 35f., 40, 45, 57, 65f., 81, 118, 135, 148f., 152, 154-156, 161, 165, 167, 169-172

**Übertragung** 65, 106, 170; **Ü.skanal** 20, 22, 67f., 150, 152, 162; **Ü.smedium** 162, 168, 170

**Ultraschall** 62, 153, 161

**Umgebung** 82, 103

**Umlaufspeicher** 11, 20, 67, 76, 103

Ummagnetisierung 103-106

Umpolarisierung 104f., 107

Umwandlung 12, 36, 40, 46, 48, 86

Umwelt 18, 56, 67, 76f.

Unschärfe 81 88 169

Ursache 26, 39, 46, 64, 81

**USA** 119, 134, 153, 188

**Variante** 38, 70, 97, 122, 135, 141, 149, 152f., 167, 169f., 173, 175

**Verarbeitung** 11f., 18, 24, 34, 38, 45f., 48, 58, 68, 73f., 83, 86-78, 92, 103, 106, 117, 121-123, 132,

134, 148, 150, 154, 156, 159, 153, 167, 169-171, 173, 175, 182, 185

Verbesserung 29, 56, 59, 86, 103, 168

**Verbindung** 12, 20, 29, 35, 53, 55, 68, 72, 122, 130, 149, 172, 174, 176, 182

Vereinfachung 26, 40, 55, 57, 63, 68, 83, 120

Vereinigte Staaten s. USA

Vererbung 20, 27, 65, 79

Vergangenheit 58, 96f., 122, 172f., 176f., 183

Verhalten 26, 28, 67, 76f., 87, 98, 149, 167

**Verlust** 20, 23, 53, 68, 73, 77, 103, 121, 177, 189

**Verstärker** 20, 38, 40f., 48, 58, 73, 79, 118, 120, 134, 150, 153, 157f., 162, 188

Verstärkung 19, 57, 98

Verwendung 45, 83, 87, 92, 96, 104, 151

Verzögerung 59f., 62, 70-72, 148, 150-152, 155f., 158f., 161-163, 167-171; V.speicher 148, 158f., 169; V.zeit 41, 72, 153, 155, 159f., 162, 169; V.sleitung 104, 147f., 150-163, 169; akustische V. 150, 152f., 158, 161

Video 27, 34, 38, 41, 43, 45, 59, 64f., 82, 97, 159, 181, 184; V.speicherung 34, 43–45, 64, 80, 188; V.technik 41, 45, 59

Vielfaches: räumlich V. 63, 73; zeitlich V. 72f.

**Volumen** 18, 21–23, 30, 38–40, 44, 46, 53, 58f, 63f., 68, 76, 79, 81–83, 98f., 106, 160

Vormagnetisierung 42, 104-106, 174, 185

Vorstufe 12, 62, 66f.

Vorzeichen 103, 105, 148, 152

Wahrnehmung 120f., 148, 161, 166, 168f.

Wandler 21, 30, 37, 41, 49, 56f., 78f., 81-83

Wasser 53, 77, 148-151, 153, 160

Wechselwirkung 45, 56, 68, 122, 149, 169

**Weg** 27f, 37, 55, 65, 76, 78–80, 104, 119, 148, 150, 167

 $\textbf{Weiterentwicklung}\ 23, 28, 35, 99, 122, 151, 153$ 

Welle 18f., 21–23, 30, 36f., 40, 48, 58f., 62, 78f., 81, 103–106, 148–155, 169; elektromagnetische W. 19, 79, 81, 104, 152, 154; W.engeschwindigkeit 21, 30, 36f., 78, 81; W.länge 22f., 48, 58f., 104f., 153

Werk 11, 23, 26–29, 68, 181f.; fixiertes W. 11, 28f. Wesen 155, 158, 166, 169f.

Wiedergabe 13, 20f., 27, 29f., 34, 36f., 41, 45–48, 55, 57, 59, 65f., 68, 71, 76f., 79–82, 87, 92, 97, 102–107, 128, 166, 181, 188; zerstörende W. 20, 36, 40, 79, 81, 103f., 107; zerstörungsfreie W. 36, 79, 81, 103f., 107; W.kopf 79, 103, 167; W.signal 70f., 7f., 80; W.treue 13, 52, 54

Wirksamkeit 27, 39, 40, 47, 55, 63, 68, 76, 92, 100, 148, 169

Wirkung 26, 63, 76, 88, 120, 123, 189; W.sgrad 38, 48, 86

Wissen 18, 27, 38, 67, 76f., 83, 96, 98, 147, 149, 153, 156, 172, 181f., 184; W.schaftler/w.schaftlich 26, 35, 45, 63, 67, 76, 187; W.schaftszweig 63; W.sklassifikation 174

World Wide Web 174

**WORM** 97

Wort 53, 68, 78, 81, 176

Zahl 18, 27f., 53, 67, 86, 92, 107, 166, 175

Zehnerpotenz 41, 43, 46, 58, 64, 76

**Zeichen** 21, 26f., 29f., 53, 65, 68, 80, 86, 123, 150, 161, 167, 204

**Zeichnen/Zeichnung** 27, 36, 65, 80, 93

Zeile 21, 27, 30, 35, 40f., 43, 63, 103, 171

Zeit: Z.abhängigkeit 11f., 18f., 27, 35, 52, 62f., 70; Z.ablauf 29, 76, 97, 173; Z.aufhebung 165-177; Z.fenster 156, 171, 176; Z.intervall 55, 157, 168, 171; Z.lupe 29, 45, 159; Z.maschine 62, 96; Z.punkt 36, 43, 70, 82, 87, 97, 99, 149, 156, 171, 173f.; Z.raffung 29, 159; Z.raum 76, 99; Z.verzögerung 45, 151, 153, 159, 163

**Zelle** 20, 55, 63–67, 71, 76–79, 81–83, 88, 96, 98, 169, 171, 174

**Zentraleinheit** 12, 53, 69f., 72-74, 89, 168, 174, 176, 184

Ziel 26, 45, 86, 147, 149, 157, 162

Ziffer 27, 45, 65, 80, 204

**Zugriff** 37, 45, 58, 78, 81, 147, 158, 162; **Z.szeit** 21f., 24, 30f., 46, 48, 79, 81, 83, 87, 103, 106, 118, 158, 183

**Zukunft** 21, 23, 29, 30, 34, 56, 60, 74, 76, 83, 96f., 99, 181–184, 186f.

**Zustand** 11f., 19f., 23, 28, 34–36, 39f., 45, 56f., 62f., 71f., 76f., 78f., 81f., 87, 97f., 103, 105–107, 166f., 172f.

Zuverlässigkeit 18, 76

**Zweiter Weltkrieg** 154, 156, 159, 170, 176

**Zwischenspeicher** 157, 162, 168, 172, 176; **Z.ung** 34f., 148, 152, 154f., 162, 168–171

Zunahme von Entropie 172

**Zuordner** 37, 53, 78

**Zuordnung** 19, 43, 65, 78; mehrdeutige **Z**. 167

Zusammenfassung 77

**Zusammenhang** 12, 19, 21, 23f., 26, 29f., 36, 38–41, 46, 55, 63, 66–68, 70–72, 79, 86–88, 92, 96, 120–123, 150, 160f., 172, 183f.; **technologischer Z**. 161

Zusammenleben 67

Zusammenschaltung 70f., 173

Zusammenwirken 77,87

Zusatzenergie 98 Zusatzgerät 73

Zustand 19, 28, 56, 63, 71f., 76, 79, 97f., 105, 107, 167; energetisch unterscheidbarer Z. 72, 98; statischer Z. 12, 62, 97, 120; statistischer Z. 120; strukturell-energetischer Z. 76

Zuverlässigkeit 18, 76

Zwischenablage 159

Zwischenarchivierung 176

Zwischenbildspeicherung 42

Zwischenergebnis 157

Zwischenlagerung 168

**Zwischenpufferung** 168; **kurzzeitige Z.** 13, 43, 147, 168, 170

Zwischenrechnung 170

Zwischenspeicher 34f., 148, 152, 154f., 157, 162, 168-172, 176; Z.funktion 168; analoges Z.n

Zwischenspeicherung 34f., 148, 152, 155, 162, 168–171; dynamische Z. 169; elektronische Z. 154; ultrakurze Z. 153

Zwischenstufe 72

**Zyklus** 72,76, 163, 172

**Zylindermantel** 137

α-Entropie 87

Δt 81, 106, 112