





---

# Digitale Kommunikation

---

von  
Rüdiger Grimm

---

Oldenbourg Verlag München Wien

---

---

Prof. Dr. Rüdiger Grimm ist seit September 2000 Professor für Multimediale Anwendungssysteme in der Technischen Universität Ilmenau. Neben seinem Lehrstuhl leitet R. Grimm die Forschungsgruppe „Sicherheit für virtuelle Waren“ des IDMT – Fraunhofer Instituts für Digitale Medientechnologie in Ilmenau. R. Grimm ist Mitglied in mehreren Programmkomitees, darunter bei W3C, IFIP-TC6, Trustbus, EC-Web, BSI, LIT. Er gehört zum Herausgeberrat der Fachzeitschrift DuD – Datenschutz und Datensicherheit und zum Leitungsgremium des Fachbereichs „Sicherheit – Schutz und Zuverlässigkeit“ der deutschen GI – Gesellschaft für Informatik.

#### 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.

© 2005 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH  
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München  
Telefon: (089) 45051-0  
[www.oldenbourg.de](http://www.oldenbourg.de)

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Margit Roth  
Herstellung: Anna Grosser  
Umschlagkonzeption: Kraxenberger Kommunikationshaus, München  
Gedruckt auf säure- und chlorfreiem Papier  
Gesamtherstellung: Druckhaus „Thomas Müntzer“ GmbH, Bad Langensalza

ISBN 3-486-57828-6  
ISBN 978-3-486-57828-7

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Die Fragestellung der digitalen Kommunikation.....	1
1.2	Die semiotischen Ebenen Syntax, Semantik und Pragmatik .....	7
1.2.1	Die semiotischen Ebenen .....	7
1.2.2	Syntax.....	8
1.2.3	Semantik.....	8
1.2.4	Pragmatik .....	9
1.2.5	Syntax und Semantik in der Informatik .....	10
1.3	Information.....	14
1.3.1	Umgangssprache .....	14
1.3.2	Information und Unsicherheit .....	15
1.3.3	Information, Objekte und Empfänger .....	16
1.3.4	Information, Unterhaltung und Kommentar .....	17
1.4	Zusammenfassung.....	17
1.5	Lektüre zur Vertiefung.....	18
1.6	Übungsaufgaben.....	18
<b>2</b>	<b>Algorithmen</b>	<b>19</b>
2.1	Gegenstand.....	19
2.2	Planvolles Handeln.....	20
2.2.1	Ziel und Arbeitsschritte.....	20
2.2.2	Beispiele.....	21
2.2.3	Anforderungen .....	22
2.2.4	Terminierung.....	23
2.2.5	Eindeutigkeit .....	23
2.3	Mathematische Algorithmen.....	24
2.4	Algorithmen in der Informatik.....	26
2.4.1	Begriff .....	26
2.4.2	Grundbausteine .....	27
2.4.3	Rekursion .....	28

2.5	Formalisierung von Algorithmen.....	30
2.5.1	Funktionen .....	30
2.5.2	Algorithmenparadigmen .....	31
2.5.3	Die Church-Turing-These.....	32
2.6	Funktionale Algorithmen.....	34
2.6.1	Syntax und Semantik .....	34
2.6.2	Alphabet.....	35
2.6.3	Beschreibung funktionaler Algorithmen durch Terme.....	35
2.6.4	Verhältnis von Algorithmen zu Funktionen .....	37
2.6.5	Überabzählbarkeit des Funktionenraums.....	38
2.7	Die Unentscheidbarkeit des Halteproblems.....	40
2.7.1	Terminierung.....	40
2.7.2	Formulierung und Beweis des Halteproblems.....	41
2.7.3	„Seltsame“ Algorithmen (die nicht existieren können) .....	42
2.8	Zusammenfassung.....	44
2.9	Lektüre zur Vertiefung.....	45
2.10	Übungsaufgaben .....	46
<b>3</b>	<b>Sprache</b>	<b>49</b>
3.1	Die Fragestellung.....	49
3.2	Wie funktioniert Sprache? .....	51
3.3	Sprache als Abbild der Wirklichkeit.....	52
3.3.1	Der Universalienstreit .....	52
3.3.2	Wittgensteins ideale Sprache im Tractatus .....	55
3.4	Unvollständigkeit in der Mathematik und Informatik .....	57
3.4.1	Axiomensystem.....	57
3.4.2	Mengenlehre und Russelsches Paradoxon.....	58
3.4.3	Rekursionen und „endlos geflochtene Bänder“ .....	59
3.4.4	Gödels Unvollständigkeitssatz.....	60
3.4.5	Funktionale Algorithmen in der Informatik.....	61
3.5	Sprache als Kommunikationsmittel: Wittgensteins Sprachspiele .....	62
3.6	Der Kooperationsmechanismus von Grice .....	64
3.7	Die sprachliche Äußerung und ihr Hintergrund .....	66
3.7.1	Der „Hintergrund“ bei Searle .....	66
3.7.2	Hintergrund und Kompetenz in einer Telekooperation .....	69
3.7.3	Hintergrund und Absicht .....	71
3.7.4	Hintergrund und Unschärfe in der Telekooperation .....	71
3.8	Sprechakttheorie .....	73
3.8.1	Schlüsselwörter.....	73

3.8.2	Illokutionärer Akt, illokutionäre Kraft, propositionaler Inhalt .....	73
3.8.3	Perlokutionärer Akt, perlokutionäre Wirkung .....	74
3.8.4	Indirekter Sprechakt .....	74
3.8.5	Konversation .....	75
3.8.6	Illokutionärer Zweck (point), Wort-Welt-Relation.....	75
3.8.7	Die anderen Komponenten der illokutionären Kraft.....	77
3.9	Verbindlichkeit aus sprechakttheoretischer Sicht .....	78
3.9.1	Begriffsbestimmung .....	78
3.9.2	Beispiele für verbindliche Sprechakte .....	79
3.9.3	Systemunterstützung für verbindliche Sprechakte .....	79
3.10	Zusammenfassung .....	80
3.11	Lektüre zur Vertiefung .....	81
3.12	Übungsaufgaben.....	81
<b>4</b>	<b>Kommunikationswissenschaftliche Modelle</b>	<b>83</b>
4.1	Geschichte der Kommunikationswissenschaft.....	83
4.2	Massenkommunikation und Individualkommunikation .....	85
4.3	Gegenstand der Kommunikationswissenschaft .....	88
4.4	Modellbildung .....	89
4.5	Kommunikation und das grundlegende Kommunikator-Rezipient-Modell .....	91
4.6	Arten von Kommunikation .....	92
4.7	Merkmale von Humankommunikation .....	93
4.8	Medium, Kanal und Botschaft .....	95
4.9	Kommunikationsmodelle .....	97
4.9.1	Das Kommunikationsmodell technischer Übertragungskanäle nach Shannon und Weaver (1949).....	97
4.9.2	Das bidirektionale Kommunikationsmodell mit Interpretation und soziokultureller Einbettung von Prakke (1968) .....	98
4.9.3	Das reflexive Kommunikationsmodell von Merten (1977) .....	99
4.9.4	Die Lasswell-Formel der Massenkommunikation (1961) .....	100
4.9.5	Das Rückkopplungsmodell der Massenkommunikation nach Westley und McLean (1957).....	101
4.10	Transfer, Konstruktion und Handlung .....	102
4.11	Zusammenfassung .....	103
4.12	Lektüre zur Vertiefung .....	104
4.13	Übungsaufgaben.....	105

<b>5</b>	<b>Telekooperationsmodell</b>	<b>107</b>
5.1	Der Begriff Telekooperation.....	107
5.2	Die Bestandteile des Modells .....	108
5.2.1	Modellwelt für Personen in Kooperationsrollen.....	108
5.2.2	Person.....	108
5.2.3	Rolle.....	109
5.2.4	Akteur, Aktivität .....	110
5.2.5	Ziel .....	110
5.2.6	Lebenszeit .....	111
5.2.7	Kompetenz und Akteurskompetenz.....	111
5.2.8	Zweck.....	112
5.2.9	Kooperation, Erfolgskopplung und Kooperationsziel .....	113
5.2.10	Beispiele von Kooperationen.....	11
5.3	Verschiedene Konstellationen von Personen in Rollen .....	116
5.3.1	Verträglichkeit einer Person in mehreren Rollen .....	116
5.3.2	Konsistenz mehrerer Aktivitäten .....	116
5.3.3	Koordination mehrerer Rollen .....	116
5.3.4	Autorisierung von Personen.....	117
5.3.5	Übertragung und Realisierung der Akteurskompetenz.....	117
5.4	Akteur als automatischer Stellvertreter.....	119
5.5	Hierarchie von Akteuren und Hierarchie von Rollen .....	120
5.6	Andere Rollenmodelle .....	122
5.7	Zusammenfassung.....	122
5.8	Lektüre zur Vertiefung.....	123
5.9	Übungsaufgaben .....	123
<b>6</b>	<b>Das mathematische Modell der Übertragungskanäle von Shannon</b>	<b>125</b>
6.1	Gegenstand.....	125
6.2	Hintergrund und Wirkung.....	126
6.3	Das Grundmodell und die Grundbegriffe .....	129
6.4	Zusammenhang zwischen analogen und diskreten Signalen (Fourier und Nyquist) .....	131
6.4.1	Fourier.....	131
6.4.2	Nyquist und Shannon.....	133
6.5	Der diskrete Kanal ohne Störung.....	134
6.5.1	Kanalkapazität.....	134
6.5.2	Kleiner Exkurs über den Logarithmus.....	135
6.5.3	Wahrscheinlichkeitssteuerung des Übertragungsprozesses.....	136
6.5.4	Effiziente Kodierung.....	139



---

6.5.5	Wahlmöglichkeit, Unsicherheit und Entropie.....	140
6.5.6	Entropie einer Informationsquelle.....	144
6.5.7	Effizienz der Kodierung und Hauptsatz.....	148
6.6	Der diskrete Kanal mit Störung .....	151
6.6.1	Störung, Korrektur und Übertragungsrate .....	151
6.6.2	Beispiel einer Störung .....	153
6.6.3	Effizienz der Kodierung und Hauptsatz.....	154
6.6.4	Interpretation des Hauptsatzes .....	155
6.7	Analoge Informationsquellen mit Störung.....	156
6.8	Zusammenfassung.....	156
6.9	Lektüre zur Vertiefung .....	157
6.10	Übungsaufgaben.....	157
<b>7</b>	<b>Das OSI-Referenzmodell</b> .....	<b>159</b>
7.1	Gegenstand .....	159
7.2	Funktionsschichten.....	161
7.2.1	Komplexität der Kommunikationsfunktionen .....	161
7.2.2	Historie .....	164
7.2.3	Bausteine einer Schicht .....	166
7.2.4	Verbindungsorientierte und verbindungslose Netzdienste .....	168
7.2.5	Dienstprimitive.....	169
7.3	Die 7 Schichten des OSI-Referenzmodells .....	173
7.3.1	Schicht 1: Die Physikalische Schicht.....	173
7.3.2	Schicht 2: Die Sicherungsschicht (Data Link).....	173
7.3.3	Schicht 3: Die Vermittlungsschicht (Network).....	174
7.3.4	Schicht 4: Die Transportschicht (Transport).....	174
7.3.5	Schicht 5: Die Kommunikationssteuerungsschicht (Session).....	175
7.3.6	Schicht 6: Die Darstellungsschicht (Presentation).....	175
7.3.7	Schicht 7: Die Anwendungsschicht (Application).....	176
7.3.8	Graphische Darstellung.....	176
7.4	Das Internet TCP/IP-Referenzmodell .....	177
7.4.1	Die vier Schichten des Internet TCP/IP-Referenzmodells.....	177
7.4.2	Vergleich zwischen OSI und Internet .....	180
7.5	Zusammenfassung.....	182
7.6	Lektüre zur Vertiefung .....	183
7.7	Übungsaufgaben.....	183
<b>8</b>	<b>Protokolle</b> .....	<b>185</b>
8.1	Gegenstand .....	185

8.2	Begriffsbildung .....	186
8.2.1	Gesellschaftliches Protokoll .....	186
8.2.2	Digitales Protokoll .....	187
8.3	Protokollspezifikationen .....	189
8.3.1	Aufgabe und Ziel .....	189
8.3.2	Nachrichtenschema .....	191
8.3.3	Formale Sprachen und Endliche Zustandsautomaten (FSM – <i>Finite State Machine</i> ) .....	192
8.3.4	Petri-Netze .....	194
8.4	Beispiel 1: Eingleisige Tunnelstrecke.....	196
8.5	Beispiel 2: Gesicherter Datenversand der Verbindungsschicht.....	198
8.5.1	Verbindungsprotokolle .....	198
8.5.2	Basisprotokoll „BP“ .....	200
8.5.3	Basisprotokoll mit <i>Stop-and-Wait</i> -Bestätigung „SW“ .....	201
8.5.4	<i>Stop-and-Wait</i> mit einfachem <i>Timeout</i> des Sender „SW+TO“ .....	203
8.5.5	<i>Alternating-Bit</i> -Protokoll „AB“ .....	205
8.5.6	<i>Sliding Windows</i> für Fluss- und Fehlerkontrolle .....	210
8.6	Beispiel 3: SMTP für E-Mail im Internet .....	212
8.6.1	Modell der Simple Mail für das Internet .....	212
8.6.2	Datenformat der Simple Mail für das Internet nach RFC 822.....	213
8.6.3	SMTP – Simple Mail Transfer Protocol nach RFC 821 .....	214
8.6.4	Zustandsautomaten für das SMTP-Protokoll.....	218
8.7	Beispiel 4: HTTP für das World Wide Web.....	219
8.7.1	Modell des Übertragungsprotokolls im Web.....	219
8.7.2	Die Protokolldatenelemente Request und Response .....	221
8.7.3	Der Uniform Resource Locator URL .....	224
8.7.4	Protokollzustände.....	226
8.8	Beispiel 5: Angebot – Gegenangebot im E-Commerce.....	226
8.8.1	Drei-Schritte Basisprotokoll für vertragsbasiertes E-Commerce .....	226
8.8.2	Kooperation, Signatur und Terminierung.....	227
8.8.3	Formale Darstellungen.....	228
8.9	Zusammenfassung.....	230
8.10	Lektüre zur Vertiefung.....	231
8.11	Übungsaufgaben .....	232
<b>9</b>	<b>Datenformate im Internet</b> .....	<b>235</b>
9.1	Der Gegenstand.....	235
9.2	Logische Struktur, Rohdaten und Präsentation von Daten .....	236
9.3	Kodierung .....	239
9.4	Der ASCII-Zeichensatz.....	240

---

9.4.1	Historie .....	240
9.4.2	Struktur, Rohdaten, Präsentation und Kodierung .....	241
9.4.3	Die ASCII-Zeichencodes .....	242
9.5	E-Mail Format nach RFC 822 .....	244
9.6	MIME -- Multimedia im Internet .....	245
9.6.1	Historie .....	245
9.6.2	Struktur, Rohdaten, Präsentation und Kodierung .....	246
9.6.3	Base-64-Kodierung .....	247
9.6.4	Das MIME-Format .....	248
9.6.5	Beispiele .....	249
9.7	ASN.1 .....	251
9.7.1	Historie .....	251
9.7.2	Struktur, Rohdaten, Präsentation und Kodierung .....	252
9.7.3	Basic Encoding Rules .....	254
9.7.4	Beispiele .....	257
9.8	XML .....	259
9.8.1	Historie .....	259
9.8.2	Struktur, Rohdaten, Präsentation und Kodierung .....	261
9.8.3	Wohlgeformte <i>Tag</i> -Darsellung von XML-Dokumenten .....	264
9.8.4	Dokumenttyp Definitionen .....	265
9.8.5	Schema Definitionen .....	266
9.8.6	Transformationen und Präsentationen mit XSLT .....	271
9.8.7	Verarbeitung von XML-Dokumenten .....	274
9.8.8	Beispiele .....	275
9.9	HTML .....	281
9.9.1	Gegenstand und Historie .....	281
9.9.2	Logische Struktur, Rohdaten, Präsentation und Kodierung .....	283
9.9.3	Cascading Style Sheets .....	285
9.9.4	Die Hyperlinks in das World Wide Web .....	286
9.9.5	HTML-Formulare .....	287
9.9.6	Beispiel: ein unausgefülltes Banküberweisungsformular .....	288
9.10	Zusammenfassung .....	291
9.11	Lektüre zur Vertiefung .....	292
9.12	Übungsaufgaben .....	292
<b>Nachwort</b>		<b>299</b>
Was haben wir gelernt? .....		295
Danksagung .....		296

---

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>29</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>311</b>
<b>Personenverzeichnis</b>	<b>316</b>
<b>Stichwortindex</b>	<b>323</b>