

**Wissen, Information und Entropie**

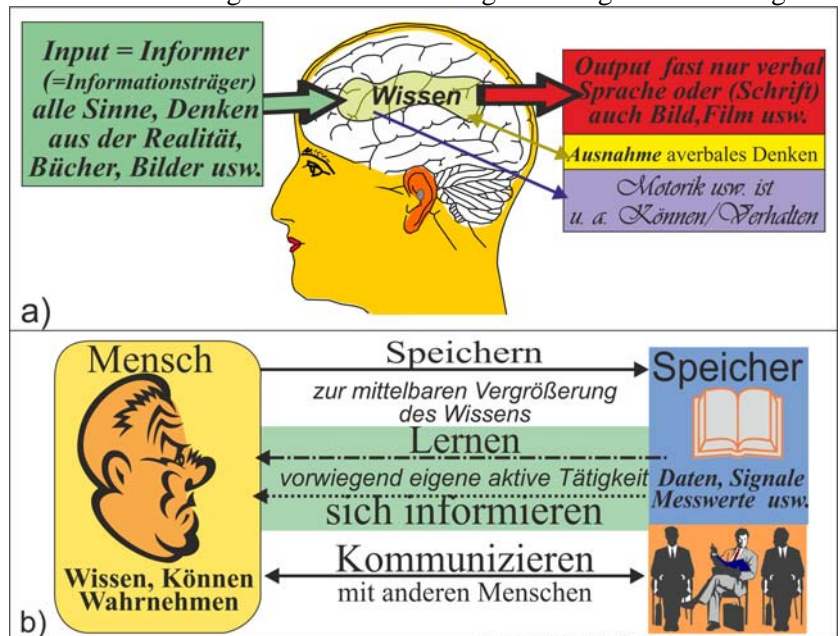
Trotz ihres erheblichen inhaltlichen Unterschiedes werden Wissen und Information recht oft synonym verwendet. Im Umgangssprachlichen ist das nicht besonders kritisch, jedoch im wissenschaftlichen Kontext sollte das unbedingt vermieden werden. Das ist aber deswegen so schwierig, weil es für beide Begriffe so gut wie keine verbindliche Definition gibt. Bei der Information ist auch die Shannon-Entropie wichtig. Leider wird sie zuweilen mit der thermodynamischen Entropie verwechselt. Auf diese Unsicherheiten wird hier klärend eingegangen.

**1. Wissen**

Der Begriff Wissen ist recht alt und leitet sich vom Althochdeutschen *wizzan* her. Es bedeutete etwa *gesehen haben*, später auch *etwas kennen*. In anderen Sprachen werden anders herzuleitende und vielfach sogar mehrere spezialisierte Begriffe verwendet. Im Englischen sind es vor allem *knowledge* und *to know*. Bereits dieser Kontext bewirkt international eine häufigere Anwendung von Information für Wissen. Inhaltlich betrifft Wissen einen oder viele Menschen, die es als Kenntnis in ihrem Gedächtnis gespeichert haben und es so leicht unmittelbar nutzen können. Beispiele für Wissen sind Fakten, Eigenschaften von Objekten, Formeln, Gesetze usw. Dem Gedächtnis entsprechend ist Wissen hauptsächlich in der Physiologie gründlich untersucht [1]. Als Ergebnis werden infolge verschiedener Eigenschaften mehrere Varianten von Wissen unterschieden. Die beiden Hauptgruppen listet die folgende Tabelle auf.

deklaratives	nicht-deklaratives
Explizit, relational, enzyklopädisch.	Implizit (Zusammenhänge).
„Wissen was oder dass“, Fakten, Datenbank, Lexikon, Denken, Kognition.	„Wissen wie“: Regeln, Abläufe, Prozesse, Fertigkeiten, Behaviorismus, Verhalten.
Unterbegriffe: <i>semantisch</i> <sup>1</sup> oder <i>episodisch</i>	Unterbegriffe: <i>prozedural</i> <sup>2</sup> oder <i>priming</i>
Meist verbalisierbar, schnell, flexibel, verbunden mit bewusster Erinnerung, kann blockiert werden.	Kaum verbalisierbar, langsam, unflexibel, meist unbewusst ausgeführt, wirken direkt, sind immer zugänglich,
Durch Hirnschäden meist stark beeinträchtigt.	Durch Hirnschäden weniger beeinträchtigt.

Weiter gibt es ein „Wissen von“ als Kenntnis von etwas haben, z. B. den Geruch von Butter. Dann seien noch Alltags- und Erfahrungswissen sowie Wissen von Handwerkern, Künstlern, Managern, Politikern usw. erwähnt und schließlich sind früheres oder späteres Wissen zu unterscheiden und zwar als „a priori“ Wissen gemäß der deduktiven Einsicht und als „a posteriori“, das vor allem auf Wahrnehmung beruht. Für die folgende Gegenüberstellung mit Information ist noch zu betonen, dass Bücher, Bilder, Filme usw. selbst gar nichts wissen. Der in ihnen festgehaltene Inhalt muss daher erst wahrgenommen (gelesen, gesehen) und interpretiert werden, bevor er im Gedächtnis zu Wissen werden kann. Deutlich einfacher ist der Wissensaustausch zwischen Menschen mittels der Kommunikation. Schließlich können auch eigene Gedanken usw. zum Wissen gehören und sogar Neues erzeugen. Vorhandenes Wissen kann angewendet und anderen vermittelt werden. Das bisher gesagte fasst Bild 1 schematisch zusammen. Eine Einordnung von Wissen in die übergeordnete Speicherung enthält [10].



**Bild 1.** Die wesentlichen Zusammenhänge für Wissen

**2. Information**

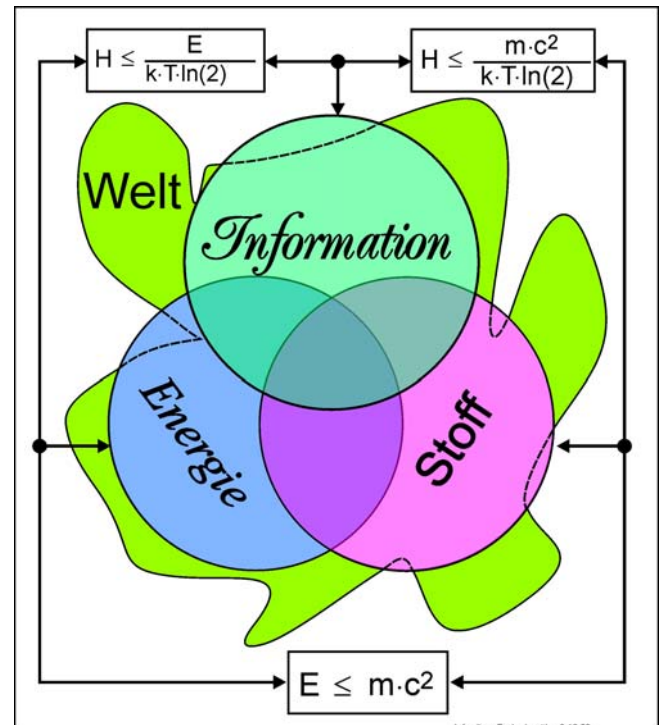
Der Begriff „Information“ geht auf Griechisch *typos*, *morphe*, *eidos* und *idea* zurück. Daher bedeutet *informare* etwas eine Form geben. Später entspricht Information am besten der Bildung mittels Unterrichten, Belehren, Erklären usw., aber auch etwas Gestalten. Ins Deutsche kam das Wort ab dem 15. Jh. Lange Zeit hieß dann der Hauslehrer Informator. Jedoch in allen Lexika des 19. Jh. fehlt Information vollständig. Erst Norbert Wiener verwendet ihn wieder innerhalb der von ihm begründeten Kybernetik jedoch ohne irgendeine weitere Erklärung. Einen zumindest teilweise brauchbaren Hinweis enthält lediglich das folgende Zitat [2] S. 192;

1 Griech. *semantikos* bezeichnend  
 2 Lat. *procedere* Vorgehen, Art und Weise zu handeln.

„Trotzdem ist die Energie, die für eine einzelne (geistige H.V.) Operation verbraucht wird, beinahe verschwindend gering und bildet nicht einmal ein angemessenes Maß der Funktion selbst. Das mechanische 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 Stoff<sup>3</sup> noch Energie. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben.“

Andere – aber immer nur spärliche Notizen verweisen auch auf eine entsprechende Benutzung durch John von Neumann und sein Umfeld hin. Fast immer gilt aber die Publikation von Claude Elwood Shannon als fundamental für die Information. Jedoch einzig der Titel des ins Deutsche übersetzten Buches [4] enthält diesen Begriff. Ansonsten wird ausschließlich „Communication“ benutzt. Außerdem betrifft auch sein Inhalt nur die bestmögliche digitale Nachrichtenübertragung. Hieraus wird unten noch einmal bei Entropie eingegangen. Da alle genannten Persönlichkeiten im Krieg für die Kryptographie arbeiteten waren sie zur strengsten Geheimhaltung verpflichtet. Deshalb dürfte kaum noch Weiteres zu ergründen sein. In der Folgezeit wurde zwar viel zur Information publiziert, jedoch stets ohne inhaltliche Begründung oder gar Definition. Leider erschienen die wohl umfassendsten Bücher[5] und [6] politisch begründet nur in eine Auflage von 300 Stück und sind daher kaum noch zugänglich. Darin wurde der Informationsträger eingeführt, der allerdings später – da er keine Information trug –in Informer umbenannt wurde. Mittels des Informationssystems auf das er einwirkt erzeugt er Änderungen im System und/oder dessen Umgebung, die zusammen Informat genannt wurden. Dennoch entstand daraus aber keine brauchbare Definition. Zentrum der Information waren die digitale Rechentechnik (als Informatik!) und die Semiotik. Erst 1994 wurde gemäß dem obigen Wienerzitat die Dreiteilung der Welt in Energie, Stoff und Information, letztere als neues Weltmodell gemäß Bild 2 versucht [7].

**Bild 2.** Die drei Weltmodelle gemäß dem Zitat von Wiener und deren mathematischen Zusammenhänge



Hierdurch wurden einige neue erfolgreiche Betrachtungen möglich. Die nun wohl endgültige Definition entstand dann schließlich 2017 mit [9]. Das wird auch deutlich in einer sehr positiven Rezension der Computer-Zeitschrift c't ausgesprochen, deren Abschluss lautet [9]:

*Als Ergebnis liefert Völz tatsächlich etwas in mancher Hinsicht Überfälliges: eine diskurstaugliche Definition der Information. Sein Buch ist eine beeindruckend klare wissenschaftliche Abhandlung, in der keine Aussage unbelegt bleibt.*

Das Modell aus Informer, Informationssystem und Informat wird darin in mehrere Informations-Arten zerlegt, die vor allem durch Einbeziehung weiterer Fakten in mehrere Informationsarten zerlegt werden (Bild 3). Das Grundmodell ist dann die W-Information (Wirkung). Wird zusätzlich er Informer per Semiotik vermittelt so existiert die Z-Information (Zeichen). Eine P-Information (potentiell) liegt dann vor, wenn eine Zwischenspeicherung erfolgt. Als nächste Kategorie folgt die umfangreiche S-Information (Shannon), welche die Arbeiten von Shannon [4] einordnet. Auch die Komprimierungen (verlustfrei und verlustbehaftet), Fehlererkennung und -korrektur sowie die Kryptografie ordnen sich hier ein. Komplizierter ist die V-Information (virtuell). Sie betrifft recht weit gefasst die Rechentechnik, auch für virtuelle (künstliche) Welten per Bildschirmbrillen und Fernsteuerung. Mit einer neueren Arbeit wurde inzwischen noch die K-Information (Konstruktion) ergänzt [11]. Sie berücksichtigt, dass mehrere technische Systeme, vor allem Rechner, Mobiltelefone usw. intern Bereiche enthalten, welche mittels Software neue Eigenschaften festlegen. So wird die Auswirkung des Informers zum Informat verändert. Das bewirkt der K-Informer (eigentlich die **Software**). Deshalb ist die K-Information ganz im Gegensatz zu den anderen Informationsarten erheblich anders. Denn sie führt zu keinem Informat, vor allem an Ausgang des Informationssystems, sondern ändert dessen Eigenschaften. Tritt hierbei ein Mensch an die Stelle des Systems, so liegt Lernen vor, das aber besser in der Psychologie behandelt wird.

Bei der Übertragung (Kryptographie), Speicherung und Rechentechnik mittels der Quantentheorie wird zuweilen auch der Begriff Quanten-Information benutzt. Da aber auch sonst nicht die physikalische Grundlage, wie Elektronik oder Magnetismus, zu keiner besonderen Klasse von Information führt, ist Q-Information nicht besonders zu nennen. Die erwähnten Beispiele gehören richtiger zur S-, P- und V-Information.

3 Im Original steht hier „matter“, was leider im Kalten Krieg ziemlich falsch als philosophische Materie übersetzt wurde. Ich wählte daher Stoff [3].

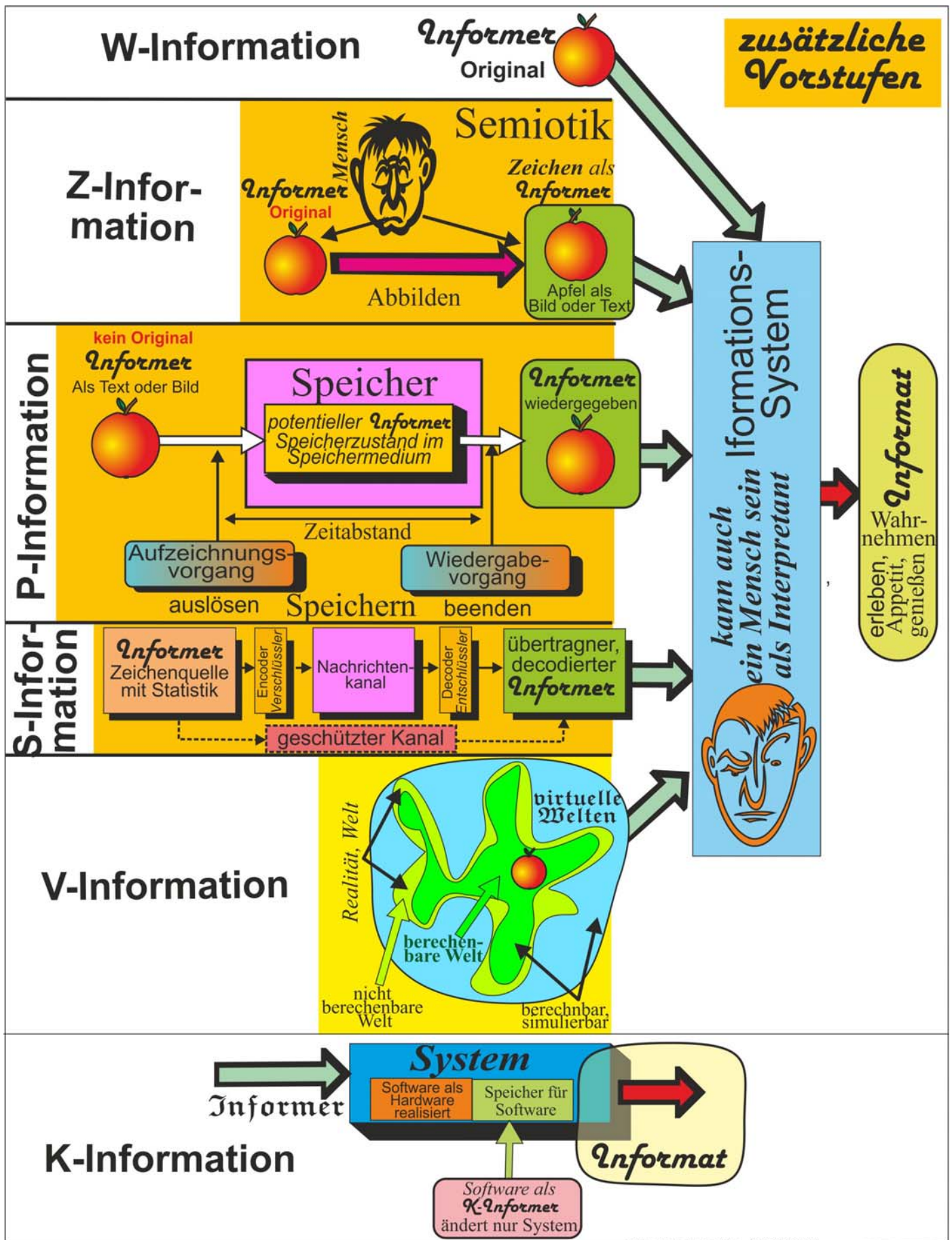


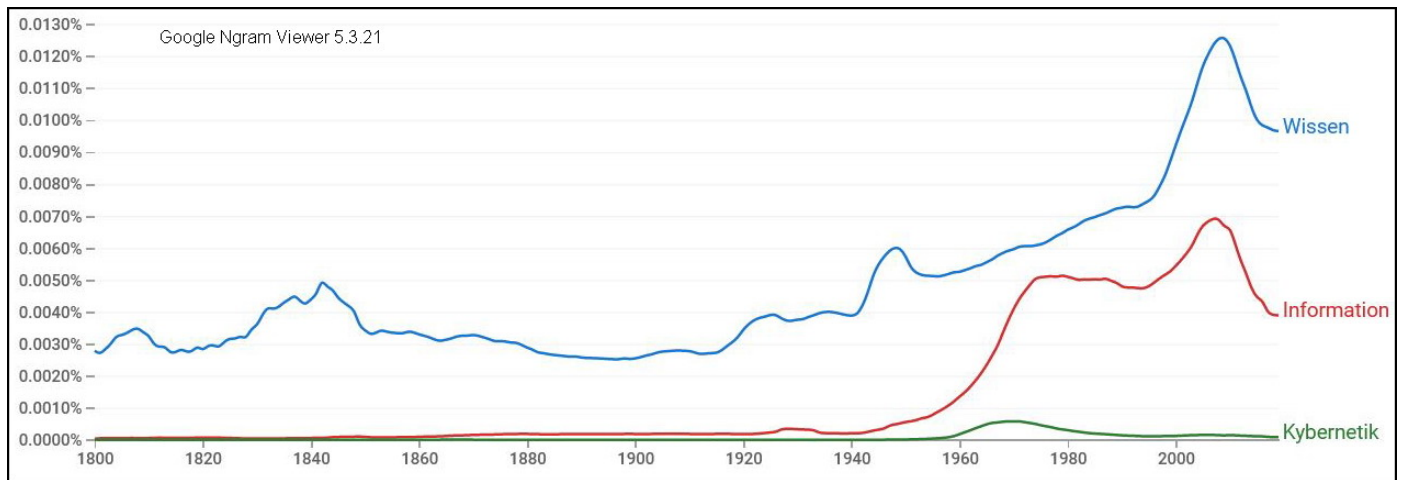
Bild 3. Durch die Untergliederungen erfolgt eine allgemein gültige Definition von Information

### 3. Zusammenfassung und Definitionen

**Wissen** besteht aus *Erkenntnissen*, wie Fakten, Zusammenhänge, Geschehen, Gesetze und Theorien, die im (menschlichen?) *Gedächtnis* gespeichert sind und das von dort aus bewusst wird und weiter für Abwendungen genutzt werden kann.

**Information** ist ein (kybernetischer) *Prozess*, bei dem ein stofflich-energetischer *Informer* als Input auf ein *Informationssystem* einwirkt und dadurch ein *Informat* als Output bewirkt, das aus Änderungen im System und/oder dessen Umgebung besteht. Bei der Information existieren mehrere Unterklassen, die durch spezielle Erweiterungen (Zusätze) gekennzeichnet sind.

**Umgangssprachlich** und teilweise auch darüber hinaus wird leider Wissen zuweilen fälschlich als Information bezeichnet. Das spiegelt sich zumindest teilweise in den Häufigkeiten ihrer Benutzung bei den Wörterbüchern von Google wieder. Wie Bild 4 zeigt begann das etwa mit der Einführung der Kybernetik.



**Bild 4.** Der zeitliche Verlauf der Häufigkeiten von den drei Wörtern im Deutschen Google

#### 4. Entropien

Rudolf **Clausius** (1822 - 1888) entdeckte unter anderem, dass mechanische Energie zwar jederzeit vollständig in Wärme umwandelbar ist, aber nicht umgekehrt. Deshalb führt er 1854 die „Entropie“ ein

$$\Delta S = Q/T.$$

Darin bedeuten  $Q$  die Wärmemenge und  $T$  die absolute Temperatur. Dazu stellt er dann fest:

*„Sucht man für  $S$  (die Entropie) einen bezeichnenden Namen, so könnte man, ähnlich wie von der Größe  $U$  (der inneren Energie) gesagt ist, sie sey der Wärme- und Werkinhalt des Körpers, von der Größe  $S$  sagen, sie sey der Verwandlungsinhalt des Körpers. Da ich es aber für besser halte, die Namen derartiger für die Wissenschaft wichtiger Größen aus den alten Sprachen zu entnehmen, damit sie unverändert in allen neuen Sprachen angewandt werden können, so schlage ich vor, die Größe  $S$  nach dem griechischen Worte »tropae«, die Verwandlung, die Entropie des Körpers zu nennen. Das Wort Entropie habe ich absichtlich dem Wort Energie möglichst ähnlich gebildet, denn die beiden Größen, welche durch diese Worte benannt werden sollen, sind ihren physikalischen Bedeutungen nach einander so nahe verwandt, daß eine gewisse Gleichartigkeit in der Benennung mir zweckmäßig zu seyn scheint.“*

Ludwig **Boltzmann** (1844 - 1906) behandelt das gleiche Problem aus Sicht der Statistik: In einem Gas fliegen die Atome und Moleküle mit hoher Geschwindigkeit und treffen dabei stoßend aufeinander: Gemäß ihrer Bewegungen und Anordnungen im Raum treten sich ständig ändernden (Makro-) Zustände mit entsprechenden Wahrscheinlichkeiten  $W$  auf. So erhält er für die Entropie

$$S = k \cdot \ln(W).$$

Mit der Boltzmann-Konstante  $k = 1.380659 \cdot 10^{-23}$  J/K erreicht er die Übereinstimmung mit dem Clausius-Wert.

Beide Entropien haben daher auch die gleichen Folgen. Wird ein Gas in einem Raum eingeschlossen, so bewirken sie, dass die Teilchen ihn bestmöglich vollständig und gleichmäßig ausfüllen. Es folgt auch der Trend zum Wärmetod, bei dem alle verfügbare Energie in Wärmeenergie umgewandelt wären.

Die Entropie der **S-Information** (s. o. und Bild 1) bestimmen ebenfalls einen Grenzwert und ein Optimum, jedoch von total anderer Art. Hierzu ist aus Bild 3 jener Anteil herausgezogen, der dabei dem Informationssystem vorausgeht. Er ist im Bild 5 mit den notwendigen Erklärungen ergänzt. Zur Bestimmung der minimalen Taktzahlen bzw. 0/1-Folgen oder der Übertragungszeit für einen (jeden) Text sind nur die Wahrscheinlichkeiten  $p_i$  aller  $n$  Buchstaben für  $i = 1$  bis  $n$  erforderlich. Mit ihnen beträgt der grundsätzlich kleinste Aufwand

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln(p_i).$$

Wiener schlug Shannon vor,  $H$  ebenfalls mit Entropie zu bezeichnen. Er ging dabei davon aus, dass in beiden Formeln der Logarithmus der Wahrscheinlichkeit vorkommt. Da aber außerdem zwischen beiden kein weiter Bezug möglich

ist, wurden leider relativ häufig beide Entropien inhaltlich gleichgesetzt. Dazu trug wohl auch bei, dass die Ableitung der Shannon-Entropie recht schwierig und hoch komplex ist. Noch schwieriger ist es, für jede Anwendung die optimale Codierung der Buchstaben zu bestimmen [8]. Abschließend sei noch erwähnt, dass im Laufe der Zeit immer wieder neuartige „Entropien“ entstanden. Die wichtigsten Beispiele enthält der Kasten.

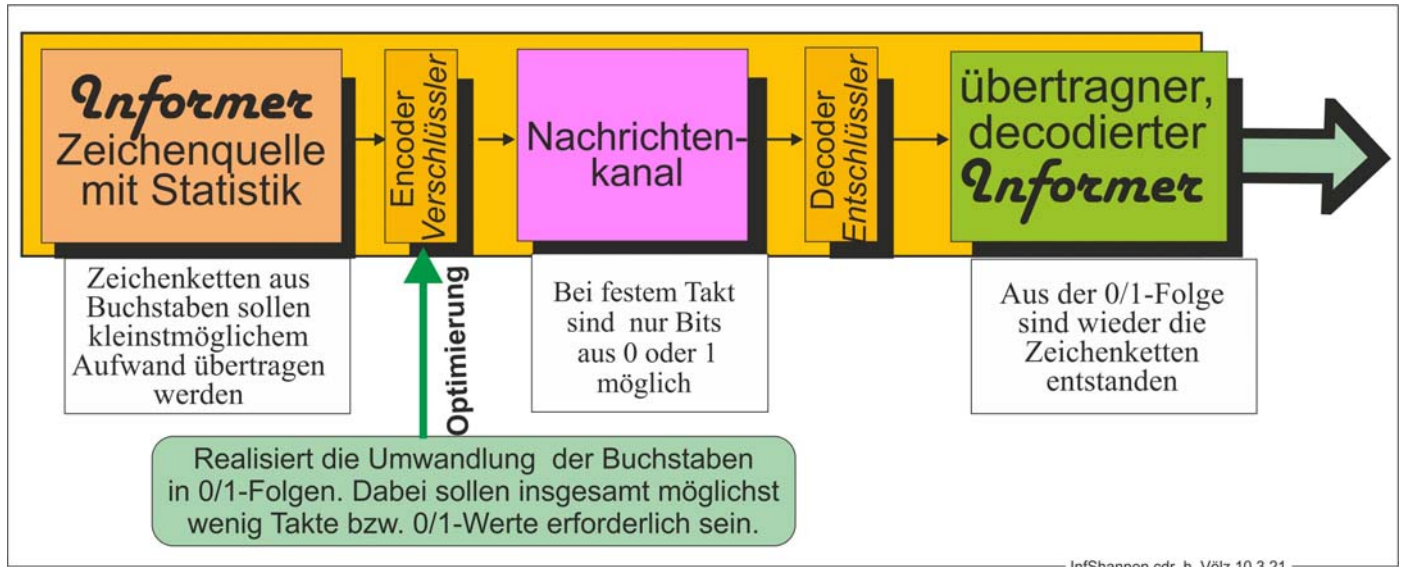


Bild 5. Prinzip zur Bestimmung der Shannon-Entropie

### Literatur

- [1] Klix, F.: Erwachendes Denken. 2. Aufl. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1983  
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin - Oxford 1993
- [2] Wiener, N.: "Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine", Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien 1963. Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien - New York - Moskau, 1992. Original: "Cybernetics or control and communication in the animal and the machine" Hermann, Paris 1948
- [3] Völz, H.: Grundlagen der Information. Akademie - Verlag, Berlin 1991
- [4] Shannon, C. E., Weaver, W.: Mathematische Grundlagen der Informationstheorie. Oldenbourg 1976. Original: A Mathematical Theorie of Communication. Bell System technical J. 27(Juli 1948) 379, 623
- [5] Völz, H.: Information I - Studie zur Vielfalt und Einheit der Information. Akademie Verlag, Berlin 1982.
- [6] Völz, H.: Information II, Theorie und Anwendung vor allem in der Biologie, Medizin und Semiotik. Akademie Verlag Berlin 1983.
- [7] Völz, H.: Information verstehen - Facetten eines neuen Zugangs zur Welt. Vieweg & Sohn, Braunschweig - Wiesbaden, 1994
- [8] Völz, H.: Das ist Information. Shaker Verlag Aachen 2017
- [9] Schmidt, M.: Reise zur Information c't, 2018. H. 13. S. 188
- [10] Völz, H.: Speicher für Alles. Shaker-Verlag Düren 2019
- [11] Völz, H.: Von Information bis Kreativität. Shaker-Verlag Düren 2020

### Als Kasten

#### Beispiele für die Einführung unterschiedlicher Entropien

- 1854 Clausius: Thermodynamik
- 1865 Boltzmann: statistische Thermodynamik
- 1948 Shannon; Information (Optimalcodierung) 1940?
- 1954 Carnap-Entropie (Semiotik)
- 1962 Renyi:  $\alpha$ -Entropie (Verallgemeinerung von Shannon)
- 1963 Bongard-Weiß-Entropie (subjektive Wahrscheinlichkeit)
- 1965 Marko: bidirektionale Information
- 1987 Hilberg: deterministische Informationstheorie