

Horst Völz

Handbuch der Speicherung von Information

Band 2:

Technik und Geschichte vorelektronischer Medien

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3783-6

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Einleitung

Dieser Band behandelt jene Möglichkeiten, Prozesse und Techniken, die der Mensch *bewusst verwendet*, bevor ihm die elektronischen Verfahren zur Verfügung stehen. Sie sind im 3. Band behandelt. Er kann auch dadurch charakterisiert werden, dass diese, von uns vorgenommenen Speicherungen, im Wesentlichen unmittelbar durch unsere Sinne wahrnehmbar sind. Daher sind fast nie komplexe Wiedergabetechniken erforderlich. Im Band 1 sind dagegen natürliche Speicherprozesse und -inhalte enthalten. Diese beidseitige **Abgrenzung** – naturgegeben und vorelektronisch – ist bereits im 1. Band vorgestellt und gilt im Wesentlichen weiter.

Der Schwerpunkt dieses 2. Bandes sind die vielfältigen **Bildtechniken**, insbesondere Kapitel 3. Sie erwiesen sich noch sehr viel umfangreicher, als es ohnehin der Autor erwartet hatte. Daraus folgen auch praktische Konsequenzen. Bilder sind nicht weniger wichtig geworden; eher gilt das Gegenteil. Weitgehend positiv ist dabei die breite Anwendung der elektronischen Fotografie, teilweise negativ bei der Werbung und oft sehr ausgeprägt infolge der vielen Manipulationen in Kriegen. Die unerwartet große Vielfalt bewirkte zunächst einen zeitlichen Verzug gegenüber dem eigenen ursprünglichen Plan. Dann musste aber, um den zulässigen Buchumfang einzuhalten, ein etwas kleinerer Schriftfond verwendet werden. Außerdem mussten historische und einige speziellere, elektronische Techniken (z.B. Barcode, Ferritkerne usw.) in den 3. Band verlagert werden. So gilt nun die etwas veränderte Einteilung und Gewichtung von **Bild 1**. Für den Band 3 muss daher weiterhin mein Buch [VLZ96a] noch gut ein Jahr „gültig“ bleiben. Leider gibt es kein ähnliches, neueres Buch auf dem Weltmarkt. Zusätzliche und neuere Details sind lediglich von meiner, für Studenten eingerichteten Homepage „<http://ros.w.cs.tu-berlin.de/voelz/index.html>“ downloadbar.

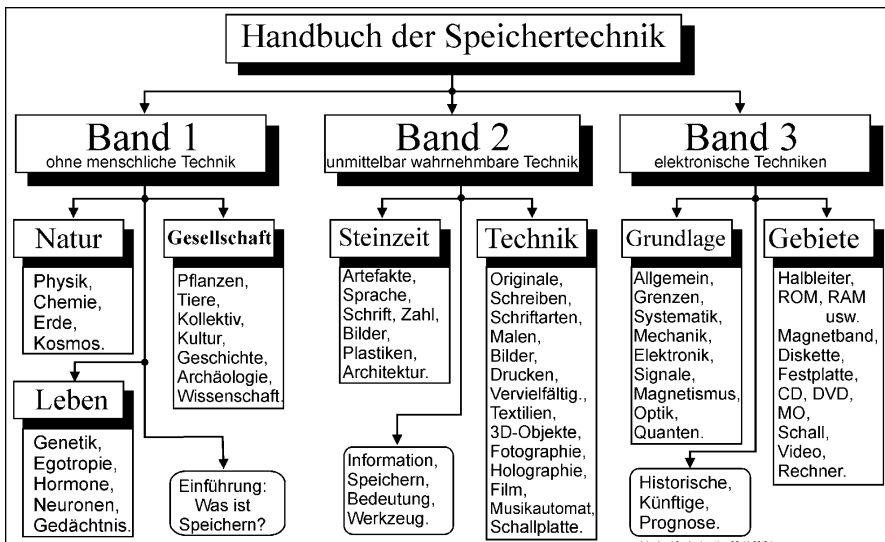


Bild 1. Abgrenzung der drei Bände.

Die Einteilung der drei Bände kann neben der Einteilung nach Gebieten auch betont funktional betrachtet werden. Dann entsteht **Bild 2**. Hieraus gehen noch deutlicher die Inhalte dieses Bandes hervor.

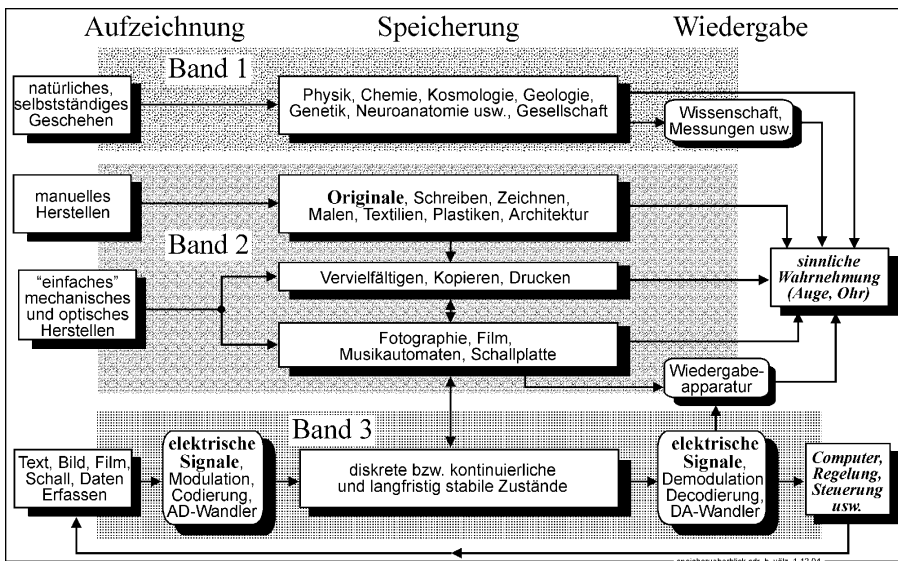


Bild 2. Betont funktionale Einteilung der Inhalte der 3 Bände zur Speicherung von Information.

Für die **inhaltliche Gestaltung** war es mir wichtig zu beschreiben „was wie warum“ funktioniert, warum es möglich und notwendig wurde, welche Bedürfnisse befriedigt werden und welche Vorteile entstehen. Daher wird relativ wenig auf „Randgebiete“, wie Museen, Kulturgeschichte, Urheber, Patentrecht usw. eingegangen. Auch der geschichtliche Verlauf erscheint oft nur nebenbei. Dies gilt sogar für das 1. Kapitel, welches die Entwicklungen der Steinzeit aufzeigt. Hier entstanden nämlich die „entscheidenden“ Voraussetzungen unserer Zivilisation und Technik. Am Ende der Steinzeit sind alle wesentlichen Grundlagen geschaffen. Die aufgezeigte inhaltliche Gestaltung bewirkte, dass sich für die einzelnen Kapitel keine einheitliche Gliederung erreichen ließ. Ihre Festlegung und Abgrenzung erfolgt betont nach technischen und didaktischen Gesichtspunkten. Dabei sollten Text und Bilder immer möglichst gut verständlich sein. Trotz aller Bemühungen sind die Kapitel auch nicht unabhängig voneinander. Die Zusammenhänge wurden durch Querverweise hergestellt. Zur Vertiefung wichtiger philosophischer und allgemeinwissenschaftlicher Hintergründe wird mehrfach auf [VLZ01] verwiesen.

Auch für die **Rechtschreibung** wurden teilweise eigene Wege beschritten. Zur Vereinfachung des Sprachgebrauchs und Vermeidung komplizierter Satzkonstruktionen wurde betont die *männliche Form* benutzt. Wenn z.B. von Tänzern gesprochen wird, sind natürlich auch die Tänzerinnen gemeint. Weiter wird deshalb bevorzugt die *Gegenwart* verwendet, auch dann, wenn eigentlich Vergangenheit oder Zukunft korrekt wären. Beides gilt natürlich nur solange, wie sich dadurch keine inhaltlich unzulässigen oder falschen Aussagen ergeben. Für die oft langen und missverständlichen *Komposita* wurde vermehrt von der Bindestrich-Trennung Gebrauch gemacht. Das gilt vor allem dann, wenn dadurch die Lesbarkeit erleichtert wird, z.B.:

Mausersatz → Maus-Ersatz ↔ Mauser-Satz,
 Bromidionen → Bromid-Ionen ↔ Brom-Idionen und
 Silberhalogenidgelatineschicht → Silber-Halogenid-Gelatine-Schicht.

Weitaus mehr Probleme bereitete die neue/alte Rechtschreibung. Es wurde eine möglichst einheitliche Form angestrebt. Um **Graphieren** (s. Bild3.1) als Oberbegriff bilden zu können, entstand **Fotographie**, obwohl **Fotografie** vielleicht besser gewesen wäre. Andererseits mussten die **Photonen** mit ph beibehalten werden. Hierzu lassen sich viele weitere Beispiele finden. Diesbezüglich kann der Autor nur um Nachsicht bitten.

Zur Vereinfachung wurde auch der **Schriftfont** benutzt. Viele grundlegenden Begriffe leiten sich aus Fremdwörtern ab. Hier werden, wie schon im 1. Band, die etymologischen Bezüge besonders gekennzeichnet. Sprache, Herkunftswörter und Übersetzung sind dazu wie folgt ausgezeichnet: Theorie (*griechisch theoria* schlicht, anschauen, betrachten). Zuweilen gehören auch noch Ergänzungen dazu, wie: „Theorie war die Delegation, die zur Beobachtung der Olympischen Spiele entsandt wurde“. Für Personennamen wurden (im Gegensatz zum 1. Band) konsequent Kapitälchen verwendet. In Klammern sind weiterhin die gekürzten Lebensdaten eingefügt: LEONARDO DA VINCI (1452 - 1519). Zuweilen wurden auch Ergänzungen hinzugenommen: LORENZO ROMANO AMEDEO CARLO AVOGADRO, Graf von Quaregna und Ceretto (1776 - 1856). Leider waren – insbesondere bei den Technikern – oft keine Lebensdaten zu finden. Dann fehlen sie oder sind durch ein Fragezeichen ergänzt: JEAN AIMÉ LE ROY (1854 - ?) bzw. FREDERICK WALLER (? - 1954). Die Schreibung mit Kapitälchen wurde teilweise auf Begriffe, wie BOLTZMANN-Konstante, ausgedehnt, aber nicht für Firmen verwendet.

Bilder, Tabellen und Fußnoten sind kapitelweise nummeriert. Innerhalb des jeweiligen Kapitels erfolgt der Verweis nur mit dieser Nummer. Ansonsten ist ihm die Kapitelnummer vorangestellt, z.B. Bild 3.52. Nur illustrierende Bilder oder Tabellen haben – um Platz zu sparen – weder eine Nummer noch eine Legende erhalten. Sie werden im nebenstehenden Text erklärt. Die erste Erwähnung eines Bildes ist fett gedruckt.

Der **Anhang** enthält je ein Literatur-, Namen- und **Sachwortverzeichnis**, sowie eine Zusammenstellung zur Etymologie und Bedeutung von Begriffen. Für alle Verzeichnisse sind nicht nur der Text, sondern auch die Bilder, Tabellen und Fußnoten vollständig berücksichtigt. Abgesehen von einigen sehr häufig vorkommenden Begriffen, Namen, geographischen Orten/Ländern usw. sind auch die nur „nebenbei“ vorkommenden Stellen erfasst. Dies ermöglicht interessante Querverweise, macht aber die Verzeichnisse sehr umfangreich. Infolge der Breite des Inhalts ist der Umgang mit Homonymen (Feder: Schreiben, Vogel, Kraft, Stahl) etwas schwierig. Soweit wie möglich sind sie getrennt aufgeführt. Zur besseren Übersicht sind mehrere zusammenfassende Oberbegriffe eingeführt, z.B. *Einteilung* für Struktur, Gliederung, Zusammenhang usw., *Geschichte* für historische Betrachtungen bzw. Entwicklungsabläufe oder *Herstellen* für Produktion, Anfertigung usw. von Etwas. Bei den Begriffen des Sachwortverzeichnisses ist zur kürzeren Darstellung bevorzugt der Singular benutzt. Eine weitere Vereinfachung betrifft das eingefügte „s“: Aus Begriffsvielfalt wird zu Begriff, Vielfalt und Vielfalt, Begriff. Ähnlich sind Verben vorwiegend in Substantive geändert. So verschmelzen Herstellung, Hersteller zum einheitlichen Herstellen oder Druck mit Drucker. Meist wurden alle Komposita zerlegt und in mehreren Umstellungen berücksichtigt. Zuweilen ist es dabei aber sinnvoll, Verweise vorzunehmen, z.B. Apparat, Foto, s.a. Fotoapparat oder Kamera, s.a. Fotoapparat. Weiter sind bei den Seitenzahlen Vereinfachungen vorhanden. Wenn eine Seitenzahl auf ein Bild (*) oder eine Tabelle (#) verweist, so wird vorausgesetzt, dass in ihrer unmittelbaren Umgebung auch Etwas im Text steht. Wird ein Begriff über mehrere Seiten genauer behandelt, so folgt f bzw. ff. Ist ein Begriff

vereinzelt auf mehreren Seiten zu finden, so lautet der Hinweis z.B. 141-145. Wenn ein Begriff sehr oft und breit verteilt vorkommt, so ist dies durch (*vielerlei*) gekennzeichnet.

Das Buch wendet sich wieder an einen breiten **Leserkreis**. Primär richtet es sich an Wissenschaftler, Hochschullehrer und Techniker, die mit Speichern umgehen, sie benutzen, entwickeln oder fertigen. Da in absehbarer Zeit die elektronischen Speichertechniken an eine „unüberwindbare“ Grenze vorstoßen, erfolgt seit einigen Jahren eine breite Suche nach neuen Möglichkeiten. Das war ein wichtiger Anlass diese 3-bändige Monographie zu schreiben. Doch nicht nur die biologisch basierten Speicher von Band 1 sind hierfür bedeutsam. Auch aus verschiedenen Gebieten dieses 2. Bandes können sich neue Möglichkeiten ergeben. Ganz besonders gilt dies u.a. für einige photographische Techniken, ausgewählte Kunststoffe und die Holographie. Auf derartige Techniken wird noch genauer im Band 3 eingegangen. Doch auch für Leser anderer Gebiete dürfte dieser Band nützlich sein. Es seien hier z.B. nur Maler, Graphiker, Drucker, Fotografen und Filmemacher genannt. Da auch systematisch Grundlagen und Produktion von Farbstoffen, Papier usw. behandelt werden, dürften viele Technologen aus der weitgreifenden Querschnittsdarstellung erheblichen Gewinn ziehen können. Schließlich dürften auch Allgemeininteressierte viele interessante Details vorfinden.

Wie beim 1. Band haben wieder mehrere Hörer meiner Lehrveranstaltungen Hinweise und Ergänzungen eingebracht und teilweise Korrektur gelesen. Ihre Anzahl ist so groß, dass ich hier nur global **Dank** aussprechen kann. Dies gilt gleichermaßen für mehrere Interessenten, die mich um Zugriff auf einige Dateien baten. Sehr intensiv setzte sich wieder STEFAN POHLE mit den Texten und Bildern auseinander. Auch meine Frau RUTH ROMA-VÖLZ stand der umfangreichen Arbeit immer interessiert gegenüber und las außerdem fleißig Korrektur. Zum Tanz gaben mir insbesondere Prof. Dr. CLAUDIA JESCHKE, Dr. P. GROßKREUTZ, RUDOLF LIDMILA sowie LISA und HORST HEBST viele nützliche Hinweise. Hilfe zur Musik erhielt ich u.a. von Dr. KLAUS LANG und HARTMUT VALENSKE. Ein besonderer Dank gebührt noch CHRISTOPH REUTER. U.a. existiert von ihm die hervorragende CD-ROM über Musikautomaten [RET00]. Doch auf damaligen Wunsch des Verlages verfügt sie über keine Kopier- und Druckfunktion und war damit wissenschaftlich kaum nutzbar. Doch für dieses Buch erhielt der Autor den vollen Text (ohne Bilder) und konnte dadurch viele Details benutzen, die anderweitig – auch nicht im Standardwerk [JÜT87] – nicht auffindbar waren.

Insgesamt wurde mit diesen Hilfen das Manuskript wiederholt gründlich überarbeitet und von Mängeln und Fehlern befreit. Dabei schlichen sich natürlich wieder neue Fehler ein. Deshalb gehen alle Mängel und Fehler letztlich auf mich zurück. Dafür bitte ich die Leser um Nachsicht. Für jeden Hinweis bin ich außerdem sehr dankbar. Schließlich geht mein Dank auch an den Shaker-Verlag für die unkomplizierte Zusammenarbeit.

H. Völz

Im Januar 2005

Inhalt

1	Information und Speichern	1
1.1	Zur Notwendigkeit externer Speicher	1
1.2	Modelle der Welt	4
1.3	Was ist Information?	6
1.4	Das Informat	8
1.5	Definition von Information	10
1.6	Energie und Information	12
1.7	Sinneswahrnehmung von Gespeichertem	13
1.8	Was gespeichert wird	15
1.9	Wie technisch gespeichert wird	15
2	Steinzeit	19
2.1	Einführung und Übersicht	19
2.1.1	Bedeutung und Eigenschaften von Artefakten	21
2.2	Vielfältiger Beginn von Kultur	22
2.3	Sprache	27
2.3.1	Entstehen von Sprache	28
2.3.2	Eigenschaften von Sprache	33
2.3.3	Sprachaufwand	38
2.4	Schrift	40
2.4.1	Was Schrift ist	40
2.4.2	Vorstufen in der Vincakultur und auf Kreta	42
2.4.3	Wichtigkeit der tokens	44
2.4.4	Die Keilschrift entsteht	45
2.4.5	Inhalte von Keilschrift	47
2.4.6	Weiterentwicklung der Keilschrift	47
2.4.7	Der Stein von Rosette	49
2.4.8	Ägyptische Schriften	50
2.4.9	Alphabete	53
2.4.10	Rebus, Bilderrätsel und Sprachspiele	57
2.5	Zahlen	58
2.5.1	Vom Zahlgefühl zum Zählen	59
2.5.2	Vom Zählen, zu den Zahlen und zum Rechnen	61
2.5.3	Kerbhölzer und Knotenschnüre	62
2.5.4	Zählen, Zeit und Kalender	63
2.5.5	Wie Kinder zählen lernen	64
2.5.6	Zahlensysteme	64
2.5.7	Stellenwertsystem, Null und arabische Ziffern	66
2.5.8	Präzision und Mystik von Zahlen	69
2.5.9	Systematische Zusammenfassung	75
2.6	Bildhaftes	76
2.6.1	Etymologie und Begriff	76
2.6.2	Was ein Bild ist	78
2.6.3	Körperbemalung	85
2.6.4	Höhlenzeichnungen	87
2.6.5	Wie Ornamente entstehen	89
2.6.6	Bilder und Hochkulturen	90
2.7	Kleinplastik	93
2.7.1	Begriffe um Magie und Amulett	94
2.7.2	Frühe Kleinplastiken	96

2.8	Großplastik: von Wohnen bis Architektur	97
2.8.1	Erste künstliche Unterkünfte.....	98
2.8.2	Hütte und Haus	100
2.8.3	Siedlungen und Urbanisierung.....	100
2.8.4	Folgen für die Architektur	102
2.8.5	Megalithbauten	103
2.8.6	Denkmal und Monument	105
2.8.7	Die Bibliothek von Alexandria	106
2.8.8	Platz und Labyrinth.....	107
3	Herstellung von Originalen	109
3.1	Schreiben, Malen und Zeichnen (Graphieren)	110
3.2	Was wir sehen können.....	110
3.3	Farbe und Farbmittel	113
3.3.1	Farbstoffe	115
3.3.2	Pigmente und Lacke.....	117
3.3.3	Bindemittel und Hilfsstoffe.....	119
3.4	Grundmaterial	122
3.4.1	Papyrus.....	124
3.4.2	Pergament.....	126
3.4.3	Wachstafeln.....	126
3.4.4	Schiefertafeln	128
3.4.5	Papier	131
	Geschichtliches – Zellulose als Basis – Vom Holz zum Zellstoffbrei – Papierherstellung – Weitere Ausgangsstoffe – Papierarten und -eigenschaften	
3.5	Schreib- und Malgeräte	144
3.5.1	Wichtige Effekte	145
3.5.2	Bleistifte.....	149
3.5.3	Holzkohle, Kreide und Wachsstifte	153
3.5.4	Pinself	155
3.5.5	Von Federn bis zum Füller	156
	Rohr- und Kielfeder – Metallfeder – Füller	
3.5.6	Kugelschreiber und Tintenroller.....	165
3.5.7	Von der Binse zu Filz- und Faserstiften	168
3.6	Schreibtechniken	170
3.6.1	Schriften und Schreiben.....	170
	Karolingische Minuskel und Weiterentwicklung – Stenographie	
3.6.2	Musikschriften	183
	Entstehen von Musik – Akustische Frequenzen – Tonleitern – Zeitliche Beziehungen – Notationen	
3.6.3	Tanz- und Bewegungsschriften.....	210
	Möglichkeiten und Grenzen von Bewegung – Geschichte bis zum Mittelalter – Renaissancetanz – Ballett und Barocktanz – Pantomime und Mime pur – Allgemeiner Tanz – Grundlagen der Tanzschriften – Ausgewählte Tanzschriften – Rein technische Methoden	
3.6.4	wissenschaftlich-technische "Schriften"	247
3.6.5	Gedankenschrift	250
3.7	Mal- und Zeichentechniken	251
3.7.1	Abbildung, Perspektive und Projektion	253
3.7.2	Umgang mit dem Realitätsbezug	257
3.7.3	Technisches Zeichnen	260
3.7.4	Kartographie	262
3.7.5	Analytische Geometrie.....	266
3.7.6	Darstellung von Zusammenhängen.....	268

3.7.7	Künstlerische Zeichnungen und Gemälde	269
3.7.8	Wandmalerei	273
3.8	Weitere bildhafte Techniken	275
3.8.1	Druckgrafik	275
	Gravieren und Ziselieren – Hochdruck: Holz-, Linolschnitt und Monotypie – Tiefdruck: Vom Kupferstich bis zur Radierung – Flachdruck: Lithographie – Schablonen-Technik und Siebdruck	
3.8.2	Einfügen und Entfernen von Material.....	288
	Wände, Fußböden – Holz für Bilder – Holz-Mosaik – Glasur und Emaille	
3.8.3	Textilien	299
	Natur-Fasern – Chemie-Fasern- Fäden und Garne – Flächenhafte Textilien– Filze und Vliese – Geflechte – Mit Nadeln knüpfen, häkeln und stricken – Maschinenstricken und -wirken – Maschenware – Klöppeln – Gewebe – Teppi- che – Nähen, Sticken und Applizieren – Spitzen	
3.8.4	Besondere Bildarten	330
	Symbole, Zeichen und Piktogramme – Kennzeichnung von Besitz, Macht und Qualität – Bildschmuck	
3.9	Schaffung von 3D-Objekten.....	338
3.9.1	Formen, Modellieren (Plastiken)	339
	Raumerfüllende Objekte – Wachs, Salzteig und Papiermaché – Ton, Keramik und Porzellan – Glas – Metall-Guss	
3.9.2	Material entfernen (Skulpturen).....	348
3.9.3	Ausgewählte und zusammengefügte 3D-Objekte.....	350
3.9.4	Anordnen (Raumgestaltung).....	352
4	Druck und Vervielfältigung	355
4.1	Schreibmaschinen.....	356
4.2	Elektronische Drucker	367
4.2.1	Vom Telegraph zum Fax.....	367
4.2.2	Geschichte.....	370
4.2.3	Zur Vielfalt der Drucker	371
4.2.4	Drucktechniken und Rasterung.....	374
4.2.5	Impact-, Nadeldrucker	377
4.2.6	Tintenstrahldrucker	380
4.2.7	Laserdrucker und -belichter	384
4.2.8	Thermische und sonstige Drucker	389
4.2.9	Registriergeräte und Plotter	396
4.3	Kopier- und Vervielfältigungs-Techniken	398
4.3.1	Durchschreib-Techniken.....	398
4.3.2	Historische Kopier-Techniken	399
4.3.3	Lichtpaus-Techniken.....	401
4.3.4	Xerox-Kopie, Elektro-Fotographie	403
4.4	Buchdruck.....	404
4.4.1	Vorgeschichte	404
4.4.2	Gutenbergs Erfindung	408
4.4.3	Wiegendrucke	412
4.4.4	Entwicklungen bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts	414
4.4.5	Technische Weiterentwicklungen	417
	Papier, Letternguss, Illustrationen und Buchbinden – Stereos und Klischees – Pressen und Drucktechniken – Beschleunigung des Setzens mit Bleiletern – Mergenthalers Linotype und Lanstons Monotype – Foto- und elektronischer Satz	

5	Fotographie	431
5.1	Optische Grundlagen	432
5.1.1	Abbildung mit Linsen und Optiken	434
5.1.2	Geometriefehler	436
5.1.3	Farbfehler	437
5.1.4	Antireflex-Schichten	439
5.1.5	Objektive und Fehlerkorrektur	440
5.1.6	Geschichte und ausgewählte Objektive	441
5.1.7	Objektiv-Typen	444
5.2	Silberhalogenid-Fotographie	447
5.2.1	Kristallaufbau und Lichtempfindlichkeit	448
5.2.2	Belichtung des Silberhalogenids	451
5.2.3	Das latente Bild	454
5.2.4	Entwickeln und Fixieren	455
5.2.5	Daten der Fototechnik	458
5.2.6	Empfindlichkeit und Sensibilisierung	461
5.2.7	Negativ, Positiv und Umkehrentwicklung	465
5.2.8	Herstellung der Fotoschicht	466
5.2.9	Auflösung und MÜF	471
5.3	Farbfilm	472
5.3.1	Von schwarzweiß bis Farbe	472
5.3.2	Anfänge und Grundlagen	474
5.3.3	Subtraktive Farbfotographie	476
5.4	Sofortbild-Fotographie	480
5.4.1	Silbersalzdifffusion	481
5.4.2	Farbstoffdifffusion	482
5.5	Ergänzungen zu den AgX-Verfahren	484
5.5.1	Unterlage und ergänzende Schichten	484
5.5.2	Herstellung, Formate und Konfektionierung	486
5.5.3	Fotoapparat und Bedienungskomfort	487
5.5.4	Sonderanwendungen	496
5.5.5	Vor- und Nachteile von AgX	500
5.6	Nichtsilber-Fotographie	501
5.6.1	Diazo-Verfahren	502
5.6.2	Fotopolymerisation, Vernetzung, Fotoresist	505
5.6.3	Fotochromie	506
5.6.4	Elektrofotographie	509
5.6.5	Sonstiges	510
5.6.6	Vergleich und Abschätzung der Grenzen	511
5.7	Holographie	513
5.7.1	Zonenlinse	514
5.7.2	Durchlichthologramm	517
5.7.3	Reflexions- und Volumenhologramm	520
5.7.4	Mehrfachbeleuchtung und -belichtung	521
5.7.5	Kopieren und Vervielfältigen	523
5.7.6	Regenbogenhologramm	524
5.7.7	Technische Anwendungen und Computerhologramme	525
5.8	Stereobilder	527
5.8.1	Zwei Bilder zur räumlichen Wahrnehmung	528
5.8.2	Betrachtung der Stereobilder	531
5.8.3	Autostereogramme	533
5.8.4	Überblick und Zusammenfassung	535

5.9 Historischer Überblick und mögliche Zukunft.....	535
5.9.1 Die drei bzw. vier Erfinder der Photographie	537
5.9.2 Bedeutende Weiterentwicklungen, technische Ergänzungen	538
5.9.3 Zum Wert von Fotografien.....	540
6 Lichtbilder und Film.....	545
6.1 Schattenspiele, Guckkasten und Laterna Magica.....	546
6.2 Lebensräder	548
6.3 Daumenkino und Mutoskop	551
6.4 Übergang zum Kinofilm.....	552
6.5 Die Brüder Lumière.....	555
6.6 Farb-, Breitwand-, Stereo- und Schmalfilm	556
6.7 Filmzeit, -tricks und -wahrheit	560
7 Schallspeicherung.....	567
7.1 Eigenschaften von Schall	567
7.1.1 Hören von Schall.....	567
7.1.2 Akustik, Wissenschaft vom Schall.....	568
7.1.3 Utopien zur Aufzeichnung und Wiedergabe.....	571
7.2 Frühe Automaten	572
7.2.1 Vögel- und Musikautomaten.....	572
7.2.2 Nachahmung der menschlichen Stimme	574
7.3 Vielfalt mechanischer Musikautomaten	575
7.3.1 Glockenspiele.....	577
7.3.2 Spieldosen mit Stiftwalze	579
7.3.3 Spieldosen mit Lochplatte.....	581
7.3.4 Drehleiern und -orgeln	583
7.3.5 Große Orgeln und Orchestrions	588
7.3.6 Lochband.....	590
7.3.7 Automatische Klaviere.....	592
7.3.8 Herstellung der Notenrolle.....	595
7.3.9 Grenzen der Reproduktionstechnik.....	597
7.4 Echte Schallaufzeichnung	599
7.4.1 Tausendmeilensprecher und Cros	600
7.4.2 Edisons Walzentechnik.....	601
7.4.3 Berliners Schallplatte	604
7.4.4 Eigenschaften der Schellackplatte	609
7.4.5 Entwicklung des Trichters	611
7.4.6 Elektrische Aufzeichnung und Wiedergabe.....	613
7.5 Langspiel- und Stereoplatte	614
7.5.1 Geschichtliche Entwicklung	614
7.5.2 Rille und Nadel	616
7.5.3 Frequenzgang.....	618
7.5.4 Plattenspieler.....	620
7.5.5 Aufzeichnungstechnik.....	621
7.5.6 Vervielfältigung	622
7.6 Tonfilm	623
7.6.1 Erste Versuche und Nadelton.....	624
7.6.2 Geschichte des Lichttons	626
7.6.3 Arbeitsweise des Lichttons	628
7.6.4 Magnetton	631
7.6.5 Magnetische Randspuren und Raumton	635
7.6.6 Optisch digitaler Ton	636
7.6.7 Ton beim Schmalfilm.....	638

7.7	Sonderverfahren und Kuriositäten.....	638
7.7.1	Musikbox	639
7.7.2	Schallplatten-Varianten.....	640
7.7.3	Tefifon.....	645
7.7.4	Lichtton-Varianten.....	647
Anhang		649
	Literaturverzeichnis	649
	Verzeichnis von Namen.....	655
	Herkunft und Bedeutung von Wörtern	664
	Sachwortverzeichnis	668