



H. NYQUIST, R.V. HARTLEY und C.E. SHANNON  
aus der Sicht der heutigen Informationswissenschaft.

Letzter Stand: 3. Januar 2007  
Formell ergänzt: 6. Mai 2011

Autor: Franz Plochberger (Dipl.Ing.)  
Stumpergasse 6/19  
1060 Wien

Festnetz: 01 9525148  
<http://www.plbg.at>  
[admin@plbg.at](mailto:admin@plbg.at)

Kopierrechte nur beim Autor persönlich oder in rein wissenschaftlichem Usus!



## Inhaltsverzeichnis

1.	Abstrakt.....	3
2.	Erste Begriffe bei Harry NYQUIST.....	4
a)	Signalelement.....	4
b)	Character .....	4
c)	Nachricht.....	5
3.	R.V.HARTLEY verwendet „Theory of Information“ .....	6
4.	C.E. SHANNON, Mathematische Kommunikationstheorie .....	8
5.	Erste Zweifel an der Verwendung des Begriffes „Information“ im Jahre 1951 .....	10
6.	Weitere Theoretiker dieser Zeit.....	11
7.	Heutige Informationstheorie.....	12
8.	Quellenverzeichnis .....	13



## I. Abstrakt

Generell ist zu sagen, dass diese drei bekannten Wissenschaftler etwa in den Jahren 1920 bis 1960 führende Mathematiker, Physiker und Nachrichtentechniker waren. Ihre Bedeutung ist rein zeitlich in der Reihenfolge NYQUIST, HARTLEY, SHANNON festzustellen. Sie beeinflussten sich untereinander. Heute sind die Wissensgebiete sehr verzweigt und in der neuesten Gruppierung sind sie der weltweit erstklassigen HARDWARE - Entwicklung zuzuordnen.

Ihre wissenschaftliche Bedeutung wurde aus weltpolitischen Gründen in Europa und speziell auf der Verliererseite nach dem 1. und 2. Weltkrieg (Deutscher Sprachraum) erst gegen Ende des 20. Jahrhunderts allgemein bekannt, weil sie in der Kriegs-Maschinerie auf amerikanischer Seite integriert waren.

Sie setzten historische Orientierungspunkte in der Entwicklung der damals jeweils neuesten Elektrotechnik (singuläre Bauteile, Verstärker, Fernsprecher, Funkgeräte und Radioapparate). Ihre eigentlichen bleibenden Errungenschaften sind im Bereich Übertragungstechnik elektrischer Impulse, Signale und Schwingungen anzusiedeln.

Für die Informationswissenschaft sind Sie die ersten, die erkannten, dass diese neue technische Entwicklung eine starke Beziehung zu rein menschlichen Fähigkeiten hat und sie versuchten erstmals sogar auch rein menschliche Eigenschaften (Sprache, Information, Intelligenz) auf Ihre technischen Errungenschaften zu projizieren.

Das ist aus der Begeisterung für die sich neu öffnenden Wissensgebiete zu verstehen. Für die dauerhafte reine Informationswissenschaft aber war das noch eine eher übersteigerte, unglückliche Irreführung. Der Mathematiker, Philosoph und frühe Informationstheoretiker Yehoshua BAR-HILLEL (1915-1975) sprach unter vielen anderen bereits im Jahre 1955 davon (Q1,p152)

Erst in unserer Zeit lassen sich auf Grund der reichlichen wissenschaftlichen Vernetzungen und Einordnung der Informationstechnologie in der menschlichen Gesellschaft dauerhafte Begriffsdefinitionen in Richtung einer übersichtlichen Informationswissenschaft (IW) festhalten.



## 2. Erste Begriffe bei Harry NYQUIST

Im Jahre 1924 veröffentlichte NYQUIST eine Arbeit „Certain factors affecting telegraph speed“. Er strebte damit die an von „the problem of transmitting over circuit the maximum amount of intelligence using a given frequency range without causing undue interference either in the circuit being considered or from that to other circuits“.

Das war zum ersten Mal eine Verwendung einer menschlichen Eigenschaft in Zusammenhang mit einem materiellen elektronischen Bauelement - wie gesagt im Jahre 1924.

Dies sollte wahrscheinlich seine Begeisterung ausdrücken, war aber aus heutiger Sicht der Informationswissenschaft zu allgemein und wirkt heute eher irreführend.

Fast immer gleichbedeutend und treffender kann aus heutiger Sicht statt „intelligence“ das Wort Daten („data“) eingesetzt werden.

Er hat aber auch erstmals Begriffe verwendet, die nach wie vor gültig sind. Er machte sich bereits Gedanken über die Struktur der zu übertragenden Zeichen selbst. (Q1,p131-p143). Er nannte es die „Nachrichtenebene“:

### a) Signalelement

Er zerlegte eine Nachricht in einzelne Character (Zeicheneinheiten) und dieses in einzelne Signalelemente = Stromimpulse. Der Impuls mit dem kürzesten Zeitintervall war ein Signalelement. Ein Signalelement konnte also noch verschiedene Breiten (Zeiten) und Höhen (Stromstärken) haben.

### b) Character

Er übernahm diesen Begriff aus der Telegraphentechnik (= ein Buchstabe). Er definierte, dass  $n$  Signalelemente  $m$  verschiedener Stromstärken (+2 und 0 oder +3 und 0) haben können und verlangte

$$m \text{ hoch } n = \text{const.}$$

Er legt damit fest, dass mit  $m$  und  $n$  die größtmögliche Anzahl verschiedener Charakter(s) festgelegt werden kann.

Die Formel wurde aus rein praktischen Gründen (technische Realität) in logarithmischer Form verwendet, was aber hier inhaltlich keine Bedeutung hat.

Eine persönliche, noch unbestätigte Vermutung des Autors ist, dass das vielleicht die damals übliche Verwendung von Rechenschieber erleichtern sollte. Der Rechenschieber beruht ja bekanntlich auf logarithmischen Zahlen und war seit der Jahrhundertwende 19./20. Jahrhundert bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts in Verwendung.



### c) Nachricht

Darunter verstand er bereits die Aneinanderreihung einiger oder mehrerer Character(s). Also eine gesamte Übertragungseinheit.

Er definierte sogar auch eine „speed of transmission of intelligence“ und stellte fest, dass diese „amount of intelligence“ von der Anzahl möglicher „charakters“ abhängt, die in einer Zeiteinheit übertragen werden.

Hier kommt zum Vorschein, dass er als erster nach Einheiten und Normgrößen suchte, um die Fülle an Nachrichten-Geräten einheitlich bewerten und vergleichen zu können.

Die Begriffe Signalelement (Signal), Character und Nachricht sind in der heutigen Informationswissenschaft im Bereich **Strukturierung von Daten** nach wie vor etabliert.



### 3. R.V.HARTLEY verwendet „Theory of Information“

*Irrtümlich wird oft C.E.SHANNON als der Begründer der Informationstheorie vermerkt. Genauere Untersuchungen ergeben, dass SHANNON diesen Begriff von R.V.HARTLEY übernahm.*

Im Jahre 1928 verfasste er in „The Bell System Technical Journal“ einen Artikel

#### „The Transmission of Information“.

Dieser Artikel war tonangebend bis in die 40er Jahre. Erstmals wurde damit das Wort „Information“ in Bereich von Physik, Mathematik und Elektrotechnik als eigener Terminus verwendet.

Nachfolgende namhafte Theoretiker (SHANNON, GABOR) bezogen sich in ihren weiterführenden Arbeiten (1940) auf diese Arbeit HARTLEYS. (Q1,p143).

Wie schon bei H.NYQUIST erwähnt, war auch R.V.HARTLEY bemüht eine integrierende einheitliche Theorie zu bilden, die alle damaligen Hardwareentwicklungen bewertbar und vergleichbar machen sollten. Er suchte also eine „Maß für die übertragbare Information“.

Der Ausdruck „Information“ war aus heutiger Sicht auch noch viel zu allgemein. Treffender wäre das heutige Wort „Datenmengen“, aber das ist erst in der Gegenwart möglich. Er suchte also – übersetzt- nach einem „Hardware-Maß für übertragbare Datenmengen“.

Zur Rechtfertigung HARTEYS aus heutiger Sicht muss hier erwähnt werden, dass sein Streben

„based on physical as contrasted to psychological considerations“ (1928)

war .

Er erkannte also selbst bereits eine Mehrdeutigkeit. Die heutige Bedeutung von Information hat sich aber eben größtenteils in Richtung dieser von ihm gemiedenen „psychological considerations“ entwickelt.

Bezüglich einer Maßeinheit für die „Menge an übertragbarer Information“ verfestigte Hartley die Nyquist-Formel zu

$$H = \log m \text{ hoch } n$$

H(artley) als die Menge an Information, m die Anzahl möglicher Signalgrößen und n die Anzahl möglicher Einzelsignale.



Auch er verwendete den 10er-Logarithmus, was zu seiner Zeit selbstverständlich war.

Heute würde man diese Formel für I Hartley als die Anzahl aller möglichen Signaleinheiten bezeichnen, die aus n Signalen mit m verschiedenen Höhen bildbar ist.

Hartley blieb also bei der rein **mathematischen Wahrscheinlichkeitsrechnung**.

Aus der theoretischen Betrachtung der Telefonie hat Hartley als erster „**das Wort**“ als eigenen berechnenswürdigen Terminus verwendet (Menge von n Signalen). Er blieb aber konsequent bei der rein statistischen Berechnung entsprechend oberer Formel und sah es noch nicht sinnvoll an, weiter reichende Betrachtungen über Bedeutung und Inhalt anzustellen.



## 4. C.E. SHANNON, Mathematische Kommunikationstheorie

Es ist ausdrücklich festzuhalten, dass hier nur sein Einfluss auf die Informationswissenschaft aus heutiger Sicht festzuhalten versucht wird. Seine nachhaltige Bedeutung in der Entwicklung der Nachrichtentechnik ist unbestritten. Auch vielfältige andere Interessen sind aufgezeichnet. Ich möchte auf die reichlich vorhandene Fachliteratur verweisen. (Q1, fast gesamte Arbeit)

Die Grundlagen seiner Theorie legt er in seinen Werken

**A Mathematical Theory of Communication (1948),  
Communication in the presence of Noise(1949),  
Communication Theory of Secret Systems (1949),  
Philosophy of PCM (1949, mit anderen)**

fest.

Etwas oberflächlich gesehen galt er lange als der Begründer der “**Informationstheorie**“. Genauere Studien ergeben aber, dass er diese von R.V. Hartley übernahm. Er hat diese aber sicherlich ausgebaut.

Aus heutiger Sicht will ich seine Leistung etwa als „**Mathematische Theorie zur Berechnung von Datenübertragungs-Hardware**“ bezeichnen.

Auffällig ist bei ihm - wie bei Nyquist und Hartley zuvor -, dass er sich nicht so sehr der maschinellen Verarbeitung von Daten zuwandte, die zu jener Zeit schon begann (1936 Alan TURING oder 1940 Konrad ZUSE), sondern vor allem bei **der Übertragung** von Impulsen, Signalen, Nachrichten, also Daten in heutiger Diktion forschte.

Von bleibender Bedeutung für die IW bei ihm ist, dass er in seiner Abschlussarbeit zum Master („A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits“) schon im Jahre 1936 am MIT die Boolesche Algebra zur Konstruktion digitaler Schaltkreise verwendete, also zur selben Zeit, wie etwa TURING in England und später ZUSE in Deutschland.

Weiters bemerkenswert ist seine Doktorarbeit im Jahre 1940 über das rein mathematische Thema „An Algebra for Theoretical Genetics“! Er war also ein sehr vielseitiger Wissenschaftler.

**Nachrichtentechnik** war also d e r neue Zweig in der Elektrotechnik. In Europa entwickelte sie sich vor allem aus der Physik, in USA – als zweites weltweites Zentrum – vor allem die Mathematik als die wichtigste Quelle. Eben SHANNON war ein entscheidender Forscher seiner Zeit und bildete wichtige Grundlagen.



Die Verwendung des Wortes „**Kommunikationstheorie**“ ist schon realistischer, vernachlässigt aber zu seiner Zeit immer noch den großen Komplex der **Humanwissenschaften**, der sich heute damit verknüpft.

In heutiger Diktion sind seine Forschungen **der reinen Hardware- und Daten-Ebene** zuzuordnen.

Zuerst musste erst der Computer „als Daten-Verarbeitungs-Automat“ erfunden werden und die IW entscheidend erweitern.

Eine mathematische Definition von C.E.SHANNON wird bleiben:

**Seine Festlegung der Information als „Unwahrscheinlichkeit“, also als Kehrwert zur Wahrscheinlichkeit seines Auftretens oder als „Neuheitsgrad“ seines Inhaltes.**

Diese Formulierung ist sinnvoll und die Verwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung eine verständliche Basis.

Es definiert **den Informationsgehalt** als

$$I(p) = - \log (p) = \log(1/p).$$

Er hat in wissenschaftlichem Ehrgeiz weitere Formeln und Ableitungen entwickelt, die aber heute in der IW eher nicht mehr sinnvoll sind und keine praktische Anwendbarkeit haben.

Daher will ich sie hier nur anführen: Entropie, Verbundwahrscheinlichkeit, Fehlerberechnung, Statistische Berechnung von Störungsanfälligkeit, usw.



## 5. Erste Zweifel an der Verwendung des Begriffes „Information“ im Jahre 1951

Es gibt in der Literatur einschlägige Hinweise (Q1, p152) über erste kritische Reaktion über zu oberflächlichen Verwendung des Wortes „Information“. Dieses Wort ist ja Bestandteil unserer Umgangssprache. Die „rein mathematische Einengung“ durch euphorische Mathematiker, Physiker und Elektroingenieure wurde früh bemerkt.

Der Mathematiker und Philosoph BAR-HILLEL sprach von „misfortune“(1955).

Weiters

„to call this the theory of information is like calling the theory of gramophone recording and reproduction the theory of music“ (ANSCOMBE,1951) oder

“it would seem that if Baron Münchhausen was told that his stories were improbable, he could retort that they were all the more informativ“(SMITH,1951) oder

“if the word “information” had not already caught on amongst electrical engineers I would not have used it” (BARNARD,1951).



## 6. Weitere Theoretiker dieser Zeit

Sie merken die Verwendung des Wortes „**Theoretiker**“ alleine. Ich meine, das ist eine gerechte und ordnende Bezeichnung für die führenden Köpfe in Naturwissenschaft und Technik der Zeit 1920 bis etwa 1960.

Der Vollständigkeit halber seien hier auch

**Dennis GABOR**, „Theory of Communication“ 1946, auf physikalischer Basis und  
**Norbert WIENER**, Statistische Kommunikationstheorie

Genannt.

Deren Bedeutung für die IW scheint mir aber nicht so groß zu sein.



## 7. Heutige Informationstheorie

Meine neuesten persönlichen Recherchen haben eine namhafte Persönlichkeit der Gegenwart gefunden, die sich mit beiden Gebieten (Technik und Humanwissenschaft) beschäftigt hat, nämlich

**Karl Kupfmüller.**

Er scheint eine **ideale Integrationsfigur für die Informationstheorie im wahrsten Sinnen des Wortes (also auch aus heutiger Sicht)** zu sein. Weitere Arbeiten in seine Richtung folgen.

In Anbetracht der Bedeutung und Leistung aller oben angeführten Forschungspersönlichkeiten will ich in aller Ehrfurcht und sehr wohl realistischer Einschätzung auch **auf bisherige eigene Werke** hinweisen (seit 1996), die aber noch intensiv wissenschaftlich integriert werden müssen: siehe **Suchbegriff „Franz Plochberger“ im Internet**. An eben dieser „wissenschaftlichen Einbettung“ arbeite ich derzeit.



## 8. Quellenverzeichnis

Q1) F.W.Hagemeyer, Die Entstehung von Informationskonzepten in der Nachrichtentechnik, 1979, Dissertation FU Berlin

i