





---

# 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>

# 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>

# 1 Einführung

## 1.1 Die Fragestellung der digitalen Kommunikation

Wie kommt es, dass Sie, liebe Leserin, lieber Leser, die seltsam geschwungenen schwarzen Linien, die wir Buchstaben nennen, über Ihr Auge aufnehmen, in Ihrem Innern zu Wörtern und Sätzen formen und das „verstehen“, was ich Ihnen sagen will? Wie kommt es, dass Menschen Töne formen, die bei ihren Mitmenschen gehört werden, auf Verständnis stoßen und Wirkung im praktischen Handeln erzielen? Wie funktioniert Sprache, wie funktionieren und wirken das Sprechen und Hören, das Schreiben und Lesen, und wieso verstehen wir uns auf diesem Wege? Von dieser spannenden Frage handelt das Thema Kommunikation.

Das Wort Kommunikation stammt aus dem lateinischen „communicatio“, Mitteilung, das auf „communis“, gemeinsam, beruht. „communicare“ bedeutet sowohl gemeinsam handeln als auch teilen und mitteilen. Die etymologische Wurzel ist im modernen Begriff Kommunikation erhalten geblieben. Bereits die Mitteilung in einer einfachen Rede ist „communicatio“, ein gemeinsames Tun. In weiterem Sinne ist Kommunikation Rede und Gegenrede mit den vielfältigen Bezügen der Kommunikationspartner zueinander und zu ihrem gemeinsamen Handeln.

Digitale Kommunikation bedeutet zunächst Kommunikation mit Hilfe digitaler Medien. Unter den digitalen Medien steht das Internet an erster Stelle mit seinem vielfältigen Angebot an Publikation und Wechselrede. Dass die Kommunikation selbst digital genannt wird, ist aber keine sprachliche Nachlässigkeit, sondern bringt zum Ausdruck, dass die Kommunikation über digitale Medien eine andere wird. Das Besondere an dieser neuen Kommunikationsform besteht darin, dass das digitale Medium Internet die Menschen gleichzeitig voneinander trennt als auch einander nahe bringt. Die Nähe wird durch den raum- und zeitübergreifenden Zugang zum Netz hergestellt, die Trennung entsteht durch den Verlust der sinnlichen Wahrnehmung der physischen Präsenz, das erlebt der Nutzer als Virtualisierung der Partner und Gegenstände. Die Neuartigkeit der Kommunikation über die digitalen Medien rechtfertigt ihre Bezeichnung als digitale Kommunikation. Das ist der Gegenstand dieses Buches.

Der rasche Siegeszug der Kommunikationstechnik von einer Nischentechnologie in das Zentrum alltäglichen Lebens während der 1990er Jahre ist Anlass zur Beschäftigung mit dem Thema der digitalen Kommunikation. Internet und Mobilfunk im Verein mit einer beispiellosen Miniaturisierung der Bauelemente verschaffen zunehmend mehr Menschen weltweite,

zeitlich unbegrenzte und mobile Erreichbarkeit. Es ist allerdings zu beachten, dass der Zugang zum Netz und zu seinen Inhalten sowohl über die ganze Welt insgesamt als auch innerhalb der Gesellschaften ungleich verteilt ist. Die Trennung der Menschen, die keinen Zugang haben, von denen, die „im Netz“ sind, wird unter dem Stichwort „Digital Divide“ behandelt (Warschauer 2002). Zur Überbrückung dieser Trennungslinie („Bridging the Digital Divide“) gibt es zahlreiche Initiativen (s. z.B. [www.digitaldividenetwork.org](http://www.digitaldividenetwork.org)). In diesem Buch wird der Digital Divide selbst nicht problematisiert, sondern der optimistische Standpunkt eingenommen, dass die Überbrückung erfolgreich sein wird.

Unter den zahlreicher werdenden Menschen, die Zugang zu den Kommunikationsnetzen haben, stiftet das Medium selbst neues Kommunikationsverhalten. Das elektronische Bezahlen oder der Download digitaler Musik verschaffen gegenüber dem Reisen mit Kreditbriefen bzw. dem Besuch eines Konzerts neue Handlungs- und Erlebnisräume. Das Medium in Form der programmierbaren und in großen Infrastrukturen vorgehaltenen Kommunikationsnetzen wird „aktiv“, es erzeugt neue Kommunikationsformen, und es wird neuen Kommunikationsanforderungen angepasst. Deshalb fügt Pürer (2001) mit Recht zu den traditionellen Kommunikationsformen subanimale, animale und humane Kommunikation sowie Massenkommunikation nach Merten (1977) die „Computer vermittelte Kommunikation“ hinzu. Von dieser ist in diesem Buch unter dem Thema „Digitale Kommunikation“ vor allem die Rede, aber da diese in einer dynamischen Wechselwirkung mit der humanen Kommunikation steht, wird die Sprachphilosophie ebenfalls berücksichtigt.

Wir stellen uns den Menschen als denkendes und sprechendes Wesen vor. Menschen sprechen miteinander, indem sie durch den sie trennenden Raum hinweg Zeichen austauschen und dabei beim Partner einen ihren eigenen Gedanken analogen Sinn erzeugen. Dabei können Sprecher und Hörer in Gruppen auftreten, im Chor, auf der Bühne, auf dem Podium, bzw. als Publikum. Sie können zu zweit oder in kleinen Gruppen miteinander sprechen und wechseln sich dabei in ihren Rollen als Sprecher und Hörer ab. Selbst die Gedanken des schweigenden Menschen sind als „Selbstgespräch der Seele“ (Platon) vorstellbar. All das verstehen wir als Kommunikation und beziehen dabei über das gesprochene Wort hinaus Schrift, Bild und Ton sowie symbolische Handlungen und körperliche Berührungen ein.

Kommunikation ist zwar alltäglich, aber dennoch staunenswert. Wie transportiert sich eigentlich Sinn von einem Menschen zum anderen und gar zu vielen in gleicher Weise? In Zeiten spiritueller Erweckung wird dieses Phänomen als Wunder gepriesen, das Christentum verehrt darin den Heiligen Geist.



Abbildung 1.1: Geistausgießung, Buchmalerei, Pariser Stundenbuch, Folio 127 r, Sammlung Renate König, Erzbischöfliches Diözesanmuseum Köln.

Und in der Tat stellt es sich auch der Wissenschaft als außerordentlich komplex dar. Die moderne Kommunikationswissenschaft nähert sich dem Phänomen durch eine modellhafte Zerlegung in die vier Bestandteile Sender, Empfänger, Botschaft und Medium.

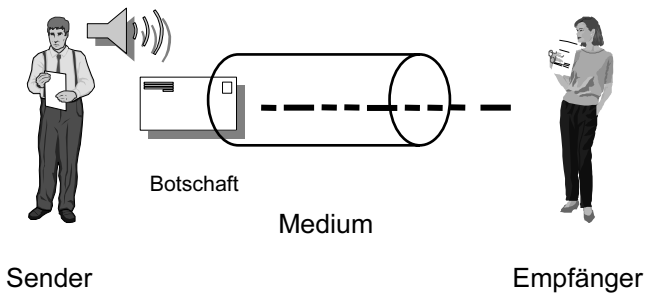


Abbildung 1.2: Kommunikationsmodell Sender-Empfänger-Botschaft-Medium.

Im Blickpunkt der „digitalen Kommunikation“ steht zunächst das Medium der Kommunikation im technisch-informatischen und sprachlichen Sinne. Das Medium transportiert nicht nur die Botschaft im Wortlaut, sondern auch ihren Sinn. Es ist durch zwei Schichten hin-

durch zugänglich: die technische der Physik, Medientechnik und Informatik sowie die philosophische der Sprache. Die Physik beleuchtet die Gesetzmäßigkeiten von Schall und elektromagnetischen Wellen. Die Medientechnik sorgt für die maschinelle Realisierung der Eingabe, Ausstrahlung und Übertragung der Symbole. Die Informatik behandelt die Kodierung, die Austauschlogik und die automatische Verarbeitung der Symbole auf der medientechnologischen Grundlage der Maschinen. Umgekehrt beeinflussen informatorisch-logische Einsichten provokativ die Konstruktion der Maschinen. In der philosophischen Schicht werden das Funktionieren von Sprache, das Verständnis der Menschen und die Einbettung in ihren Handlungskontext untersucht.

Kommunikation ist damit noch nicht vollständig beschrieben. Es fehlt noch der biologische Zugang der Menschen zum Medium, seine Sinnesorgane sowie die soziologische Komponente der kommunikativen Kooperation und der Organisation von Gesellschaft. Hier wechselt der Blickpunkt vom Medium zu den Sendern und Empfängern und ihren Umgang mit den Botschaften. Biologie (und Psychologie) sowie Soziologie (und in ihrem Gefolge Ökonomie und Jura) spielen sogar eine bedeutende Rolle in der technischen Entwicklung von Kommunikation. Zum Beispiel Biologie und Wahrnehmungspsychologie: gute Endgeräte etwa müssen auf die Sinnesorgane abgestimmt sein, Kompressionstechniken berücksichtigen diejenigen physikalischen Wellenbereiche, die von den Sinnesorganen nicht wahrgenommen und deshalb weggelassen werden können. Erst die Soziologie kann die politische Dimension der Medienwirkung mit all ihren neuen Anwendungen, wie zum Beispiel elektronische Wahlen, omnipräsente Nachrichten, unbegrenzte passive Erreichbarkeit usw. erklären und trägt auf diese Weise umgekehrt zur Gestaltung der Technik bei. Und die Bedeutung der ökonomischen Dimension der modernen Kommunikationsformen steht außer Frage.

Mensch und Gesellschaft	Soziologie: Der Mensch in seiner Gesellschaft	}	<i>Digitale Kommunikation</i>
	Psychologie: Der Mensch und seine Sinnesorgane		
	Philosophie: Sprache und Verständnis der Welt		
Technik und Informationsstrukturen	Informatik: Datenorganisation		
	Medientechnik: Geräte und Netze		
	Physik: Elektronik und Material		

Abbildung 1.3: Ein Schichtenmodell des Kommunikationsmediums.



Die Untersuchung der digitalen Kommunikation beschränkt sich aber auf die Schnittstelle zwischen Informatik und Sprachphilosophie. In der Informatik wird ein abstraktes Modell der Maschinen und ihrer Physik mitgedacht, und hinter der Philosophie der Sprache wird eine sinnvolle Kooperationsform der Menschen unterstellt. Zur vertieften Behandlung der technischen Dimension einerseits und der soziologischen Dimension andererseits sei auf die weiterführende Literatur verwiesen, etwa auf (Tanenbaum 2003) für eine ausführliche Behandlung der Kommunikationstechnik und auf (Döring 2003) als Standardwerk der Sozialpsychologie des Internet.

Die mathematisch basierte Informatik abstrahiert von den elektromagnetischen Impulsen, indem sie sie als Bits und Bytes modelliert und diese zu komplexeren „Datenwörtern“ zusammensetzt. Sie behandelt die Logik ihrer syntaktischen Kodierung, Speicherung, Weiterverarbeitung und ihres Transports. Erst die Medientechnik setzt die abstrakten Bits in reale Elektronik um. Die Kodierung des Sinns in Sprache dagegen ist Gegenstand der Sprachphilosophie von Platon bis zu Wittgenstein und Searle, die nicht zu so eindeutigen Aussagen wie die Physik oder Mathematik kommt und gleichwohl das Phänomen der Sprache erhellt.

Von hervorragendem Interesse für das Verständnis der digitalen Kommunikation ist das Zusammenspiel von Syntax und Semantik von Kommunikation. Sowohl in der humanen Kommunikation als auch in der informationstechnischen Unterstützung durch Computer und Netze unterscheidet man Syntax und Semantik. In der Sprachphilosophie unterscheidet man dabei den Wortlaut vom Wortsinn. Die Syntax bestimmt die Form des Sagens und Hörens, sie drückt sich in Orthographie und Phonetik (technischer: in der Kodierung) und in Grammatik aus. Die Semantik umfasst den Inhalt des Verstehens und Wollens bis hin zur Wirkung des Gesagten (Bentele/Bystrina 1978, Searle 1980). In der Informatik spezifiziert man in der Syntax die Daten und ihre Austauschregeln, während man unter Semantik die Zustandsveränderungen in den Datenverarbeitungseinheiten durch die Verarbeitungsprozesse und in weiterem Sinne die Weiterverarbeitung der Daten in den sendenden und empfangenen, sozusagen in den kommunizierenden Instanzen, versteht (z.B. Nagl 1990, S. 29). Die höchste semantische Instanz nimmt dabei der menschliche Nutzer in seiner pragmatischen Umsetzung von Kommunikation in seinen Handlungskontext ein.

Das Zusammenspiel zwischen Syntax und Semantik wird in diesem Buch an der Schnittstelle zwischen der Kommunikationstechnik im informatischen Sinn und dem inhaltlichen Ziel menschlicher Kommunikation sichtbar gemacht. Dabei werden folgende Fragen beantwortet:

Sprachphilosophisch:

- Wie funktionieren Sprache und Kommunikation von Menschen?
- Wo liegt die Grenze zwischen Syntax und Semantik? Was braucht man über den Wortlaut hinaus zum Verständnis von Kommunikation? Wie eindeutig ist Sprache?
- In welchem Maß lässt sich Kommunikation automatisieren und in welcher Weise muss der handelnde Mensch Entscheidungen treffen und Verantwortung übernehmen?

Kommunikationswissenschaftlich:

- Welche Kommunikationsmodelle eignen sich zur Beschreibung menschlicher Kommunikation?

- Welches Referenzmodell eignet sich zur informatischen Beschreibung der technischen Unterstützung von Kommunikation?
- Was ist ein Kommunikationsprotokoll im informatischen Sinne?

Technisch-informatisch:

- Wie funktioniert das Internet mit seinen Anwendungen E-Mail und World Wide Web?
- Wie kommt es, dass eine E-Mail auf einem Laptop in Australien in wenigen Sekunden auf einem anderen Laptop in Deutschland ankommt? Was heißt überhaupt „abschicken“ und „ankommen“, und was tut das Netz dazwischen?
- Protokolle: Wie übertragen zwei Automaten einander Daten?
- Datenformate: Wie werden Daten digitalisiert, damit sie sich im Netz bewegen können?

Das vorliegende Buch über die Grundlagen der Digitalen Kommunikation behandelt die ersten drei Abteilungen über sprachphilosophische, kommunikationswissenschaftliche und technisch-informatische Fragen. Die anderen Abteilungen über Konzepte, Anwendungen und wissenschaftspolitische Anforderungen gehören in ein zweites Buch über die Anwendungen der Digitalen Kommunikation (in Planung). Das Buch über die Grundlagen der Digitalen Kommunikation hat die folgenden Abschnitte:

1. Einleitung
  - 1.1 Fragestellungen der Digitalen Kommunikation
  - 1.2 Semiotik: Syntax, Semantik und Pragmatik
  - 1.3 Information

#### I. Sprachphilosophie

2. Algorithmen (Rekursion, Funktionen, Church-Turing, Halteproblem)
3. Sprache (Universalienstreit, Wittgensteins Tractatus und Sprachspiele, Sprechakttheorie)

#### II. Modelle der Kommunikation

4. Kommunikationswissenschaftliche Modelle
5. Telekooperationsmodell (Person, Rolle, Akteur, Ziele, Erfolgskopplung)
6. Shannons mathematisches Modell der Übertragungskanäle
7. OSI-7-Schichten Referenzmodell der Kommunikationstechnik (OSI- u. Internet-Modell)

#### III. Informatik der Kommunikationsnetze

8. Protokolle (Formale Darstellung und die Beispiele Bitübertragung, SMTP/E-Mail, HTTP/World Wide Web und E-Commerce)
9. Datenformate (ASCII, E-Mail, MIME, ASN.1, XML und HTML)

## 1.2 Die semiotischen Ebenen Syntax, Semantik und Pragmatik

### 1.2.1 Die semiotischen Ebenen

Die Wissenschaft der Zeichen ist durch den Roman „Der Name der Rose“ von Umberto Eco (1980) populär geworden. Nach dem griechischen Wort  $\sigma\epsilon\mu\iota\alpha$  für „das Zeichen“ heißt diese Wissenschaft Semiotik. Grundlagen und Probleme der Semiotik werden ausführlich in (Bentel/Bystrina 1978) behandelt. Die Semiotik unterscheidet drei Aspekte von Sprache, die syntaktische, semantische und pragmatische Ebene,



Abbildung 1.4: Die drei semiotischen Ebenen Syntax, Semantik und Pragmatik

Syntax ist, kurz gesagt, das Regelwerk korrekter Ausdrucksformen. Semantik ist die Bedeutung von Ausdrucksinhalten. Pragmatik ist die Bedeutung von Inhalten in Bezug auf einen Handlungskontext. Das Verhältnis zwischen Syntax und Semantik ist von besonderem Interesse. Syntax bestimmt zwar die Semantik mit, aber nicht allein. Gegen die Vorstellung, dass die Semantik von Sprache durch syntaktische Regeln, und seien es auch erst in der Zukunft zu erforschende, determiniert sein könnte, sprechen gewichtige Gründe, die die Sprechakttheorie formuliert (Wittgenstein 1953, Austin 1962, Grice 1968, Searle et al. 1980, vgl. Kapitel 3 in diesem Buch über die Spezifikationsfähigkeit von Sprache).

Die sehr simple Schichtung der drei semiotischen Ebenen untereinander in Abbildung 1.4 wird durch eine etwas komplexere Darstellung in Abbildung 1.5 verfeinert, bleibt aber auch dort eine modellmäßige Vereinfachung.

### 1.2.2 Syntax

Unter Syntax einer Sprache versteht man das Regelwerk, das entscheidet, ob eine Zeichenfolge Wörter und Sätze dieser Sprache bildet oder nicht. Weitergehend kann man die Kodierung der Zeichen des Alphabets, also die Darstellung des Alphabets, zur Syntax hinzurechnen. In der Kommunikationstechnik wird die Kodierung von Zeichen durch den Signalcode bestimmt. Technisch legt man fest, welche physikalischen Signale, etwa Stromimpulse oder elektromagnetische Wellenparameter, welchem Zeichen zuzuordnen sind. Als grundlegendes Zeichen ist heute das duale Bit üblich. Kombinationen von Bits werden dann zu Symbolen (bzw. Zeichen – diese beiden Begriffe werden hier synonym verwendet) zusammengesetzt. Wichtigstes Beispiel für die digitale Kodierung von Buchstaben in der Schriftsprache ist das 256 Zeichen umfassende ASCII-Alphabet.

Die Regeln für die Zusammensetzung von Zeichen zu korrekten Wörtern und Sätzen nennt man Grammatik. Es gibt Grammatiken für formale Sprachen und anders geartete Grammatiken für Umgangssprachen. Formale Sprachen spielen für die Steuerung programmierbarer Automaten eine fundamentale Rolle, Programmiersprachen und Kommunikationsprotokolle werden mit Hilfe formaler Sprachen untersucht und konstruiert (Eilenberg 1974).

Umgangssprachliche Grammatiken bestehen aus vier Teilen: aus der Satzlehre (Syntax), der Formenlehre (Morphologie), der Rechtschreibung (Orthographie) und der Lautlehre (Phonologie). Syntax und Morphologie bilden den Rahmen für das richtige Zusammensetzen von Wörtern in ihren Flexionsformen zu verständlichen Sätzen. Eine Grammatik legt fest, welche Sätze korrekt sind. Verkürzt bezeichnet man das als „syntaktische Korrektheit“.

Zeichencodes haben keine Bedeutung für die Sende- und Empfangsstation. Diese erhalten die Zeichen von Instanzen, die sie erzeugten, und geben sie – gewissermaßen unbesehen – weiter an andere Instanzen, die sie verstehen und weiterverarbeiten werden.

### 1.2.3 Semantik

Unter dem semantischen Aspekt von Sprache versteht man die Zuordnung von Zeichen zu einer Bedeutung. Bedeutungen sind zwar grundsätzlich handlungsrelevant, aber auf der semantischen Ebene abstrahiert man von konkreten Handlungszusammenhängen. Das Wort „Tür“ hat eine allgemein verständliche Bedeutung unabhängig von konkreten Türen, die in gewissen Kontexten von anderen Türen zu unterscheiden sind. Der Satz „Anton liebt Berta, aber Berta läuft von Anton davon“ ist unmittelbar verständlich, auch ohne dass man konkrete Personen Anton und Berta kennt.

Wenn auch das Regelwerk der Syntax von Bedeutungen absieht, bestimmt in der Kommunikation die syntaktische Zusammensetzung der Zeichen ihre Bedeutung wesentlich mit (aber

nicht ausschließlich!). Durch Weglassen, Hinzufügen, Verändern und Vertauschen von Buchstaben, Wörtern und Sätzen verändert sich ihre Bedeutung. Wenn man in dem oben formulierten Satz die Wörter Anton und Berta in beiden Halbsätzen vertauscht, ist die Bedeutung dahingehend verändert, dass die werbende und ablehnende Rolle zwischen Mann und Frau vertauscht sind. Die Bedeutung wird noch stärker verändert, wenn man die Namen nur in einem der Teilsätze vertauscht, im anderen aber belässt, denn nun erhält man eine Aussage über ein paradoxes Verhalten einer Person. Syntaktisch korrekte Sätze finden immer einen fantasierten Handlungshintergrund, auf dem sie eine Bedeutung hätten, auch wenn sie auf den ersten Blick paradox erscheinen, etwa der Satz „Alle Türen fliegen hoch“.

Eine korrekte Syntax entscheidet über korrekte Sprache. Die Unterscheidung zwischen guter und schlechter Sprache dagegen geht über ihre Syntax und über das Verstehen von Bedeutung hinaus. Sie wird durch kulturellen Konsens bestimmt. Im Deutschen gelten beispielsweise Luther, Goethe, Storm, Fontane und Mann als Meister ihrer Zeit für guten Schreibstil. Für bestimmte Anwendungen von Sprache gibt es Stilfibel, Briefsteller usw. Publikationsorgane pflegen ihren eigenen Stil und unterscheiden sich zum Teil bewusst voneinander. Der Stil der Bild-Zeitung unterscheidet sich durch plakative, einfache Sätze deutlich von der differenzierenden Sprache etwa der Frankfurter Allgemeinen und der Süddeutsche Zeitung. Guter Stil ist nicht mehr Gegenstand der semiotischen Aspekte von Sprache, sondern gehört zu einer Kultur von Sprache, Kommunikation und ihrer Wirkung.

### 1.2.4 Pragmatik

Die Zuordnung einer abstrakten Bedeutung eines Zeichens auf einen konkreten Handlungszusammenhang ist der pragmatische Aspekt einer Information. Wie gesagt, braucht jede Bedeutung einen – mindestens fantasierten – Handlungszusammenhang. Unter dem pragmatischen Aspekt von Sprache wird aber der Handlungszusammenhang konkretisiert.

Die Grenze zwischen Semantik und Pragmatik ist fließend. Bedeutung (Semantik) hat immer einen Handlungshintergrund (Pragmatik). Gleichwohl ist es oft nützlich, Bedeutungen über mehrere verschiedene Handlungsmöglichkeiten hinweg zu untersuchen. Unter dem semantischen Aspekt eines Wortes, eines Satzes usw. versteht man alle möglichen Bedeutungen, die dieses Zeichen in verschiedenen Handlungszusammenhängen haben kann. Unter dem pragmatischen Aspekt eines Wortes, eines Satzes usw. versteht man die Bedeutung in einem bestimmten Zusammenhang, der sich von der Bedeutung in einem anderen Zusammenhang unterscheiden kann. Der Satz „Alle Türen fliegen hoch“ hat in dem Kinderspiel, bei dem die Kinder bei allen flugfähigen Objekten die Hände heben müssen, eine andere Bedeutung als bei der Schilderung einer Explosion in einer Tischlerwerkstatt.

Oftmals ist die Unterscheidung zwischen Semantik und Pragmatik nicht wichtig. Bei der digitalen Kommunikation etwa wird vornehmlich das Zusammenspiel zwischen Syntax und Semantik untersucht, deshalb fasst man hier Semantik und Pragmatik der Einfachheit halber zusammen.

Das Verhältnis zwischen dem syntaktischen und semantisch-pragmatischen Aspekt von Sprache wird etwa von der Sprechakttheorie erhellt (Wittgenstein 1953, Austin 1962, Grice 1968, Searle et al. 1980, vgl. Kapitel 3 in diesem Buch).

In Abbildung 1.5 sind die komplexen Zusammenhänge zwischen Syntax, Semantik und Pragmatik mit ihrer Einbettung in den soziokulturellen Hintergrund vereinfacht graphisch dargestellt.

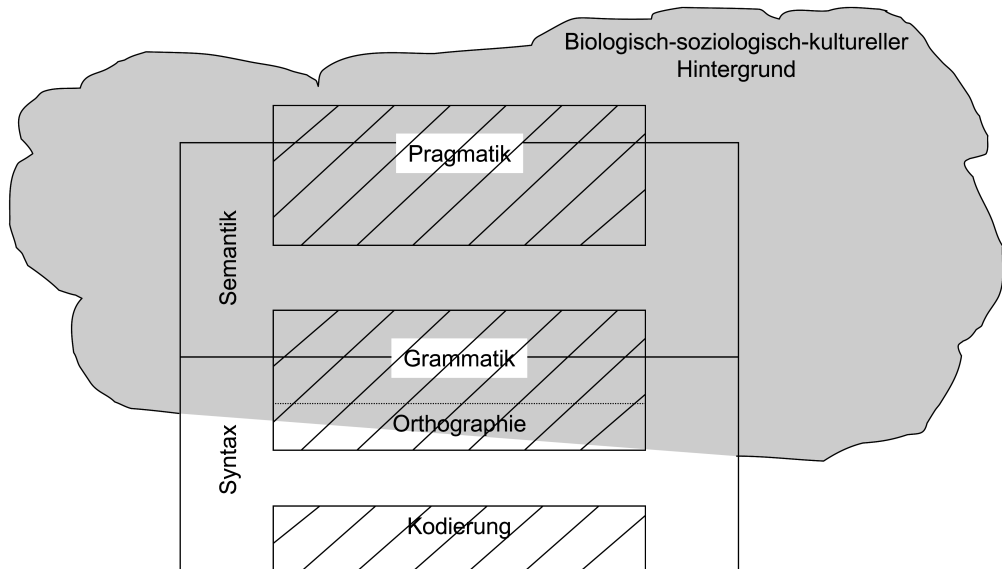


Abbildung 1.5: Das Zusammenspiel zwischen Syntax, Semantik und Pragmatik

## 1.2.5 Syntax und Semantik in der Informatik

### **Informatik**

Die Informatik ist eine Strukturwissenschaft, die sich mit der Information und deren automatischer Verarbeitung befasst. Die Wurzeln der Informatik liegen in der Mathematik, der Physik, der Elektrotechnik, der Nachrichtentechnik und den Wirtschaftswissenschaften. Als Hilfswissenschaft anderer Fachgebiete bildet die Informatik deren Gegenstände in abstrakte Strukturen ab und deren Prozesse in Algorithmen. Der in Europa geprägte Begriff Informatik deckt unter anderem die Felder ab, die im Englischen mit „*computer science*“ und „*information systems*“ bezeichnet werden. (www.wikipedia.de, Stichwort „Informatik“, download 10.1.2005)

Der Studiengang Informatik wurde in Deutschland 1970 an mehreren Universitäten eingeführt, darunter in Karlsruhe, Darmstadt, München und Dresden. Durch ihre Thematisierung von Information hilft die Informatik auch der Kommunikationswissenschaft zur Aufklärung

von Kommunikationsprozessen. Das drückt sich etwa in dem Fach „Digitale Kommunikation“ des Studiengangs Angewandte Medienwissenschaft an der Technischen Universität Ilmenau aus.

Während die Theoretische Informatik mathematische Modelle und Konzepte behandelt, entwickelt die Praktische Informatik Methoden der Programmierung und der Realisierung von Softwaresystemen. In beiden Bereichen spielt die Spezifikation von Daten, Objekten, Modulen und Architekturen von Systemen eine wichtige Rolle. In diesem Zusammenhang verwendet die Informatik die Begriffe Syntax, Semantik und – seltener – Pragmatik.

Wie in der Semiotik üblich, bedeutet ganz allgemein auch in der Informatik

- *Syntax* das Regelwerk zur Zusammensetzung von Zeichen zu korrekten Objekten (Wörtern, Sätzen, Modulen) der Sprache,
- *Semantik* die Bedeutung von Objekten in Bezug zu ihrem System- und Prozessumfeld,
- *Pragmatik* die Bedeutung von Objekten in ihren Anwendungen.

Die semiotischen Begriffe haben aber eine konkretere, wohl definierte Bedeutung im Rahmen der Softwaretechnik. Nagl etwa definiert alle drei Begriffe in (Nagl 1990, 1.8, S. 28 ff.).

### **Syntax**

Die Syntax legt demnach „bei Textsprachen fest, welche Zeichenfolgen oder Sätze als zur Sprache gehörend betrachtet werden bzw. welche nicht“ (Nagl 1990). Syntax wird mit Hilfe einer vollständigen Aufzählung aller Wörter und Sätze oder mit Hilfe generativer Regeln (Chomsky 1963a) oder einer Mischung aus beidem spezifiziert.

Dabei wird unterschieden zwischen „kontextfreier Syntax“, die lokale Gültigkeit hat, und „kontextsensitiver Syntax“, die Bezug zur Syntax anderer, paralleler oder übergeordneter Objekte nimmt. Für die generativen Regeln zur Erzeugung korrekter Wörter hat Chomsky eine Hierarchie von Grammatiktypen aufgestellt (Chomsky 1963a und 1963b). Unter diesen sind die kontextfreien Grammatiken dadurch gekennzeichnet, dass Regeln zur Ersetzung von Termen durch andere Terme unabhängig davon gelten, in welche Terme die zu ersetzenden Terme eingebettet sind. Bei den kontextsensitiven Grammatiken dagegen kann eine Ersetzungsregel für einen zu ersetzenden Term durchaus seine Einbettung in bestimmte andere Terme voraussetzen. Ein anderes Beispiel: Bei der Spezifikation von Modulen ist es wichtig festzulegen, ob ein Funktionsname und die zugehörigen Ein- und Ausgabeparameter nur innerhalb seines Moduls gelten (kontextsensitiv) oder im gesamten Softwaresystem, d.h. auch in allen anderen Objekten des Systems (kontextfrei). Die Abstract Syntax Notation No. 1 (ASN.1 1992) etwa unterscheidet zwischen *universal*, *application-wide* und *context-specific* Datentypen. Beispiele für universelle Datentypen sind *integer* für ganze Zahlen und *char* für Buchstaben. Beispiele für anwendungsweite Datentypen sind das *From-*, *To-* und *Subject-*Feld für die gesamte Message Handling Anwendung.

### **Semantik**

Die Semantik behandelt „die Bedeutung des Zusammenbaus von Sprachelementen zu größeren Einheiten“ (Nagl 1990). In der Informatik wird zwischen „statischer Semantik“ und

„dynamischer Semantik“ unterschieden. Oliver et al. (1997, S. 49-50) beschreiben die statische Semantik von Objekten durch die Festlegung ihrer

- Namen,
- Attribute,
- Funktionen,
- Klassifikation (gleiche Attribute und Funktionen mit anderen Objekten),
- Zusammensetzbarkeit mit anderen Objekten
- und Vererbungsregeln ihrer Attribute und Funktionen.

Die dynamische Semantik dagegen legt für Objekte (Funktionen, Module) fest, wie sie im laufenden Prozess auf das System wirken. Systemprozesse werden formal durch Zustandsübergänge, so genannte Transitionen beschrieben. Zustände werden über die Belegung von Daten und Zugriffe von Objekten auf andere Objekte beschrieben. Eine Transition beschreibt also den Zustand des Systems vor und nach einer Operation. Es gibt einen beobachtbaren Zustand, und die Semantik einer Operation drückt deren Auswirkung auf den Zustand aus. Zum Beispiel: die Operation „push“ fügt einem Datenspeicher vom Typ „Stack“ das im „push“-Parameter angegebene Element hinzu, und die Operation „pop“ stellt in einem Parameter das zuletzt hinzugefügte Element eines „Stacks“ zur Verfügung und entfernt es dabei vom „Stack“.

Korrektheit von Programmen sind in diesem Sinne eine semantische Eigenschaft: sie besagt, dass die Zustandsübergänge, die durch die Operationen eines Programms ausgeführt werden, so erfolgen, wie es gewünscht ist, präzise: wie es formal spezifiziert ist. Zu diesem Zweck kann man Zustandsübergänge in Form von formalen Vor- und Nachbedingungen oder in Form algebraischer Gleichungen spezifizieren. Ein einfaches Beispiel für eine algebraische Gleichung ist die Festlegung: „erst Auslesen eines Datums, dann Zurückschreiben des Datums führt zum Ausgangspunkt zurück:  $\text{Pop} \circ \text{Push} = \text{Id}$ “ (ausführlicher bei Nagl 1990, 4.2, S. 85 ff.; und Saake/Sattler 2004, 7.2, S. 181 ff.). Regeln dieser Art nennt man in der Informatik „formale Semantik“.

Eine andere Sicht der formalen Semantik erhält man, wenn man Datenverarbeitungsprozesse als Funktionen interpretiert. In dieser funktionalen Sichtweise bilden Datenverarbeitungsprozesse Eingabewerte auf Ausgabewerte ab und realisieren auf diesem Weg eine Funktion der Eingabeparameter. Die Algorithmen, die die Prozesse ausführen, bilden dabei die Syntax des Prozesses, die Funktionen, die sie realisieren, bilden die Semantik der Algorithmen (Saake/Sattler 2003, S. 19). Unter diesem so genannten „applikativen“ Algorithmenbegriff ist also die „Bedeutung“ (Semantik) eines Algorithmus seine Funktion (Wirkung), die er auf die Eingabeparameter ausübt, und umgekehrt wird eine Funktion durch einen Algorithmus, der den ganzen Rechenvorgang bis in kleinste, einfache Rechenschritte zerlegt, syntaktisch spezifiziert. Das ist in Kapitel 2 dieses Buches über Algorithmen genauer ausgeführt.

### **Pragmatik**

Die Pragmatik, die das „Verhältnis der Sprache zu ihrer Umwelt“ behandelt, wird zur Präzisierung in der Informatik unterteilt in die



- mechanische Pragmatik, die von der Übersetzbarkeit von Programmen, von der Werkzeugunterstützung bei der Bearbeitung und von der Weiterverarbeitung durch aufrufende Prozesse handelt;
- menschliche Pragmatik, die davon handelt, wie gut ein Softwaresystem als Modell zu ihrer Anwendung passt: das ist wesentliche Aufgabe einer Projektdurchführung;
- ökonomische Pragmatik, die von dem Wert der Objekte eines Softwaresystems, etwa dem Wert elektronischer Dokumente in einer E-Commerce-Anwendung handelt.

Diese Unterteilung bei (Nagl 1990) wird in der Informatik allgemein so akzeptiert, wenn auch nicht immer mit diesen Begriffen. Beispielsweise nennt Pressman die mechanische Pragmatik den „semantic domain“: „The semantic domain of a specification language indicates how the language represents the system requirements.” (Pressman 2001, 25.4, S. 689)

Bei Kommunikationssystemen behandelt die dynamische Semantik die Zustandsübergänge der Protokollautomaten. Die mechanische Pragmatik behandelt dagegen die Eingabe und Weiterverarbeitung von Protokolldatenelementen durch die nächsthöhere Kommunikationsebene, die das darunter liegende System als Dienstleister verwendet.

### **Beispiel Internet**

Eine Internet-Anwendung wie E-Mail oder das World Wide Web (WWW) zerlegt ihre Aufgabe in verschiedene Dienstschichten, die alle ihre eigene Syntax und Semantik haben (vgl. Kapitel 7 in diesem Buch über das OSI-Referenzmodell). Die Anwendungsschicht tauscht mit Hilfe der Transportschicht über das Internetprotokoll (IP) Anwendungsdaten aus. Das Transportprotokoll TCP des Internets kennt dabei nur *Transport Records*, aber keine Anwendungsdaten wie eine E-Mail oder eine HTML-Seite. Das Anwendungssystem, in unserem Beispiel etwa das WWW, verwendet das Internet als Dienstleister, zerlegt Anwendungsdaten, etwa eine HTML-Seite, in *Transport Records* und sendet sie dann über den TCP-Dienst des Internets. Der TCP-Dienst führt die Zerlegung in Pakete durch, und verschickt diese über das Internet-Protokoll. Im Anwendungsprotokoll, etwa HTTP für das WWW, öffnet die Clientanwendung (der Browser) einfach eine TCP-Verbindung zum Server, über die dann Browser und Server HTTP-Requests und HTTP-Responses austauschen. Auf der Empfängerseite entnimmt das Anwendungssystem dem TCP-Dienst die *Transport Records*, setzt sie zu dem intendierten Anwendungsdatum zusammen und verarbeitet sie entsprechend weiter, etwa indem der Web-Client eine HTML-Seite auf dem Browser graphisch darstellt.

Das Transportsystem legt in diesem Beispiel seine Syntax und Semantik in der Behandlung der *Transport Records* als Protokolldatenelemente fest. Das Internetprotokoll hat eine eigene Syntax, in der die Behandlung der Internetpakete spezifiziert ist. Das Anwendungssystem definiert die Anwendungsdaten und ihren Austausch syntaktisch unter Zuhilfenahme eines Transportdienstes. Die Semantik ist für jede Dienstschicht in Form der Zustandsübergänge in den jeweiligen Protokollautomaten definiert. Die mechanische Pragmatik wird in jeder Dienstschicht vom jeweiligen Auftraggeber abgedeckt: die mechanische Pragmatik des Transportprotokolls erfüllt sich in der Anwendung, also im WWW oder im E-Mail-Service.

## 1.3 Information

### 1.3.1 Umgangssprache

In der Umgangssprache versteht man unter Information die korrekte Mitteilung eines Sachverhalts. Sie wird von einem Sender erzeugt und erhöht auf Seiten des Empfängers Wissen. Information hat im Sprachgebrauch etwas Neutrales und Realitätsnahes an sich. Soweit sie der Beschreibung einer externen Realität dient, erwartet man von ihr Wahrheit und Aktualität. Fehlinformationen entwickeln gerade auf dem Hintergrund dieser Erwartung ihre Wirkung. Informationsstände, Informationsbereiche und auf Webseiten Informations-„Buttons“ gehören zum selbstverständlichen Dienstangebot für ein Publikum.

Etymologisch aber geht Information weiter. Das Lateinische „informare“ bedeutet „prägen“ und steht dem deutschen Begriff „Bildung“ näher. Der moderne Begriff Information hat in der Tat auch diese Dimension. Die moderne „Informationsgesellschaft“ ist dadurch gekennzeichnet, dass sie ihren Reichtum und ihre Freiheit aus der ökonomischen und politischen Verwertung von Wissen schöpft. Deshalb birgt ein schlechtes Bildungssystem die Gefahr der wirtschaftlichen und kulturellen Verarmung einer modernen Gesellschaft. Von Norbert Wiener stammt die Beobachtung, dass „Information“ neben „Materie“ und „Energie“ die dritte große unabhängige Ressource der Menschheit ist:

Das menschliche Gehirn scheidet nicht Gedanken aus „wie die Leber ausscheidet“, wie frühere Materialisten annahmen, noch liefert sie diese in Form von Energie aus, wie die Muskeln ihre Aktivität hervorbringen. Information ist Information, weder Materie noch Energie. Kein Materialist, der dieses nicht berücksichtigt, kann heute überleben.

(Wiener 1963, S. 166)

Auf die Begriffe Information und Kommunikation im sozialwissenschaftlichen Sinne gehen (Bentele/Beck 1994) ein. Zum Informationsbegriff in der Politikwissenschaft siehe (Vowe 2004).

Für die Kommunikationswissenschaft fruchtbar kann man den Begriff der Information im Sinne der Wissenschaft der Zeichen, der Semiotik, nach seinem syntaktischen, semantischen und pragmatischen Aspekt aufschlüsseln.

Der syntaktische Aspekt von Information umfasst die Kodierung von Zeichen und die erlaubten Zeichenketten für Botschaften. Eine Serie von Übermittlungssignalen kodiert ein Zeichen, eine Serie von Zeichen repräsentiert höherwertige Zeichen, die Wörter, Sätze, Abschnitte usw. heißen. Zeichen können zu Botschaften zusammengesetzt werden, die jeweils einen endlichen Sendestrom vom Sender zum Empfänger bilden.

Das Problem der Kodierung von Zeichen aus Signalen ist vollständig und abschließend von Shannon und Weaver (1949) behandelt worden. Shannon ordnet individuellen Botschaften keinen (syntaktischen) Informationswert zu. Nach seiner Theorie leitet sich der (syntaktische) Informationswert jeder Botschaft einer Informationsquelle aus der „Entropie“ der

Informationsquelle (nicht der einzelnen Botschaft) ab, d.h. aus der statistischen Verteilung der Zeichen der Informationsquelle. Beispiele für Informationsquellen sind die deutsche Sprache, die englische Sprache, Volksmusik oder Internet-Pakete. Genaueres siehe bei (Shannon/Weaver 1949) und in Kapitel 6 in diesem Buch.

Unter dem semantischen Aspekt von Information versteht man die Zuordnung von Botschaften zu einer Bedeutung. Diese Zuordnung wird von Menschen vorgenommen, die die Botschaft einem konkreten oder fantasierten Handlungshintergrund zuordnen. Rein semantisch legt man sich dabei nicht auf konkrete Personen oder Handlungskontexte fest, sondern ordnet die Bedeutung allen möglichen Handlungskontexten zu.

Unter dem pragmatischen Aspekt einer Information versteht man ihre Bedeutung in einem konkreten Handlungszusammenhang. Dabei wird die Information sowohl zur Information besitzenden Person als auch zu den Objekten in ihrer Umgebung in Bezug gesetzt. Daraus folgt, dass verschiedene Personen dieselbe Information pragmatisch nicht deckungsgleich verstehen werden, da sie verschiedene Erfahrungshintergründe und verschiedene Interessen und mithin eine unterschiedliche Sichtweise in einen gemeinsamen Handlungskontext einbringen. Unter dem semantischen Aspekt wird die Bedeutung einer Information auf alle möglichen Personen und alle möglichen Objekte aller möglichen Handlungsumgebungen der Information bezogen, sozusagen von dem konkreten Handlungshintergrund und den daran beteiligten Personen abstrahiert. Und dennoch kommt es auch unter dem rein semantischen Aspekt im Allgemeinen nicht zu einem deckungsgleichen Verständnis derselben Information, da jede Person verschiedene Handlungszusammenhänge assoziiert und in diesen aufgrund unterschiedlicher Sichtweisen verschiedene Bedeutungsaufösungen vornimmt.

Schließlich liegt die kulturelle Einbettung von Sprache jenseits der handlungsrelevanten Bedeutung von Sprache, reicht also über die Pragmatik hinaus. Stil, Geschmack und Wirkungsmächtigkeit von Sprache sind weitere Aspekte, die die Semiotik nicht mehr erfasst. Gleichwohl sind korrekte Syntax und eine saubere Semantik Voraussetzung zur kulturellen Qualität von Sprache, aber sie determinieren sie nicht.

### 1.3.2 Information und Unsicherheit

Zur Erfassung der Bedeutung des Begriffs „Information“ schlage ich folgende Definition von Botschaft und Information vor:

- Eine *Botschaft* ist eine Zeichenfolge, die für Sender und Empfänger eine (im Allgemeinen nicht deckungsgleiche) semantische Bedeutung hat.
- Eine *Information im semantisch-pragmatischen Sinn* ist eine Botschaft, deren Bedeutung das Wissen des Empfängers erhöht.

Diese Beschreibung enthält eine Ungenauigkeit. Ein „Mehr“ und „Weniger“ von „Wissen“ ist nicht exakt fassbar. Wichtig ist aber der Bezug der Information zum semantisch-pragmatischen Handlungskontext. Dieser selbst ist nicht exakt fassbar.

Bekanntlich haben Shannon und Weaver den Informationsbegriff mit dem der Unsicherheit des Empfängers einer Botschaft assoziiert. Auch wenn Shannon in seiner mathematischen Theorie von Kommunikation (Shannon 1948) ausschließlich die Unsicherheit auf die Auftrittswahrscheinlichkeit von Zeichen bezieht, besteht intuitiv ein Zusammenhang zwischen „Unsicherheit über den Empfang einer Botschaft“ und ein „Mehren von Wissen durch den Empfang der Botschaft“. Insofern gibt es eine metaphorische Analogie zu Shannons Kodierungstheorie von Zeichen: Die Ungewissheit auf Seiten des Empfängers über den Empfang einer Zeichenfolge lässt sich, unabhängig von ihrer Bedeutung, statistisch quantifizieren und gibt Anlass zur Definition des – rein syntaktischen – Informationspotentials (der so genannten Entropie) einer Nachrichtenquelle (Shannon 1948). Eine tatsächlich eintreffende Botschaft beseitigt diese Unsicherheit. Analog dazu mehrt der semantische Gehalt der Botschaft das Wissen des Empfängers. Man sollte aber diese metaphorische Analogie nicht überbewerten. Sie hat über das hier Gesagte hinaus keine weitere Erklärungskraft. Genaueres siehe in Kapitel 6 dieses Buches über Shannons mathematisches Modell der Übertragungskanäle.

### 1.3.3 Information, Objekte und Empfänger

Informationen, die einem Empfänger zukommen und dort Wissen erhöhen, kann man als „aktuelle Information“ bezeichnen, die der Empfänger „besitzt“ (Bentele/Beck 1994, S. 19, sowie Bentele/Bystrina 1978, S. 96 ff.). Andererseits enthalten Objekte und Sachverhalte Informationen, die einem Betrachter vorab nicht bekannt sind oder die nicht allen Betrachtern bekannt sind oder die in manchen Fällen sogar keinem Betrachter bekannt sind. Diese Informationsart bezeichnen Bentele und Bystrina als „potentielle Information“ eines Objekts (ebda.). Beispiel für die potentielle Information eines Objekts ist eine Maschine, deren Inneres dem Ingenieur im Detail bekannt ist, nicht aber dem Nutzer. Und selbst der Ingenieur wird die in einer Maschine vorhandene Information nicht in allen Einzelheiten „aktuell“ zur Kenntnis nehmen, sondern nur insoweit er sie für seine Arbeit, etwa eine Reparatur, braucht.

Das in unserem Zusammenhang wichtigste Beispiel sind Informationsquellen. Die Shannon'sche Entropie drückt die *potentielle Information der Informationsquelle* aus, aber nicht die aktuelle Information, die eine individuelle Botschaft bei einem Empfänger erzeugt. Allerdings sagen die Konvergenzsätze von Shannon, dass die Auftrittswahrscheinlichkeiten sehr langer, typischer Botschaften einer Informationsquelle dem Entropiewert der Informationsquelle nahe kommen. Mit anderen Worten: die *aktuelle* Information einer solchen langen typischen Botschaft enthält annäherungsweise den Entropiewert als *potentielle* Information der Informationsquelle. Aber Vorsicht: in diesem Zusammenhang ist mit Information ausschließlich die Auswahl aus einer statistisch möglichen Menge von Botschaften gemeint. Mit Inhalt und Bedeutung hat das (fast) nichts zu tun.

Beispiele für die – durchaus inhaltlich zu verstehende – potentielle Information von Objekten, die aktuell nicht in vollem Umfang aktualisierbar ist, liefert die Physik.

Wegen der ungeheuren Vielzahl von Gasmolekülen kann der Physiker nicht alle Moleküle eines Gassystems gleichzeitig in Lage und Geschwindigkeit bestimmen, wohl aber die Entropie als statistisch gemittelten Ordnungszustand und die Temperatur als statistisch gemittel-

tem Bewegungszustand des Gesamtsystems. Hier enthält das Gesamtsystem zwar die Information ihrer Moleküle, stellt diese aber nicht als aktuelle Information über jedes einzelne Molekül zur Verfügung.

Aus der Quantentheorie wissen wir nach Heisenbergs Unschärferelation, dass subatomare Partikel zwar sowohl einen Impuls als auch eine Ortslage haben, diese aber nicht zugleich ermittelt werden können, da das Experiment zur Bestimmung des einen das andere notwendig verändert. Das Partikel enthält zwar beide Informationen, gibt sie aber nicht als aktuelle Information für den Beobachter in gleicher Schärfe preis.

Potentielle und aktuelle Information heißen deshalb so, weil die potentielle Information durch gewisse Ereignisse (etwa Eintreffen einer Botschaft) und entsprechende Arbeit (etwa durch Beobachtung oder Abfrage) bei einem Empfänger aktualisiert werden kann. Dieser kann sie anreichern, in einen neuen Kontext stellen und sie anderen Empfängern weitergeben, etwa in Form einer persönlichen Mitteilung oder eines redaktionellen Beitrags.

### 1.3.4 Information, Unterhaltung und Kommentar

Es ist in der Massenkommunikation üblich, verschiedene Kommunikationstypen darin zu unterscheiden, was sie beim Rezipienten funktional bewirken. Das hat nicht nur theoretisch-ordnende Gründe, sondern es hat Einfluss auf die Organisation und das Management entsprechender Kommunikationsangebote. Merten unterscheidet in seinem Modell nach (Prakke 1968) zwischen Information, Kommentar und Unterhaltung (Merten 1999, S. 56).

In der Praxis nähern sich Information und Kommunikation in Form von „Infotainment“ an: Inhaltsreiche Information soll unterhalten, gute Unterhaltung soll bilden. Ehemals nüchterne Nachrichtensendungen wurden zu Nachrichten-Shows. Talk-Shows gehören zu den beliebtesten Unterhaltungssendungen und sollen das Publikum doch über aktuelle Fragen der Politik und des Zeitgeschehens aufklären. Gerade die Talk-Shows haben dabei zusätzlich einen hohen integrierten Anteil an Kommentarfunktion, während Kommentare in Nachrichtensendungen und Presseergebnissen strikt von der Berichterstattung unterschieden sind.

## 1.4 Zusammenfassung

Unter digitaler Kommunikation versteht man Kommunikation mit Hilfe digitaler Medien. Dieses Buch behandelt das Zusammenspiel zwischen der informatischen Datenorganisation und der inhaltlichen Ausdrucksfähigkeit menschlicher Sprache. Zum einen wird das Verhältnis zwischen Syntax und Semantik untersucht: kann der Inhalt sprachlicher Äußerungen durch seine syntaktischen Regeln vollständig bestimmt werden? Das hätte zur Konsequenz, dass menschliche Kommunikation digitalisiert und schließlich automatisiert werden könnte. Keine Überraschung, dass das nicht möglich ist. Zum anderen wird beschrieben, wo die Schnittstelle zwischen Mensch und kommunikationstechnischer Maschine liegt und wie die beiden Teile der digitalen Kommunikation, technische Unterstützung und inhaltliche Aus-

drucksziele, zusammenspielen. Dazu werden Modelle zu drei Bereichen von Kommunikation vorgestellt: Sprachphilosophie (Sprechakttheorie, Algorithmen), Kommunikationswissenschaft (u.a. Praxke, Merten) und Informatik (Shannon, Telekooperation, OSI, Internet).

## 1.5 Lektüre zur Vertiefung

Zur Vertiefung des Abschnittes 1.2 über die semiotischen Begriffe Syntax, Semantik und Pragmatik eignet sich besonders die Lektüre von (Bentele/Bystrina 1978). Sehr gut lesbar und übersichtlich ist die knappe Einführung zum Buch „Speech Act Theory and Pragmatics“ (Searle et al. 1980). Jedes Universallexikon (Brockhaus, Meyer, Die Zeit) bietet ebenfalls einen guten Überblick über diese Begriffe.

Die semiotischen Begriffe Syntax und Semantik in der Informatik (Abschnitt 1.2.5) werden ausführlicher bei (Nagl 1990) beschrieben. Lehrreich ist auch die etwas formale und dennoch anschauliche Behandlung der Begriffe in (Saake/Sattler 2004), dort allerdings verstreut über die verschiedenen Problemfelder (Suchindex nutzen!).

Der Informationsbegriff, der in Abschnitt 1.3 behandelt wird, ist derart weit gespannt, dass es sich lohnt, Literatur aus verschiedenen Disziplinen zu lesen, aus der Sozialwissenschaft etwa (Bentele/Beck 1994) und (Merten 1999), aus der Politikwissenschaft (Vowe 2004), aus der Philosophie (Capurro 1978), aus der Informatik (Völz 1991) und aus der Kodierungstheorie (Shannon/Weaver 1949, S. 1-28).

## 1.6 Übungsaufgaben

1. Skizzieren Sie die semiotischen Ebenen von Sprache. In welchem Verhältnis stehen sie dabei zueinander, zur Kodierung von Zeichen sowie zur Umwelt der kommunizierenden Menschen? (graphische Darstellung und sprachliche Erläuterung) (Abschnitt 1.2).
2. (a) Welche Bedeutung hat der Begriff Semantik in der Informatik? (Unterscheidung zwischen statischer und dynamischer Semantik, informeller und formaler Semantik, Abschnitt 1.2.5).  
(b) Welche Rolle spielt die formale Semantik bei Korrektheitsbeweisen. Nennen Sie ein Beispiel (Abschnitt 1.2.5).  
(c) Welche Bedeutung hat der Begriff Pragmatik in der Informatik? (Unterscheidung zwischen mechanischer, menschlicher und ökonomischer Pragmatik, Abschnitt 1.2.5).
3. Unterscheiden Sie „aktuelle“ von „potentieller“ Information und nennen Sie Beispiele aus dem Alltagsleben (Maschine und Ingenieur), der Physik (Heisenbergs Unschärferelation) und der Informationswissenschaft (Shannons Informationsquelle und konkrete Botschaften) (Abschnitt 1.3).