

Vorwort

Drei zentrale Fragen bestimmen den Inhalt dieses Buches: Was ist und wie funktioniert Wissenschaft? Was ist die Welt und wie kommt es, dass ich sie erkenne? Kann hierbei der Informations-Begriff nützlich sein? Auf sie sollten vor allem die Wissenschaftstheorie, die Philosophie und die Informations-Theorie Antworten bereithalten. Doch die entsprechende Original-Literatur ist aus verschiedenen Gründen meist schwer lesbar. Alle Gebiete haben ihren eigenen Sprachstil entwickelt, der es Außenstehenden z.T. erheblich erschwert, die Texte zu lesen und zu verstehen. Wissenschaftstheorie und Philosophie benutzen vorwiegend hoch abstrakte Begriffe, die oft weder eingeführt noch erklärt werden. Der Informations-Begriff ist dagegen in den letzten Jahrzehnten überstrapaziert worden, und es gibt hauptsächlich drei nicht minder schwierige Gruppen: Erstens existieren allgemeine Werke, die vielfach recht oberflächlich (inhaltsarm) sind. Zweitens gibt es recht fachspezifische Arbeiten, die kaum anderweitige Aussagen ermöglichen und drittens liegen hoch mathematische Werke der Informationstechnik vor. Hier wird nun der Versuch unternommen, die drei oben genannten Kernfragen aus einheitlicher Sicht zu behandeln und zwar so, dass sie vor allem auf die Interessen von Naturwissenschaftlern ausgerichtet sind und für sie auch Anwendungsbezüge besitzen. Da der mathematische Anteil bewusst sehr gering gehalten wird, dürften auch Allgemeininteressierte aus dem Text Nutzen ziehen. Natürlich wird die Darstellung nicht in allen Punkten die Zustimmung der Wissenschaftstheoretiker und Philosophen finden. Einiges musste nämlich deutlich vereinfacht werden¹.

Zu den o.g. Gebieten habe ich über Jahrzehnte Lehrveranstaltungen abgehalten, die etwa dem alten „studium generale“ entsprechen: Allgemeine Grundlagen, die für den Naturwissenschaftler und Informationstechniker nützlich sind, sein Hintergrundwissen vertiefen und ihm Kenntnisse vermitteln, wie er besser wissenschaftlich arbeiten könnte oder sollte. Dabei werden Fragen beantwortet: Was ist eine Definition, Theorie, ein Beweis oder die Wahrheit? Derartige Vorlesungen und Seminare musste ich an der Technischen Universität Berlin (nicht an der Freien Universität) um 1992 wegen Mangel an Beteiligung einstellen. Dies war die Zeit, als die Ingenieurwissenschaften durch die zunehmende Zerstörung des Fortschrittsglaubens in Misskredit gerieten. Um so erfreulicher war es, als 1998 mit dem Deutlichwerden des Fehlens an Ingenieuren und Informationstechnikern wieder großes Interesse eintrat. Seitdem findet diese Lehrveranstaltung erneut regen Zuspruch. Dies ist letztlich der Grund, weshalb ich mich zu diesem Buch entschloss. Als ich im Wintersemester 1999/2000 in einer Lehrveranstaltung fragte, ob Studenten Korrektur lesen möchten, meldeten sich unerwartet viele (s.u.). In der Folge hatte ich daher Mühe, das wöchentlich erarbeitete Material in ausreichendem Umfang bereitzustellen. Zu meiner Freude wurde es äußerst kritisch gelesen. So schrieb ich ganze Textpassagen völlig neu und überarbeitete viele Bilder.

¹ Vielleicht ist es daher nützlich, den Philosophen Odo Marquardt [MAR] aus seiner „Philosophie des Stattdessen“ zu zitieren (S. 134): „Philosophen, die nur für Philosophen schreiben, agieren wie Sockenhersteller, die nur Socken für Sockenhersteller herstellen. Sie werden in der Regel nicht einmal von Philosophen gelesen.“

Das Buch beginnt mit einer kurzgefassten *Geschichte der Weltbilder*. Hierbei soll insbesondere herausgestellt werden, dass dem *Determinismus* schon immer die Möglichkeit des *Zufälligen* gegenübersteht. Einsteins Frage | Aussage² ob Gott würfle, wird mit „sowohl als auch“ beantwortet. Vielfach ist die Antwort nur vom Standpunkt und dem Wissen des Fragenden abhängig. Einen Schwerpunkt stellt dabei das Verhältnis von Geistes- und Naturwissenschaften dar. Es bildet die Einleitung zum zweiten Kapitel und betrifft auch teilweise die Welt-Religionen, ist aber auf die Grundlagen der *Erkenntnis* ausgerichtet. Dabei wird von dem berühmten **Platon**-schen³ *Höhlengleichnis* ausgegangen. Es wird durch Betrachtungen zu möglichen Kontakten mit „Außerirdischen“ (*Arecibo*) erweitert. Zentral für die Erkenntnis sind die Begriffe und Inhalte von *Raum*, *Zeit* und *Materie*. Sie werden vertieft eingeführt, wobei besonders ausführlich die widersprüchlichen Aussagen von subjektiver und physikalischer Zeit behandelt werden. Weiter gibt es eine Analyse der Begriffe um *Wahrheit* | *Gültigkeit* und folglich auch Betrachtungen zu den Antinomien | Paradoxien. Dabei bietet sich auch die Möglichkeit, humorvolle Aspekte zu berücksichtigen.

Das dritte Kapitel befasst sich mit den allgemeinen *Grundlagen von Wissenschaft*. Hier wird insbesondere versucht, eine Fülle von Begriffen ihrem Inhalt nach systematisch zu erfassen und zu definieren. Dazu gehören vor allem alphabetisch geordnet: *Abstraktion*, *Annahme*, *Bedeutung*, *Begriff*, *Behauptung*, *Beweis*, *Deduktion*, *Denken*, *Erklärung*, *Experiment*, *Gesetz*, *Hypothese*, *Induktion*, *Komplexität*, *Kompliziertheit*, *Messen*, *Modell*, *Postulat*, *Schlussfolgern*, *Sprache*, *Struktur*, *Symbol*, *Symmetrie*, *System*, *Theorie*, *These*, *Verallgemeinerung*, *Vermutung*, *Vorhersage* und *Zeichen*.

Das vierte Kapitel schafft den Bezug zu einer allgemeinen *Informations-Theorie*. Dabei wird von dem **Wienerschen** Unterschied zwischen Stoff, Energie und Information ausgegangen. Daraus wird ein Modell für Information entwickelt, das deutlich Träger und Getragenes unterscheidet. Es folgen Einführungen in die „harten“ Gebiete der *Shannon-Theorie* (Entropie, Code, analog – kontinuierlich – diskret – digital, Sampling-Theorem, Energie/Bit, Kanalkapazität), *Fehlersicherung*, *Kryptographie*, verlustfreie | verlustbehaftete *Komprimierung* und von Grenzgebieten, wie bidirektionale und deterministische Information sowie dem Informationsfeld. Wesentlich sind hierbei auch die allgemein definierte Redundanz und Relevanz. Weiter werden Beziehungen zwischen *Mensch und Information* an den Beispielen von Gedächtnis, Musikanalyse, Lernmodell, Superzeichen, Kreativität und Emotionen abgeleitet. Der übliche und wünschenswerte Umgang mit Information wird betont gesellschaftskritisch untersucht. Den Abschluss bildet dann das meist völlig vernachlässigte Verhältnis von Bild, Formel, Text und Ton.

Aus der Summe der verschiedenen Teilgebiete ist ersichtlich, dass mit dem Buch auch eine *Zusammenschau* von technischen und philosophischen Aspekten beabsichtigt ist. Begriffsbildung und Kompression haben so einen sehr unmittelbaren Bezug.

² Das Zeichen „|“ wird hier wie das „und/oder“ der Patentsprache bzw. im Sinne von „sowohl als auch“ benutzt. Weiter sollen die so verbundenen Begriffe besser den gemeinten Inhalt ausdrücken. So lassen sich teilweise höhere Abstrakta vermeiden.

³ Personennamen werden fast immer durch kursiv und fett sowie in Klammern angefügten Lebensdaten gekennzeichnet. Zuweilen wird dies der Übersicht halber unterlassen, zuweilen waren aber auch nicht die Lebensdaten zu beschaffen. Immer sind sie aber – soweit verfügbar – im Anhang genannt.

Sie verringern gleichermaßen einen großen, komplexen Inhalt auf einen geistig | technisch *hand*-habbaren Umfang. Kryptographie, Höhlengleichnis und Suche nach Außerirdischen entsprechen immer einem „Erraten“ von etwas Unverständlichem. Redundanz und Relevanz zeigen, wie gleichermaßen in Technik, Natur und Sprache durch hinzugefügte Information, eine größere Sicherheit in der Kommunikation erreicht wird. Dabei wird Einiges ergänzt, doch kann dies auch als Überfluss störend sein.

Für die künftigen Wissenschaftler wird schließlich noch einiges herausgestellt, was sehr unüblich ist: Es werden *Probleme* | *Aufgaben* benannt, die, sofern eine Lösung möglich sein sollte, erhebliche oder gar große Umwälzungen bewirken könnten. Hier sei nur erwähnt: Ist es möglich, eine Theorie der Informatik zu schaffen, die den Wirkungsgrad von Automaten und Programmen bestimmen lässt? Der *Carnot*-Prozess und die *Shannon*theorie dienen dabei als Vergleich (S. 360ff). Warum ist die Zeit-Quantisierung exakt rückgängig zu machen, jedoch nicht die Amplituden-Quantisierung? Fehlt dazu etwa nur ein noch unbekanntes Gesetz (S. 383ff)? Was wäre alles möglich, wenn es für Bilder einen Code, ähnlich dem ASCII- oder MIDI-Code, gäbe (S. 477f)?

Das Buch wendet sich an einen breiten *Leserkreis*. Insbesondere ist es jenen Naturwissenschaftlern, Ingenieuren, Medizinern usw. gewidmet, die um ein allgemeines Verständnis ihrer Arbeit und deren wissenschaftliche, wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Grundlagen bemüht sind. Nützlich dürfte es auch jenen Geisteswissenschaftlern nützlich sein, die ihre Probleme einmal von der „Gegenseite“ beleuchtet sehen wollen. Ferner richtet es sich an Allgemein-Interessierte. Es ist jedoch kein philosophisches oder wissenschaftstheoretisches Buch⁴, sondern berücksichtigt nur viele dieser Aspekte. Deshalb ist es in einem, insbesondere für Naturwissenschaftler leicht lesbaren Stil abgefasst. Zur Veranschaulichung sind viele Bilder und Tabellen hinzugefügt.

Im *Layout* und *Stil* sind einige Besonderheiten vorhanden. Außer dem bereits in Fußnote 2 erwähnten „|“, werden auch die Anführungszeichen mehrfach genutzt. Neben der, für sie üblichen Kennzeichnung von Zitaten⁵ werden sie auch zur Hervorhebung | Betonung eines Wortes verwendet bzw. dann, wenn ein Wort metaphorisch, im übertragenem Sinne benutzt wird. Für viele Begriffe wurde die Etymologie benutzt. Die einzelnen Sprachen sind dabei durch verschiedene Fonts gekennzeichnet: *griechisch heteros* anders, verschieden. Die Nummerierung der Bilder und Fußnoten erfolgt in jedem Kapitel neu. Nur bei Verweisen auf ein anderes Kapitel wird dessen

4 Philosophie und Wissenschaftstheorie benutzen recht oft tiefsinnige Begriffe, wie das Sein des Seins oder das Denken des Denkens. Auch „unsinnige“, alternative Fragen wie: Wenn es ein Sein gibt, warum gibt es dann kein Nichtsein? Auf solche Inhalte wird hier generell verzichtet. Ebenso werden viele Methoden der Wissenschaftshistoriker, -theoretiker, Philosophen nicht benutzt. So können die dortigen komplizierten Verbots- und Warntafeln umgangen werden. Es wird vielmehr eine möglichst „einfache“, vielleicht etwas zu sehr vereinfachende, aber dadurch möglichst verständliche Darstellung der oft komplexen Zusammenhänge, angestrebt.

5 Zitate werden vielfach durch eine besondere Formatierung gekennzeichnet. Aus der Erfahrung der Lehrveranstaltung und gemäß den Wünschen der Studenten beim Korrekturlesen wurden auch einige etwas längere Zitate eingefügt.

Zahl hinzugefügt, also z.B. Bild 1.27. Um Platz zu sparen, erhalten dagegen Tabellen keine Legende. Der Umgang mit Artikeln erfolgt bewusst differenziert. Es werden *Welt* (ganz allgemein), *die Welt* (eine genau bestimmte, die einzige) und *eine Welt* (als Auswahl zwischen mehreren) unterschieden. Das gilt analog für andere Begriffe, wie Mensch, Glaube und Wahrheit. Um Texte möglichst einfach zu halten, wird bevorzugt die unbestimmte Gegenwart benutzt, und zwar selbst dann, wenn Vergangenes | Geschichtliches behandelt wird. Weitgehend, aber nicht konsequent wird die neue deutsche Rechtschreibung benutzt. Zur Verbesserung der Lesbarkeit wurde bei Komposita häufig der Bindestrich verwendet, also Informations-Flüsse statt Informationsflüsse.

Der Anhang des Buches enthält neben dem üblichen Sachwort- und Literaturverzeichnis eine Liste der erwähnten Persönlichkeiten und eine Zusammenstellung der Konstanten der Physik.⁶

Dieses Buch kam überhaupt nur durch das operative Können von Priv.-Doz. Dr. med. D. *Kintzel* zu Stande, der mich von einem Gehirntumor befreite. Das Manuskript wurde wiederholt gründlich überarbeitet. Dabei habe ich all jenen Dank abzustatten, die sich oft mehrfach der Mühe unterzogen, den Text kritisch zu lesen. Da sind einmal die Studenten: *Torsten Hüker*, *Norbert Marschalleck*, *Susanne Matthey*, *Christian Merten*, *Wahagn Ovasapian*, *Stephan Rein*, *Frank Simon* und *Sylvia Weber*. Sehr intensiv setzten sich Dr. *G. Fischer* und *Stefan Pohle* mit den Texten und Bildern auseinander. Auch meine Frau *Ruth Roma-Völz* stand der umfangreichen Arbeit immer wohlwollend gegenüber und las außerdem fleißig Korrektur. Dennoch bleiben alle Mängel und Fehler, meine Schuld. Dafür bitte ich die Leser um Nachsicht. Mein Dank gilt auch dem Shaker-Verlag für die stets unkomplizierte Zusammenarbeit.

Horst Völz

im August 2001

⁶ Ursprünglich war auch eine CD-ROM geplant. Sie ist jetzt nur direkt vom Autor zum Selbstkostenpreis zu erhalten und enthält u.a. den vollständig „bereinigten“ ASCII-Text des Buches. Dabei fehlen natürlich Bilder, Formeln und Tabellen. Doch die derart kleine Datei ermöglicht eine extrem schnelle Volltextsuche mit Seitenverweis. Die Bilder sind darauf getrennt mit einer Auflösung um 1000×1000 Pixel als PCX- oder JPG-Format vorhanden. Die Formeln sind im EPS-Format abgelegt. Außerdem enthält die CD-ROM vielfältiges, ergänzendes Material, u.a. eine große Geschichtsdatei, ein Programm zum Erproben von Arecibo-Signalen und einige MP3-Dateien von Hörspielen.

Inhaltsverzeichnis

1	Wir und die Welt	1
1.1	Was die Welt ist	1
1.2	Wie wir die Welt erkennen	3
1.3	Kurze Geschichte der Wissenschaft.....	6
1.4	Urzeit.....	8
1.5	Rationalismus.....	9
1.5.1	Seine Quellen.....	9
1.5.2	Fortführung des Rationalismus:	11
1.5.3	Höhepunkt des Rationalismus	11
1.5.4	Inhalt des Rationalismus.....	14
1.5.5	Rettung des Rationalismus?	15
1.5.6	Relativitätstheorie.....	16
1.5.7	Informatik.....	20
1.5.8	Künstliche Intelligenz.....	26
	<i>Intelligenz- und Turingtest.....</i>	<i>26</i>
	<i>Sprachen und Sprachverstehen.....</i>	<i>28</i>
	<i>Expertensysteme.....</i>	<i>31</i>
	<i>Vergleich Mensch Computer</i>	<i>32</i>
1.6	Wahrscheinlichkeit und Zufall.....	34
1.6.1	Altertum.....	34
1.6.2	Neubeginn.....	34
1.6.3	Umgangssprachlich und allwissend	35
1.6.4	Thermodynamik.....	37
1.6.4	Quantentheorie	37
	<i>Die Strahlungsgesetze.....</i>	<i>37</i>
	<i>Heisenbergs Matrizenmechanik.....</i>	<i>39</i>
	<i>De Broglie Materiewellen.....</i>	<i>39</i>
	<i>Schrödinger-Gleichung.....</i>	<i>39</i>
	<i>Paradoxa zur Quantentheorie</i>	<i>41</i>
1.6.5	Kybernetik	42
	<i>Norbert Wiener</i>	<i>42</i>
	<i>Zur Geschichte.....</i>	<i>43</i>
	<i>Regelungs- und Steuerungstechnik</i>	<i>45</i>
	<i>Grundprinzipien.....</i>	<i>46</i>
	<i>Grenzen.....</i>	<i>47</i>
1.6.6	Fraktales Geschehen.....	48
	<i>Geschichte.....</i>	<i>48</i>
	<i>Kurvenlänge.....</i>	<i>41</i>
	<i>Physikalische Attraktoren</i>	<i>52</i>
	<i>Feigenbaum-Diagramm.....</i>	<i>56</i>
	<i>Apfelmännchen.....</i>	<i>47</i>
	<i>Julia-Mengen</i>	<i>61</i>
	<i>L-Systeme.....</i>	<i>51</i>
	<i>Geometrische Drehmultiplikation.....</i>	<i>64</i>
	<i>Barnsley "Hüpfer".....</i>	<i>66</i>
	<i>Weitere Methoden und Schlussfolgerungen.....</i>	<i>67</i>
1.7	Zusammenfassung zur Geschichte.....	68
2	Erkennen und Erkenntnistheorie	71

<i>Metaphysik</i>	74
<i>Wissenschaftstheorie</i>	74
2.1 Natur- und Geisteswissenschaft.....	75
2.1.1 Das Höhlengleichnis.....	79
2.1.2 Botschaft an die Außerirdischen.....	81
2.2 Götter und Religionen.....	84
2.2.1 Arten göttlicher Wesen und Dämonen.....	85
2.2.2 Grundsätzliches zu Religionen.....	88
2.2.3 Vergleich der großen Weltreligionen.....	91
2.2.4 Zu Glauben und Sinn.....	93
2.3 Raum, Zeit und Materie.....	94
2.3.1 Etymologie.....	94
2.3.2 Wissenschaftsgeschichte.....	94
2.3.3 Proto-Theorien.....	95
2.3.4 Raum.....	96
<i>In Sprache und Physiologie</i>	96
<i>Entwicklung der Geometrie</i>	97
<i>Axiomatik</i>	98
<i>Räume</i>	99
<i>Raum und Zeit seit Einstein</i>	100
2.3.5 Zeit.....	101
<i>Ist Zeit ein Objekt?</i>	101
<i>Der Kalender</i>	102
<i>Die Woche</i>	106
<i>Die Stunde</i>	107
<i>Erfindung der Räderuhr</i>	109
<i>Zeitmessung</i>	110
<i>Die Zeitrichtung</i>	112
<i>Zyklische Zeit</i>	115
<i>Subjektive Zeit</i>	119
<i>Subjektive Gegenwart</i>	120
<i>Subjektive Vergangenheit</i>	122
<i>Allgemeines zur subjektiven Zeiterfahrungen</i>	126
<i>Zeit und Religion</i>	128
<i>Wie entstand die Zeit?</i>	130
<i>Werden in der Zeit</i>	132
<i>Mischen und Ordnen</i>	133
<i>Beschleunigung der Zeit</i>	135
2.4 Erkenntnisprozess und -gewinn.....	138
2.4.1 Das erkennende Subjekt, der Mensch.....	139
2.4.2 Voraussetzungen der Welt.....	144
2.4.3 Der Erkenntnisprozess.....	149
2.4.4 Methoden zur Erkenntnis.....	150
2.4.5 Ergebnisse als Regel, Prinzip, Effekt, Information und Wissen.....	153
2.4.6 Sicherheit der Ergebnisse.....	124
<i>Aussagen</i>	157
<i>Urteil</i>	158
<i>Gewissheit</i>	160
<i>Wahrheit</i>	161
<i>Wirklichkeit, Schein, sichere Ergebnisse</i>	164

2.4.7 Paradoxie, Antinomie, Aporie	166
<i>Aporie</i>	169
<i>Logische Widersprüche</i>	169
<i>Unendlichkeits-Paradoxien</i>	175
<i>Scheinbare Widersprüche</i>	177
<i>Statistische Widersprüche</i>	178
<i>Pragmatische Widersprüche</i>	181
<i>Bildliche Widersprüche</i>	183
<i>Humorvolle Widersprüche</i>	187
<i>Sonstige Widersprüche</i>	191
3 Wissenschaft	195
3.1 Ziel und Inhalt	197
3.1.1 Vorhersage	199
3.1.2 Erklärung	201
3.1.3 Prognose	202
<i>Quantitative Methoden</i>	203
<i>Qualitative Methoden</i>	208
3.1.4 Rücksagbarkeit	212
3.1.5 Klassifikation von Wissenschaften	214
3.1.6 Rang der Wissenschaft	216
3.2 Experiment	218
3.2.1 Geschichte	218
3.2.2 Prinzip des Experiments	220
3.2.3 Besondere Experimente	224
3.3 Messen	227
3.3.1 Etymologie	228
3.3.2 Was wird gemessen?	229
3.3.3 Skalentypen	231
3.3.4 Maßeinheiten und Maßsystem	234
3.3.5 Absolute Maße und Maßsysteme	239
3.3.6 Messfehler und Messgrenzen	241
3.3.7 Messähnliche Verfahren	247
3.4 Methoden	250
3.4.1 Axiomatik	251
<i>Peano-Axiomatik der Zahlentheorie</i>	252
<i>Grundsätze</i>	253
3.4.2 Beweisen und Schlussfolgern	255
3.4.3 Verallgemeinerung und Abstraktion	257
<i>Abstraktion und Klassifikation</i>	258
<i>Verallgemeinerung</i>	261
<i>Induktion und Deduktion</i>	261
3.4.4 Weitere Methoden	263
<i>Definition</i>	263
<i>Zweifel</i>	265
<i>Problemlösen und Heuristik</i>	266
<i>Rekursion</i>	267
3.5 Ergebnisse	269
3.5.1 Wissen und Erkenntnis	270
3.5.2 Das Neue	272

3.5.3	Von der Annahme zur Theorie	273
	<i>Annahme, Vermutung</i>	273
	<i>Behauptung, Postulat</i>	274
	<i>These und Hypothese</i>	276
	<i>Gesetz</i>	277
	<i>Theorie</i>	282
3.5.4	System, Varianten und Eigenschaften	287
	<i>Element</i>	289
	<i>Funktion</i>	291
	<i>Modell</i>	292
	<i>Struktur</i>	294
	<i>Systemeigenschaften</i>	295
3.5.5	Komplexität - Kompliziertheit	299
	<i>Arten von Komplexität</i>	300
	<i>Zeit- und Raum-Komplexität</i>	303
	<i>Kolmogoroff-Komplexität</i>	305
	<i>Weitere formale Komplexitäten</i>	306
	<i>Zahlenkomplexität</i>	307
3.5.6	Symmetrie.....	311
	<i>Erkenntnistheorie</i>	312
	<i>Mathematik</i>	313
	<i>Ebene Geometrie</i>	313
	<i>Räumliche Anordnungen</i>	316
	<i>Physik</i>	318
	<i>Symmetriebrechung</i>	320
	<i>Inversion</i>	321
	<i>Reziprozität</i>	321
	<i>Lebewesen und Mensch</i>	321
	<i>Gleichgewicht</i>	322
	<i>Kunst und Ästhetik</i>	324
	<i>Literatur</i>	325
	<i>Musik</i>	326
	<i>Ergänzungen</i>	327
3.5.7	Grenzen - Abgrenzung	328
	<i>Philosophie</i>	330
	<i>Mathematik</i>	330
	<i>Physik und Chemie</i>	332
	<i>Technik und Informatik</i>	333
	<i>Leben und Mensch</i>	335
	<i>Überblick und Zusammenfassung</i>	336
3.6	Beschreibungsform	339
3.6.1	Sprache und Denken.....	341
3.6.2	Symbol und Zeichen.....	343
3.6.3	Geschichtliche Entwicklung.....	344
3.6.4	Semiotik.....	345
3.6.5	Begriff.....	347
3.6.6	Bedeutung.....	349

4.1	Ein Informationsmodell	352
4.1.1	Stoff und Energie als Modelle	353
4.1.2	Information als Modell	354
4.1.3	Das Getragene	355
4.1.4	Definition von Information	358
4.1.5	Wirkungsgrade	360
4.2	Shannontheorie	363
4.2.1	Entropie	364
	<i>Eine einfache Erklärung</i>	365
	<i>Erste Folgerungen</i>	366
	<i>Wahrscheinlichkeit, Häufigkeit und Gleichverteilung</i>	368
	<i>Axiomatische Ableitung</i>	369
4.2.2	Code	370
	<i>Codeaufwand und Redundanz</i>	371
	<i>Entropie- bzw. Quellen-Codierung</i>	373
	<i>Decodierbarkeit</i>	375
	<i>Zur Optimalität der Huffman-Codierung</i>	378
4.2.3	Analog, kontinuierlich, diskret und digital	379
	<i>Sampling-Theorem</i>	383
	<i>Wann reichen endlich viele Werte?</i>	384
	<i>Entropie kontinuierlicher Signale</i>	386
	<i>Amplitudenstufen</i>	386
4.2.4	Kanalkapazität	388
4.2.5	Informationsmenge und austauschbare Größen	390
4.2.6	Energie je Bit	392
4.2.7	Bidirektionale Information	393
4.2.8	Deterministische Entropie	395
4.2.9	Informationsfeld	397
	<i>Der Begriff Feld</i>	398
	<i>Felder und Wellen der Physik</i>	398
	<i>Möglichkeiten von Informationsfeldern</i>	401
4.3	Komprimierung	404
4.3.1	Verlustfrei und verlustbehaftet	405
4.3.2	Redundanz und Relevanz	407
4.3.3	Beispiel Hören	408
4.3.4	Beispiel Farbsehen	410
4.3.5	Verlustfreie Verfahren	411
	<i>Code-Erweiterung und Pointer-Verfahren</i>	413
	<i>Eine iterative Methode</i>	416
	<i>Sortierung und Umkehr</i>	418
4.3.6	Mathematische Funktionen	418
4.3.7	Zusammenfassender Überblick	419
4.4	Fehlersicherung	421
4.4.1	Kanalstörungen	421
4.4.2	Der Hamming-Abstand	423
4.4.3	Erkennbare und korrigierbare Fehler	424
4.4.4	Einfache Sicherungsverfahren	426
4.4.5	Die Polynom-Methode	427
4.4.6	CRC-Methode	429
4.4.7	Interleaving	430
4.5	Datensicherheit	431
4.5.1	Symmetrische Kryptographie	432

<i>Geschichtliches</i>	432
<i>Beispiel „Gold Bug“</i>	433
<i>Grundprinzip</i>	434
<i>Substitutions- und Transpositions-Chiffren</i>	434
<i>Data Encryption Standard (DES)</i>	437
<i>Folgen von Kryptographie:</i>	438
4.5.2 Asymmetrische Verfahren.....	438
<i>Einwegfunktion als Grundlage für RSA</i>	439
<i>Probleme und weitere Verfahren</i>	440
4.5.3 Eigenschaften und Kriterien.....	441
4.5.4 Digitale Unterschrift, Signatur, Hash-Code	442
4.5.5 Steganographie und digitale Wasserzeichen	443
4.5.6 Biometrie	445
4.6 Mensch und Information.....	447
4.6.1 Gedächtnis	447
<i>Die drei Gedächtnistypen</i>	448
<i>Kritik der Daten</i>	451
<i>Sensorisches Gedächtnis</i>	452
<i>Lesbarkeitsindex</i>	453
4.6.2 Musikanalyse.....	454
4.6.3 Ein Lernmodell.....	455
4.6.4 Superzeichen.....	457
4.6.5 α - und Bongard-Weiß-Entropie	458
4.6.6 Weber-Fechnersches Gesetz.....	458
4.6.7 Kreativität	459
<i>Neu, Patent- und Urhebergesetz</i>	459
<i>Kreativität und Problemlösen</i>	462
<i>Arten der Kreativität</i>	463
<i>Einige Folgerungen</i>	467
4.6.8 Emotionen.....	468
<i>Dimensionen</i>	468
<i>Ein Modell</i>	470
4.6.9 Umgang mit Informationen	471
<i>Datenverluste und Geheimhaltung</i>	473
<i>Verbote, Vernichtungen, Fehlinformationen</i>	475
<i>Informationsschwelle</i>	476
4.7 Bild – Formel – Text – Ton	477
4.7.1 Zur Geschichte.....	477
4.7.2 Bild contra Ton.....	479
4.7.3 ASCII- und MIDI-Code	479
4.7.4 Formel und Bild.....	481
4.7.5 Hören oder sehen.....	484
<i>Taub oder blind</i>	484
<i>Neuronal-anatomische und physiologische Betrachtung</i>	486
<i>Vielfalt der Bilder</i>	487
4.7.6 Ein Bild-Code?!.....	489
5 Anhang	491
5.1 Literaturverzeichnis	491
5.2 Konstanten der Physik	497
5.3. Namenverzeichnis.....	498
5.4. Sachwortverzeichnis	506