

Horst Völz

## **Das ist Information**

Shaker-Verlag, Aachen 2017

### **Buchrückseite**

Heute glauben fast alle zu wissen, was Information ist. Hier wird wohl erstmalig der Versuch unternommen, sie exakt zu definieren. Daran anschließend werden ihre fünf Qualitäten und Abgrenzungen zu Wissen, Daten, Signalen, Medien usw. herausgearbeitet. So können die sehr vielfältigen Anwendungen systematisiert, eingeordnet und gegeneinander abgegrenzt werden. Weil die Informationstechnik heute entscheidend in alle Lebensbereiche eingreift, war es dabei auch notwendig, viele technische Details und mathematische Zusammenhänge zu erfassen. Besonders wichtig sind ferner die Unterschiede zwischen den rund zehn Entropie-Formeln. Denn leider bestehen hierzu in der Literatur beachtliche Mängel. Recht oft werden vor allem die thermodynamische Entropie von Clausius/Boltzmann und die Shannon-Entropie nicht hinreichend klar voneinander abgegrenzt. Das betrifft sowohl ihre Inhalte als auch Formeln. Schließlich werden noch einige, zumindest hypothetische Aspekte eines wünschenswerten Umgangs mit Information versucht.

### **Vorwort (teilweise)**

Den Begriff Information führte 1940 Norbert Wiener fast nebensächlich mit seiner Kybernetik ein [Wie48]. Dennoch wurde er in wenigen Jahren in fast allen Wissenschaften zu einem wichtigen Begriff. Dazu trug auch wesentlich die fundamentale Arbeit von Shannon bei [Sha48]. Das gilt sogar, obwohl er in ihr nicht einmal Information, sondern stattdessen ausschließlich Kommunikation benutzte. Außerdem ist diese Arbeit immer noch zentrale Grundlage für die Nachrichten- und Speichertechnik. Mit der Entwicklung der Mikroelektronik und Rechentechnik wurde Information dann so wichtig, dass sich daraus die viel benutzte Aussage unseres heutigen Informationszeitalters ableitet. Daher gibt es seit geraumer Zeit viele Veröffentlichungen und z. T. sogar sehr umfangreiche Bücher zur Information. Dabei ist es vielfach üblich, ohne irgendeine Erklärung individuell-intuitive Vorstellungen über Information zu benutzen. In einigen Fällen wird Information mit Wissen verglichen bis gleichgesetzt. Insgesamt ist mir aber kein Beitrag mit einer wissenschaftlich akzeptablen Definition für Information bekannt geworden. Daher leite ich hier aus einem sehr kurzen aber dennoch wohl grundlegend gemeinten Zitat von Wiener eine exakte Definition der Information ab. Sie unterstütze ich zunächst mit dem anschaulichen Beispiel für die Rezeption einer historisch bedeutsamen Schallplatte. Später leite ich aus unterschiedlichen Teileigenschaften der so definierten Information fünf Varianten (Aspekte) von Information ab. Neben ihrer klaren Abgrenzungen belege ich sie mit konkreten, insbesondere technischen Anwendungen und inhaltlichen Beispielen.

Der Inhalt des Buches besteht aus vier deutlich unterschiedlichen Teilen. Der Hauptteil mit den Kapiteln 1 bis 7 behandelt die inhaltlichen Aussagen zur Information mit ihren Begründungen. Er ist absichtlich recht ausführlich. Er soll einigermaßen vollständig und möglichst didaktisch, alle Teilaspekte der Information, einschließlich ihrer verschiedenen Anwendungen, mathematischen Zusammenhänge und Hintergründe erfassen. Dabei habe ich umfangreich von Bildern Gebrauch gemacht. Sie sollen die Zusammenhänge, Wechselwirkungen und geschichtliche Entwicklung möglichst anschaulich und einigermaßen vollständig aufzeigen.

Zur schnellen Übersicht der verschiedenen Informationsaspekte, deren Definitionen und Eigenschaften ist das Kapitel 9 entstanden. Wer keine inhaltliche Begründung und Vertiefung benötigt, kann auch hiermit beginnen. Dabei wird zusätzlich begründet, wann der Begriff Information nicht benutzt werden sollte; denn bei einer zu breiten Anwendung besteht die Gefahr, dass der Begriff Information inhaltlich leer wird.

Mit dem Kapitel 8 versuche ich zu zeigen, dass die Quantenphysik leider (noch) nicht zum Informationsbegriff kompatibel ist. Auch das QuBit bereitet Probleme. Daher bleibt abzuwarten, ob und wie sich das in der Zukunft, z. B. mit den Quantencomputern ändern könnte.

Schließlich gibt es noch das Kapitel 10 zum „richtigen“ Umgang mit Information. Im Gegensatz zu den anderen Kapiteln ist es zumindest teilweise etwas hypothetisch und von meinem Wunschdenken für die Zukunft beeinflusst. Die sehr breite Anwendung von Information macht es wohl unbedingt notwendig, über einen für die Menschheit vorteilhaften Gebrauch von Information nachzudenken und einiges neu zu regeln. Außerdem gibt es bereits heute vielfältigen Missbrauch, der von zu viel unnötiger Information über absichtliche Falschinformation bis hin zu in Geräten eingebauter Obsolescens (frühzeitige automatische Selbstzerstörung) reicht. Auch Geheimhaltung, Urheberrecht und Privatsphäre sind kritisch zu betrachten. Viele meiner Aussagen sind dabei gewiss subjektiv oder betreffen Hoffnungen, die sich wohl kaum erfüllen werden lassen. Vor allem möchte ich hiermit ein intensives Nachdenken zu den Problemen bewirken.

Als Maßeinheit für die Information hat Shannon das Bit und zu deren Berechnung die Entropie-Formel eingeführt. Leider ist sie aber bisher inhaltlich kaum verständlich (einleuchtend) hergeleitet, definiert oder erklärt worden. Ursprünglich wurde der Begriff „Entropie“ von Clausius bezüglich der Umwandlungsmöglichkeit von Wärmeenergie in mechanische Energie eingeführt und dann von Boltzmann statistisch abgeleitet. Diese thermodynamische Entropie unterscheidet sich jedoch inhaltlich völlig von der shannonschen. Dennoch werden – und das sogar von mehreren, z. T. auch durchaus soliden Fachexperten – seltsame bis total falsche Zusammenhänge behauptet. Deshalb sind im Abschnitt 5.4 die etwa zehn wichtigsten Entropien möglichst verständlich, aber exakt erklärt, abgeleitet und gegeneinander abgegrenzt.

Zuweilen wird Information mit Wissen verglichen und nahezu äquivalent bei Medien und Nachrichten benutzt. Um daraus folgende Fehlinterpretationen künftig zu vermeiden, werden diese Begriffe im Abschnitt 6.9.5 möglichst exakt und gegeneinander abgegrenzt eingeführt.

Ich habe mich bemüht, die vielen z. T. recht komplexen Inhalte möglichst leicht und gut verständlich darzulegen. Gleichzeitig habe ich aber auch, die mathematischen-physikalischen Inhalte möglichst exakt behandelt. Das ist vor allem für die Fachexperten geschehen und kann daher zumindest teilweise mit geringem Verständnisverlust übersprungen werden.

Leider wird bei technischen Anwendungen der Begriff „analog“ immer wieder falsch benutzt. Deshalb habe ich im Abschnitt 5.2 die damit zusammenhängenden Begriffe genauer erklärt bzw. definiert. Für die Digitalisierung war es auch noch notwendig, drei unterschiedliche Inhalte für „kontinuierlich“ einzuführen.

# Inhalt

<b>1. Die Information wird neu eingeführt</b> .....	1
1.1 Beispiel Schallplatte .....	2
<b>2 Allgemeine Grundlagen</b> .....	4
2.1 Definitionen.....	4
2.2 Zur Kybernetik .....	4
2.3 Stoff.....	10
2.4 Energie .....	11
2.5 Raum und Zeit.....	13
2.6 Was (keine) Information ist.....	17
<b>3. W-Information</b> .....	19
3.1 Emotion als Informat.....	23
3.2 Zum Informationsfeld.....	25
<b>4. Z-Information</b> .....	27
4.1 Triadische Relation und Z-Information .....	27
4.2 Kurze Geschichte der Semiotik .....	28
4.3 Zeichen .....	32
4.4 Begriff und Bedeutung .....	37
4.5. Verdichten und Komprimieren.....	38
4.6 Klassifikation.....	39
4.7 Axiomatik.....	44
<b>5. S-Information</b> .....	46
5.1. Die bestmögliche Übertragung.....	46
5.1.1. Der Morsecode .....	47
5.1.2. Vom Shannon zum Huffman-Code.....	47
5.1.3 Lauflänge und Takt .....	53
5.1.4 Die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten.....	54
5.2 Begriffe von kontinuierlich bis digital.....	56
5.2.1 Analog und Analogie .....	56
5.2.2 Kontinuierlich und stetig .....	57
5.2.3 Diskret, digital, quantisiert und Bit .....	59
5.2.4 Zusammenhänge.....	60
5.3. Von kontinuierlich nach diskret (digital).....	62
5.3.1 Zur Korrektheit diskreter und digitaler Werte.....	63
5.3.2 Digitalisierung.....	64
5.3.3 Kontinuierliche Digitaltechnik .....	66
5.3.4 Kontinuierliche Entropie und Kanalkapazität .....	69
5.3.5 Logarithmische Amplitudenstufen .....	72
5.3.6 Anwendung der kontinuierlichen Entropie.....	74
5.3.7 Energie je Bit.....	76
5.3.8 Vor- und Nachteile von t-kontinuierlich sowie digital .....	77
5.4 Weitere Entropien.....	79
5.4.1 Clausius-Entropie .....	79
5.4.2 Boltzmann-Entropie .....	81
5.4.3 Thermodynamische kontra Shannon-Entropie .....	83
5.4.4 Bidirektionale Entropie .....	85
5.4.5 Bongard-Weiß-Entropie .....	86
5.4.6 Renyi -Entropie .....	87
5.4.7 Deterministische Entropie .....	88
5.4.8 Kolmogoroff-Entropie.....	89
5.4.9 Carnap-Entropie .....	89
5.4.10 Entropie-Axiomatik nach Feinsten.....	90
5.5 Fehlerbehandlung .....	91
5.5.1 Der Hamming-Abstand und seine Nutzung.....	92
5.5.2 Einfache Verfahren .....	96
5.5.3 Die Polynommethode .....	96
5.5.4 Anwendungen rückgekoppelter Schieberegister .....	97
5.5.5 Matrix-Methode .....	99
5.5.6 Systematik und Grenzen.....	100
5.5.7 Spreizung.....	101
5.5.8 Faltungs-Codes.....	102
5.6 Komprimierungen .....	104
5.6.1 Modelle für Hören und Sehen .....	106
5.6.2 Verlustbehaftete Schall-Komprimierungen.....	112
5.6.3 ASCII- und MIDI-Code .....	113
5.6.4 Verlustbehaftete Bild- und Video-Komprimierungen.....	115

5.6.5 Fehlt ein Grafikcode? .....	118
5.6.6 Verlustfreie Komprimierungen .....	120
5.7 Anwendung außerhalb der Nachrichtentechnik.....	124
5.7.1 Auffälligkeit und Goldener Schnitt .....	124
5.7.2 Texteingenschaften.....	131
5.8 Leistungen von Shannon .....	136
<b>6. P-Information</b> .....	139
6.1 Grundlagen .....	143
6.1.1 Die Grenzzelle.....	144
6.1.2 Vielfalt der Speicher.....	148
6.1.3 Kenndaten .....	151
6.2 Elektronische Speicher .....	155
6.2.1 Speicherschaltungen .....	158
6.2.2 Die dRAM.....	164
6.2.3 ROM-, PROM-Speicher.....	166
6.3 Magnetische Speicher.....	170
6.3.1 Ursprung des Magnetismus .....	170
6.3.2 Von den Maßeinheiten zur Hysterese.....	172
6.3.3 Magnetbandaufzeichnungen.....	177
6.3.4 Rotierende Magnetspeicher .....	187
6.4 Speicherdaten und -grenzen .....	192
6.5 Eventuell zukünftige Speicher.....	197
6.5.1 Ferroelektrische RAM.....	199
6.5.2 PCRAM und Ovonic.....	200
6.5.3 Magnetische RAM .....	201
6.5.4 Weitere rRAMs .....	203
6.6 Räumliche Bilder.....	205
6.6.1 Holografie .....	206
6.6.2 Stereobilder .....	214
6.7 Vom Urknall bis zum Menschen .....	220
6.7.1 Abgrenzung .....	220
6.7.2 Vom Kosmos zum Leben .....	221
6.7.3 Genetik .....	223
6.7.4 Aktive Eigenschaften von Zellen .....	234
6.7.5 Die Neuronen .....	237
6.8 Das menschliches Gedächtnis .....	243
6.8.1 Quantitative Werte .....	246
6.8.2 Gedächtnisarten.....	251
6.8.3 Gedächtnis und Zeit .....	254
6.8.4 Gegenwartsgedächtnis und Musik.....	256
6.8.5 Kreativität.....	259
6.9 Gesellschaftliche Gedächtnisse .....	263
6.9.1 Vom Mem zum vereinten Gedächtnis .....	263
6.9.2 Gedächtnisse der Vergangenheit .....	264
6.9.3 Utilitares Gedächtnis .....	266
6.9.4 Die Informationsmenge aller Gedächtnisse.....	267
6.9.5 Wissen und Ähnliches .....	269
6.10 Zusammenfassung.....	271
<b>7. V-Information</b> .....	273
7.1 Bezüge zur realen Welt .....	273
7.1.1 Modelle .....	276
7.2 Die elementaren Funktionen.....	278
7.3 Verschiedene Zahlenarten .....	280
7.4 Möglichkeiten und Grenzen der Mathematik .....	283
7.4.1 Rekursion .....	283
7.4.2 Turing-Automat und Church'sche These .....	285
7.4.3 Zeitkomplexität .....	287
7.4.4 Nichtberechenbares .....	290
7.5 Rechentechnik .....	291
7.5.1 Der Automat als Vorläufer .....	291
7.5.2 Virtuelle Realität .....	295
7.5.3 Hard- und Software .....	297
7.5.4. Software und K-Information .....	299
7.6. Fraktale.....	301
7.6.1 Das Apfelmännchen .....	306
7.6.2 Weitere fraktale Methoden.....	309

7.6.3 Die fraktalen Methoden.....	310
7.7 Künstliche Intelligenz.....	312
7.8 Ausgewählte Anwendungen.....	319
7.8.1 Spiele für künstliches Leben .....	319
7.8.2 Erzeugung künstlicher Werke.....	321
7.9. Zusammenfassung .....	325
<b>8. Quantentheorie .....</b>	<b>326</b>
8.1 Schrödinger-Gleichung.....	328
8.2 Dirac-Schreibweise .....	329
8.3 Veranschaulichung des QuBit .....	330
8.4 Verschränkung und Nichtlokalität.....	331
8.5 Quantencomputer .....	332
<b>9 Überblick zu den Informationsarten.....</b>	<b>333</b>
<b>10 Informationskultur .....</b>	<b>338</b>
10.1 Datenmenge und -rate.....	339
10.2 Für Bildung und Kultur .....	341
10.3 Datensicherheit.....	342
10.4 Absichtliche Zerstörungen.....	345
10.5 Geheimhaltung .....	346
10.6 Informationsschwelle .....	349
10.7 Rundfunk, Fernsehen, Streaming .....	352
10.8 Mensch und intelligente Roboter.....	353
<b>11. Anhang .....</b>	<b>358</b>
11.1 Literaturverzeichnis.....	358
11.2 Begriffserklärungen.....	365
11.3 Personenverzeichnis .....	366
11.4 Sachwort.....	369