

Einleitung

Dies ist der dritte und zugleich letzte Band des dreiteiligen Handbuchs der Speicherung von Information. Bezüglich ihrer Inhalte und Abgrenzungen gilt **Bild 1**. Es entstand aus der Zusammenfassung und Ergänzung der Übersichten von den anderen Bänden.

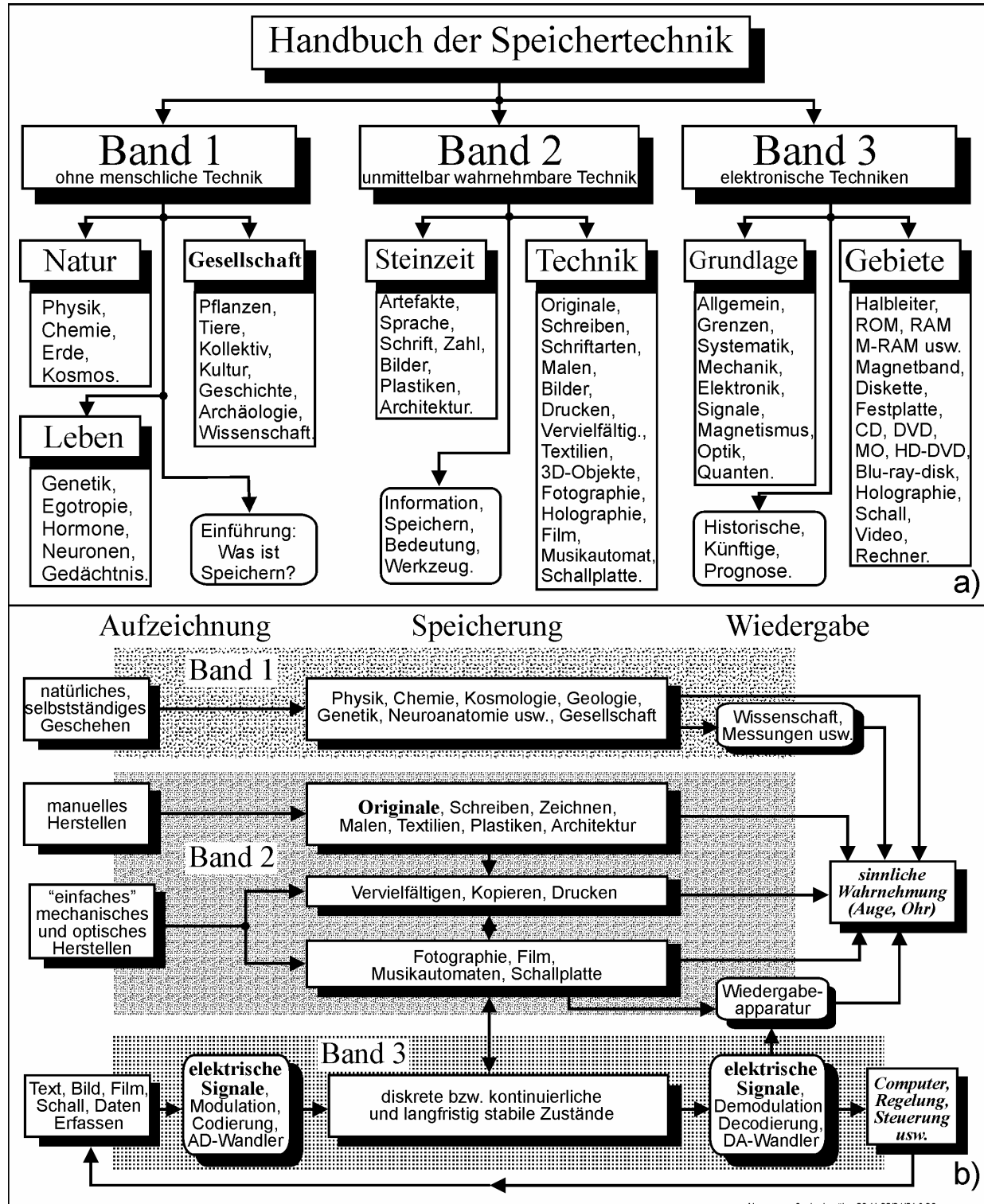


Bild 1. Überblick zum Inhalt der drei Bände dieses Handbuchs; a) betont die einzelnen Techniken, b) hebt die funktionalen Prozesse Aufzeichnung, Speicherzustand und Wiedergabe hervor. Letztlich werden jedoch nur Signale gespeichert und wiedergegeben, die für Menschen sinnlich wahrnehmbar sind. Elektronik ist kein Selbstzweck.

Im **ersten Band** sind jene Speicherungen enthalten, die auch ohne absichtliches, menschliches Zutun erfolgen. Im Nachhinein ist dazu das neue Buch von JOHN D. BARROW [BAR06] sehr interessant. Hier fragt er u.a. nach der Herkunft von Konstanten, wie π , e usw., der Naturgesetze und -konstanten sowie der Festlegung von den klassischen drei räumlichen Dimensionen. Im Sinne der Speichertechnik bedeutet dies die Erkundung der zuständigen Speicherprozesse und -medien. BARROW findet jedoch leider keine geeigneten Antworten. Unabhängig von ihm sind im Band 1 dieses Handbuches bereits einige, aber noch recht vorläufige Ansätze u.a. bezüglich Physik und Chemie enthalten. Sie müssten jetzt in Bezug auf das Buch von BARROW deutlich weiter vertieft werden. Doch da der erste Band bereits erschienen ist, bedarf dies einer gesonderten Untersuchung. Etwas unabhängig von der Speicherung enthält auch [VÖL01] einige indirekte Antworten. Wesentlich klarer sind die Speichereigenschaften der anderen, in Band 1 behandelten Gebiete: Kosmos, Geologie, Genetik, Hormone, Neuronen und Gedächtnis. Hier ist überwiegend eindeutig geklärt, wo und wie die Speicherung erfolgt. Schwieriger sind die Zusammenhänge jedoch wieder, sobald gesellschaftliche Aspekte, also hauptsächlich kulturelles, kollektives und geschichtliches Gedächtnis, einbezogen werden. Doch auch hierzu sind im Band 1 umfangreiche Aussagen vorhanden, und zusätzlich ist auf spezialisierte Vertiefungsliteratur verwiesen werden.

Im **Band 2** sind die vom Menschen geschaffen, „klassischen“ Speichertechniken zusammengefasst. Dabei sind fast alle elektronischen Verfahren ausgespart. Es ist erstaunlich wie groß dennoch die Vielfalt der vorhandenen Techniken ist. Überwiegend handelt es sich dabei allerdings um bildhafte Information. Ihr Spektrum reicht von Schrift über Druck, Zeichnung, Fotografie und Film bis zur Schallplatte. Gerade die beiden letzten Gebiete erforderten aber bereits die Einbeziehung einfacher elektrischer Schallaufzeichnungstechniken. Sonst wäre nämlich der Film nicht vollständig zu behandeln gewesen. Diese Ausnahme musste bei den Musikautomaten fortgesetzt werden.

Für diesen **Band 3** gibt es von Autor mehrere ältere Buchproduktionen und Einzelpublikationen. Sie konnten nur teilweise und dann meist sehr stark verkürzt einbezogen werden. Das betrifft insbesondere Details der geschichtlichen Entwicklung, die im Rückblick nicht mehr so entscheidend sind. Außerdem gilt dies auch für einige spezialisierte Techniken. Doch für den Technikhistoriker könnten die Auslassungen eventuell wichtig sein. Da außerdem nur jene Einzelpublikationen zitiert sind, welche wesentlich die theoretische oder technische Entwicklung beeinflusst haben, sei darauf verwiesen, dass sich die vollständige Liste der Publikationen des Autors auf seiner Homepage¹ befindet: <http://rosw.cs.tu-berlin.de/voelz/index.html>. Umfangreicher wurden ausgewählte Bücher des Autors einbezogen. Zunächst gilt dies für die 6-bändige Reihe „Magnetische Signalspeicher“ von 1968 bis 1975 [VÖLZ0]. Eine noch wichtigere Grundlage stellt die 1996 erschienene und zum großen Teil dennoch heute gültige Monographie [VÖLZ7] dar. Doch auch von ihr konnte nicht alles übernommen werden. Beim Übernehmen mussten sogar alle Texte, Bilder und Tabellen neu gestaltet und meist anders eingeordnet werden. Nur so konnte eine relativ homogene Darstellung des gesamten, sehr umfangreichen Gebiets erreicht werden. Für wichtige Hintergrundinformationen, vorwiegend allgemeiner Art, wird außerdem häufig auf [VÖL01] verwiesen. In den genannten Büchern sind umfangreiche Literaturverzeichnisse vorhanden, von denen nur eine sehr kleine Auswahl übernommen wurde. Die fehlenden dürften jedoch insbesondere für historische Aussagen nützlich sein. Gegenüber den o.g. Büchern, war eine Beschränkung auf rein technische Probleme nicht mehr möglich. U.a. mussten Backup, Archiv und Entscheidungen darüber, was gespeichert werden muss, berücksichtigt werden. Für die Weiterentwicklung der Speichertechnik zeichnen sich hier nämlich ganz neue Aspekte ab. Ferner wurden im Gegensatz zu den genannten Büchern auch heute noch wichtige ältere Verfahren und Grenzgebiete (z.B. Barcode) aufgenommen. Hinzu kommen Verfahren, die historisch bedeutsam sind, aber wegen der etwas abweichenden Thematik in den o.g. Büchern fehlen, z.B. Ferritkerne, Bubbles, Dünnschichtspeicher und Laserdisk. Sie sind zumindest für die historische Entwicklung sehr entscheidend gewesen, vertiefen aber auch das Verständnis moderner Techniken. Bei ihrer Übernahme ist zusätzlich berücksichtigt, dass hier vielleicht letztmalig, die historische Entwicklung fixiert wird. Denn das Schrifttum dazu ist inzwischen bereits sehr dürftig oder schwer zugänglich. Großer Wert wurde auf die wahrscheinlich künftige Entwicklung gelegt. Deshalb ist im Kapitel 1 zunächst eine bevorzugt quantitative Analyse der bereits reichlich 50-jährigen Entwicklung erfolgt. Hierfür waren die Daten z.T. sehr verstreut und manchmal auch widersprüchlich. Es mussten eigene Abschätzungen und

¹ Hier werden in absehbarer Zeit auch die meisten Bilder abrufbar bereitstehen. Sie werden auch durch viele hochaufgelöste Farbbilder einzelner Speicherdetails ergänzt.

Mittelwertbildungen hinzugenommen werden. Dies war deshalb notwendig, weil nur mittels einer gewissen Vollständigkeit der Kenntnisse der Vergangenheit eine leidlich abgesicherte Vorschau möglich ist. Doch in der Konsequenz führen diese Analysen zu (heute noch) ziemlich unüblichen Aussagen. Sie kann der Leser aber nur im Kontext nachvollziehen. Daher sei an dieser Stelle auf entsprechende Aussagen verzichtet. Schließlich wurde versucht, möglichst alle sich für die Zukunft abzeichnenden Richtungen einbeziehen. Daher sind u.a. auch Quanten-Speicher, Spin-Elektronik, Einzel-Elektronen-Transistor und QuBit behandelt. Bezüglich der jeweils neuesten „Standard“-Technik mutet das Folgende eigenartig an. Vor etwa zehn Jahren konnten in [VÖLZ7] gerade noch die Anfänge der DVD vorsichtig aufgezeigt werden. Ähnliches trifft in diesem Band für die Blu-ray-disc und HD-DVD zu. Eine zentrale Frage lautet daher: Welche Technik wird das in abermals zehn Jahren sein? Herrscht dann immer noch als Basis die Elektronik vor oder gibt es andere allgemeine Grundlagen, z.B. optische oder quantenphysikalische? Auch hierzu kann nur auf die entsprechenden Abschnitte verwiesen werden. Die somit gewählte Aufteilung ließ leider keine einheitliche Gliederung für alle Kapitel zu. Jedoch die Abgrenzung erfolgt stets nach betont technischen und didaktischen Gesichtspunkten. Leider ist die umfassende (technische) Speicherung so komplex und verwoben, dass trotz aller Bemühungen die Kapitel nicht unabhängig voneinander sind. Daher wurden Zusammenhänge und Überschneidungen weitgehend durch Querverweise hergestellt.

Für die inhaltliche Gestaltung wurde für alle Texte trotz des Monographie-Charakters ein lehrbuchartig erklärender Text angestrebt. Stets war es mir wichtig, zu begründen und zu erklären, warum etwas so ist, wie es ist und auch wie und warum es funktioniert. Auch die Hintergründe sollten sichtbar werden. Hierzu gehört, warum es möglich und notwendig wurde, welche Bedürfnisse es befriedigt und welche Vorteile dadurch entstehen. Solche Forderungen stehen etwas im Widerspruch zu der Mehrzahl der heutigen Bücher. In Ihnen wird meist nur beschrieben, wie Etwas aufgebaut ist oder mit ihm umzugehen ist. Dazu muss man oft sehr viele Fakten auswendig lernen. Besser sind inhaltliche Beschreibungen, die ein inhaltliches Verständnis schaffen. Das verlangt weniger Speicheraufwand für das Gedächtnis. Dafür kostet eventuell mehr Gedankenarbeit, ermöglicht jedoch deutlich mehr und dazu begründete Aussagen. Beim Halbleiterspeicher scheint es z.B. selbstverständlich zu sein, dass die Speicherzellen auf dem Chip als flächig quadratische Matrix angeordnet sind. Doch es gibt theoretisch bessere Möglichkeiten, z.B. ein hexagonales Raster wie bei der Bienenwabe oder eine Anordnung in 3 oder mehr Dimensionen. Daher ist eine kurze Begründung für die 2D-Matrix durchaus nützlich. Durch derartiges Hinterfragen wird nicht nur mehr verstanden, eventuell können so auch neue Entwicklungen angeregt werden. Generell werden auch allgemeine Fragen an die heutige Technik gestellt, die wahrscheinlich erst von den nächsten Wissenschaftsgenerationen geklärt werden können. Z.B. ermöglicht das Sampling-Theorem die Zeit-Diskretisierung exakt rückgängig zu machen. Es ist jedoch bis heute kein Verfahren bekannt, das Ähnliches für die Amplituden-Quantisierung leistet.

Zu Beginn eines jeden Kapitels bzw. Abschnitts wird immer eine Einordnung der Aussagen in einen größeren Zusammenhang angestrebt. Dieses Ziel sollen auch die meist recht komplex zusammengesetzten Bilder unterstützen. Die allgemeinen Grundlagen und solche, die mehrere Gebiete betreffen sind im Kapitel 1 enthalten. Anders verhält es sich bei den elektronischen, magnetischen und optischen Speichern. Sie stehen am Beginn der jeweiligen Kapitel. Für den bevorzugt technisch interessierten Leser ist so möglich, die Grundlagen zu überspringen. Der rein technische Text dürfte dennoch fast immer verständlich sein. Natürlich fehlen dann die tieferen Zusammenhänge. Die theoretische Einführung und allgemeine Einordnung entfällt beim Kapitel 5 „Sonstige Speicher“. Hier sind nur spezielle Varianten der Vergangenheit und der eventuellen Zukunft lose nebeneinander dargestellt. Bei dem Kapitel 6 „Zukünftige Techniken“ waren jedoch insbesondere bei den Quanteneffekten möglichst gut verständliche Einführungen notwendig, die vor allem die sehr anspruchsvolle Mathematik umgehen. U.a. konnte dabei – wahrscheinlich erstmalig – eine anschauliche Erklärung des QuBit gegeben werden.

Als Besonderheit werden in diesem Buch sRAM und dRAM als Oberbegriffe benutzt und erhalten dazu das kleine s bzw. d. So konnte als dritte Variante rRAM eingeführt werden. Alle anderen, spezielleren RAM-Arten sind dann untergeordnete Begriffe und werden groß hinzugefügt, teils direkt wie SDRAM und teils abgetrennt wie DDR-RAM.

Die Literatur- und Faktensammlung zu diesem 3. Band erfolgte über Jahrzehnte. Nur auf dieser Grundlage waren viele Zusammenhänge herleitbar und Bilddarstellungen möglich. Doch der dazugehörige Umfang an Literaturstellen ist riesengroß. Im Text ist daher nur auf besonders wichtige Bücher verwiesen. Sie enthalten dann viel Material zur Speicherung und können z.T. die dargelegten

Angaben vertiefen. Andere Quellen, wie Fachartikel, Werbematerial, Internet usw. werden – von seltenen Ausnahmen abgesehen – fast nur in Fußnoten, in Klammern oder extrem klein in den Bildern (lesbar in größerem Maßstab auf meiner Homepage, s.o.) ergänzt. Ihr Zweck besteht darin, die Aussagen zu belegen und zu stützen. In wenigen Fällen werden so auch Fehler in der Literatur aufgezeigt. Bei komplexen Bildern und noch mehr bei der Kombination vieler Daten aus einem sehr langen Zeitraum war die Verdichtung vielfach nur mit gewissen Unsicherheiten möglich. Das gilt vor allem bei Preisen. Z.B. ist sehr schwierig einzuschätzen, welchen Wert eine Mark oder ein Dollar von etwa 1960 heute besitzt. Die so leicht mögliche Inkohärenz konnten nur durch Erfahrung und Hintergrundwissen gemildert werden.

Größere Schwierigkeiten ergaben sich durch den mehrfachen Wechsel der Deutschen Rechtschreibung. So wurden teilweise eigene Wege beschritten. U.a. wird bevorzugt die Gegenwart verwendet, auch dann, wenn eigentlich Vergangenheit oder Zukunft korrekt wären. Beides gilt natürlich nur solange, wie sich dadurch nicht inhaltlich unzulässige oder gar falsche Aussagen ergeben. Für die oft langen und missverständlichen Komposita wurde überbetont die Bindestrich-Trennung benutzt. Das gilt vor allem dann, wenn dadurch die Lesbarkeit erleichtert wird, z.B.: Mausersatz → Maus-Ersatz (~~Mausersatz~~), Bromidionen → Bromid-Ionen (~~Bromidionen~~), Kompensationstemperatur → Kompensations-Temperatur (~~Kompensationstemperatur~~); Anwendungschancen → Anwendungs-Chancen (~~Anwendungschancen~~) usw. Bei Abkürzungen, insbesondere bei den opto-motorischen Speichern, wie CD, DVD, MO und WORM wurde das Plural-„s“ weggelassen. Sonst wären u.a. unschöne Begriffe, wie z.B. CD-Audios notwendig geworden. In der Technik werden die Vorsatzzeichen $K = 2^{10} = 1\,024$ und $k = 1\,000$ unterschieden. Relativ konsequent wird dies nur bei Datenübertragung mit kBit/s und KBit/s benutzt. Formal setzt sich das bei M; G usw. fort, kann dann aber nicht durch die Schreibweise gezeigt werden. Deshalb wird hier nur KBit, KBit/s usw. benutzt. Der mögliche Fehler kann in diesem Buch vernachlässigt werden.

Zur besseren Übersicht sind spezielle Schriftfonts benutzt. Das gilt vor allem für die Etymologie von Fremdwörtern ab: z.B. *Theorie* (griechisch *theoria* schlicht, anschauen, betrachten). Für die möglichst vollständig genannten Personennamen sind Kapitälchen benutzt. In Klammern stehen die gekürzten Lebensdaten, z.B. LEONARDO DA VINCI (1452 – 1519). Bei Technikern ist es besonders schwierig Lebensdaten zu finden. Dann fehlen sie oder sind durch ein Fragezeichen ergänzt. Für viele technische Erfindungen sind nicht einmal die Erfinder bekannt.

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. 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. 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. 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 (viele) gekennzeichnet.

Das Buch wendet sich wieder an einen breiten Leserkreis. Primär richtet es sich an Wissenschaftler, Hochschullehrer und Techniker, die mit technischen Speichern umgehen, sie benutzen, entwickeln oder fertigen. Doch auch für Leser anderer Gebiete dürfte dieser Band nützlich sein.

Wie beim 1. und 2. Band haben wieder mehrere Hörer meiner Lehrveranstaltungen Hinweise und Ergänzungen eingebracht und teilweise Korrektur gelesen, z.B. Tolgay Ungan. 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. Insgesamt ist daher das Manuskript mehrfach gründlich überarbeitet und von Mängeln und Fehlern befreit. Natürlich schlichen sich dabei auch 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.