

Informationsströme und ihr Impact-Potential

Wolfgang Sander-Beuermann - Proceedings der 31. DGI-Online-Tagung, 16.10.2009

Abstract

Im 21-ten Jahrhundert gewinnen Informationsströme eine Bedeutung, wie sie im Industriezeitalter des vorigen Centenniums die Masse- und Energieströme besaßen. Nicht mehr der Fluss von Erdöl und der Transport von Kohle und Strom bestimmen allein und wesentlich unsere Wirtschaft und Gesellschaft, sondern ebenso der Fluss von Informationen.

Während die Eigenschaften und Naturgesetze von Masse, Energie und ihrer Äquivalenz in den vergangenen Jahrhunderten detailliert erforscht wurden, steht der Begriff der "Information" noch ganz am Anfang seiner wissenschaftlichen Erfassung. Bisherige Definitionen beschreiben stets lediglich Teilaspekte.

Am Anfang meiner Überlegungen steht daher eine Betrachtung über Wesen und Eigenschaften von Informationsströmen aus pragmatisch-semantischer Sicht. Daraus werden Einflussfaktoren für menschliches Handeln abgeleitet ("Impact").

Da die bedeutendsten Quellen der Informationsströme derzeit durch wenige globale Quasi-Monopole repräsentiert werden, wird deren Einflussmöglichkeit auf menschliches Handeln zu einem bedrohlichen globalen Faktor.

1. Masse- und Energieströme

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse der vergangenen Jahrhunderte sind geprägt von Anforderungen, deren Ursprung im wirtschaftlichen Handeln liegt: der Transport von Masse und Energie, sowie deren Erzeugung bestimmte die Handlungsabläufe. Die Kohle, und später das Erdöl waren dominierende "Motoren der Wirtschaft". Auf dieser Basis wurden wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen, wie beispielsweise:

- Erhaltungssätze für Masse und Energie,
- Flussrichtungssätze und Minimalkriterien,
- die Äquivalenz von Masse und Energie ("Atomzeitalter").

Die genannten Zusammenhänge sind in außerordentlicher Tiefe über Jahrhunderte erforscht und nunmehr bekannt. Um die Millenniumswende gewann eine neue Größe maßgeblichen Einfluss auf das Wirtschaftsleben: die Information, und ihre resultierenden Ströme. Diese Größe war in den Naturwissenschaften bisher kaum vertreten und ihre wissenschaftliche Erfassung steht noch ganz am Anfang. Hier kann nicht auf jahrhundertelange Vorarbeiten zurückgegriffen werden, um Fundamentalsätze abzuleiten. Bekannt ist lediglich, dass:

- für die Information kein Erhaltungssatz gilt,
- sie an Masse oder Energie gebunden ist,
- und Aussagen über ihre Flussrichtung möglich sind.

Das Wesen und die Natur der Information sind jedoch fundamental unbekannt, auch wenn es eine Reihe von Definitionen gibt; die meisten dieser Definitionen sind verbal formuliert.

2. Definitionen der Information

Die folgende Auflistung zeigt einige Beispiele verbaler Definitionen von Information:

- Information ist in Mustern und Strukturen von Materie oder Energie enthalten,
- Masse ist materialisierte Information,
- Information ist eine Folge physikalischer Signale mit bestimmten Häufigkeiten,
- Informationen sind kontextualisierte Daten,
- Information ist beseitigte Ungewissheit,
- Information ist negative Entropie („Negentropie“),
- Informationen sind Auskünfte, Belehrungen, Aufklärungen,
- Information ist eine Nachricht, die beim Empfänger ein bestimmtes Verhalten bewirkt.

Der Versuch einer exakten Definition auf statistisch-syntaktischer Basis stammt aus dem Jahre 1948 von Shannon [Sh48]. Shannon definiert einen Informationsgehalt I eines Zeichens z , welches mit der Wahrscheinlichkeit $p(z)$ in einem Nachrichtenstrom auftritt, der N verschiedene Zeichen enthalten kann:

$$1/p(z) = 2^{I(z)} \quad \text{folglich:} \quad I(z) = \log_2 (1/p(z))$$

Daraus wird durch Summation über den Informationsgehalt aller N möglichen Zeichen multipliziert mit der jeweiligen Auftretswahrscheinlichkeit ein quantitatives Maß H für den mittleren Wert des Informationsgehalt eines Zeichens gebildet ($\log_2 = \log$ dualis, i = Laufvariable):

$$H = \sum_{i=1, N} (p(i) * I(p(i))) = - \sum (p(i) * \log_2(p(i)))$$

In der statistischen Thermodynamik gibt es ein Gesetz, welches zunächst eine gewisse formale Ähnlichkeit zu obigem besitzt, das Boltzmannsche Gesetz. Es beschreibt die im natürlichen Zustand stets nur wachsende Entropie eines statistischen Systems [SSM06]:

$$S = k * \ln \Omega \quad S=\text{Entropie, } k=\text{Boltzmann-Konstante, } \Omega=\text{Zahl mögl. Mikrozustände eines Systems}$$

Daher nannte Shannon diese so ermittelte Größe H in Analogie zur statistischen Thermodynamik (angeblich auf den Rat eines Kollegen, ursprünglich sollte es „Ungewissheit“ heißen) "Entropie". Hieraus leiten sich einige o.g. verbale Formulierungen zur Information ab („beseitigte Ungewissheit“, „Negentropie“). Diese von Shannon eingeführte Definition weist neben der formalen aber auch inhaltliche Ähnlichkeit auf, hierauf gehe ich im Abschnitt „Impact“ ein. Die Shannon-Definition des Informationsgehaltes einer Nachricht hat sich in der Nachrichtenübertragung und für Datenkompressionssysteme als sehr zweckmäßig erwiesen.

Andererseits erfasst sie jedoch das Wesen der Information, ihre Semantik (Bedeutungsinhalte) überhaupt nicht. Sie macht lediglich Aussagen über die Statistik von Zeichenströmen - nicht jedoch von dem hier in Rede stehenden Gegenstand, von Informationsströmen. Bis dato gibt es jedoch keine Definition, welche dieses leistet.

3. Pragmatisch-semantische Definition

Um einen ersten Ansatz zu formulieren, welcher auch eine inhaltliche Betrachtung erlaubt, nehme ich für das weitere Vorgehen eine pragmatisch-semantische Sichtweise ein. Damit sind zwei Eigenschaften der Information wesentlich:

- der Bedeutungsinhalt der Information,
- die praktischen Auswirkungen beim Rezipienten ("Impact").

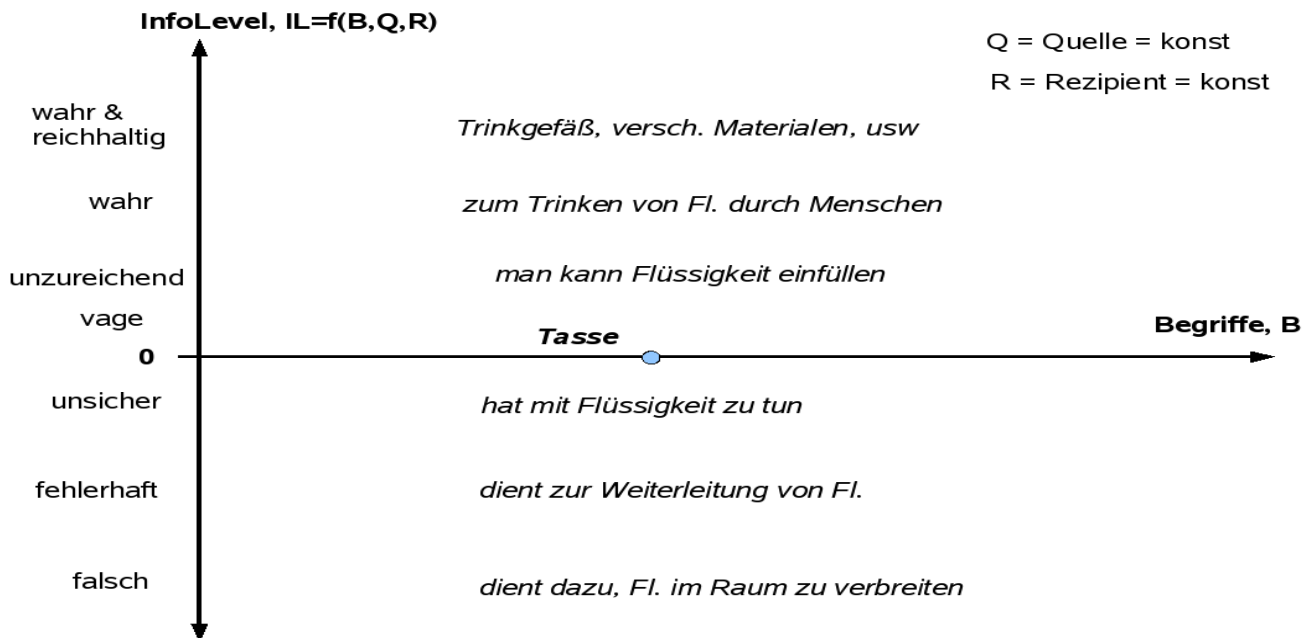
Weiterhin postuliere ich: es gibt einen Zustand von "Informiertheit", der durch seine "Informationshöhe" gekennzeichnet ist. Je größer die Informationshöhe, desto besser die Informiertheit. Diese Zustandsgröße nenne ich InformationLevel, kurz InfoLevel oder IL. Mit diesem Postulat hängt der „InfoLevel“ von (nur) 3 Parametern ab:

- dem Begriff oder der Begriffswelt (B),
- der Quelle, aus der die Information kommt (Q),
- dem, der die Information aufnimmt (Rezipient R).

Der InfoLevel IL ist damit eine Funktion der diskreten Variablen B, Q und R: $IL = f(B, Q, R)$. Zur Veranschaulichung könnten für B, Q und R beispielsweise Werte wie: B = "Tasse", Q = "Wikipedia", R = "Max Mustermann" eingesetzt werden. Offen ist noch die Frage der Werteskala für den InfoLevel IL. Ohne hier eine Quantifizierung versuchen zu wollen, sei sie zunächst auf folgender Werteskala gegründet:

$IL = \{ \text{falsch} \dots \text{fehlerhaft} \dots \text{unsicher} \dots 0 \dots \text{vage} \dots \text{unzureichend} \dots \text{wahr} \dots \text{wahr \& reichhaltig} \}$

Die folgende Abbildung zeigt eine Veranschaulichung für den Begriff B="Tasse":



Wollte man sich die gesamte Begriffswelt und ihren InformationsLevel für einzelne Menschen, bzw. Rezipienten (R=konstant) anschaulich vorstellen, so erhielte man eine Fläche im Raum, deren Ebene die Achsen „Begriffswelt“ und „Quelle“ aufspannen; in dieser Fläche können die Begriffe und ihr InfoLevel je nach Quelle durch Säulen repräsentiert werden. Während die Achse der Begriffe aufgrund ihrer Vielzahl nahezu eine kontinuierliche Verteilung aufweist, wird die Achse der Quellen häufig nur aus wenigen diskreten Punkten bestehen.

4. Informationsströme

Betrachten wir nun vor dem Hintergrund obiger Sichtweise die Informationsströme und ihre Eigenschaften, dann können wir als erstes feststellen, dass eine so definierte Information die gleichen Fließeigenschaften wie Masse und Energie besitzt:

Masse, Energie und Information fließen (ohne Einfluss von außen) stets vom höheren Potential oder Level zum niedrigeren.

Wenn nun aber Information fließt, dann ist sowohl ihr Fluss, als auch ihre Entstehung stets an Masse oder Energie gekoppelt. Also muss es zwischen Masse/Energie und Information Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten geben. Damit tritt der Begriff der Information endgültig in das Gebäude der Physik ein, auch wenn die meisten dieser Beziehungen gegenwärtig noch unbekannt sein dürften. Eine Beziehung hingegen können wir, mit verblüffenden Konsequenzen, jetzt bereits ableiten: eine Beziehung zwischen der Verarbeitung von Bits und dem dazu notwendigen minimalen Energieaufwand.

Beziehung zwischen Informations- und Energiestrom, energetischer Wirkungsgrad

Wenn wir mit dem Boltzmannschen Gesetz die Entropie formulieren, welche ein System besitzt, welches nur zwei Mikrozustände einnehmen kann, dann können wir in die o.g. Gleichung ganz offensichtlich $\Omega=2$ einsetzen:

$$S = k * \ln 2 \quad \text{mit } S=\text{Entropie, } k=\text{Boltzmann-Konstante}$$

Damit das System einen dieser beiden Zustände in definierter Weise annimmt, muss ihm genau diese Entropie $\Delta S=S$ entzogen werden. Dazu muss dem System nach dem 2-ten Hauptsatz der Thermodynamik eine Wärmemenge ΔQ entzogen werden [SSM06]:

$$- \Delta Q = T * \Delta S \quad \text{mit: } T = \text{absolute Temperatur in Kelvin}$$

Da bei konstanter Temperatur die innere Energie U des Systems konstant bleibt, also $\Delta U=0$, folgt aus dem 1-ten Hauptsatz der Thermodynamik:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W = 0 \quad \text{mit } \Delta W = \text{zugeführte Energiemenge (Arbeit)}$$

Folglich gilt ebenso:

$$\Delta W = T * k * \ln 2$$

Das exakt gleiche, hier über thermodynamische Betrachtungen erhaltene Ergebnis hat z.B. Meyer [Mey02] auf anderem Wege über nachrichtentechnische Überlegungen abgeleitet. Damit gibt es offensichtlich ein

Minimalkriterium für die Bit-Verarbeitung:

*Es kann kein System zur Verarbeitung von Bits geben, welchem pro Bit eine geringere Energiemenge als $k * T * \ln 2$ zugeführt wird (k =Boltzmann-Konstante, T = absolute Temperatur in Kelvin; bei Raumtemperatur von 293K: $280 * 10^{-23}$ Ws/bit).*

Demgegenüber betrachten wir nun den Energiestrom, der tatsächlich in heutigen Rechnern für die Bit-Verarbeitung benötigt wird, wobei es lediglich auf Größenordnungen ankommt: ein handelsüblicher PC mit ca. 100 W Energiezufuhr verarbeitet bis zu 100 Mbit/s. Dividiert man in einer groben Schätzung allererster Näherung nun den zuvor berechneten Minimalaufwand durch diesen realen Energieaufwand, dann kann man dieses Verhältnis als so etwas wie einen "energetischen Gesamtwirkungsgrad" ansehen:

$$\eta = \frac{280 * 10^{-23} \text{ Ws / bit}}{\text{Energiezufuhr / (reale Bit-Verarbeitungsrate)}}$$

Er ergibt sich bei dieser Betrachtungsweise mit den o.g. aktuellen Zahlenwerten zu dem extrem geringen Wert von:

$$\eta = 0,28 * 10^{-14}$$

Daraus lässt sich zumindest die Schlussfolgerung ziehen: *heutige Informationsverarbeitung ist in ihrer Effizienz sehr weit von ihrer theoretisch denkbaren Leistungsfähigkeit entfernt!*

Dieses Faktum ist typisch für alle neuen Technologien. Auch die ersten Dampfmaschinen des Industriezeitalters waren weit entfernt von den Wirkungsgraden heutiger Kraftwerke. In diesem, oder einem noch viel früheren Stadium stehen wir heute in der Informationstechnik. Informationstechnische System benötigen heutzutage teilweise eigene Kraftwerke, um für ihre Rechenzentren den immensen Stromverbrauch sicherzustellen. Aus der weiteren Forschung resultieren dann i.a. geringere Energiezufuhr und höhere Ausgangsleistungen (hier: höhere Bit-Verarbeitungsrate) und damit Wirkungsgradsteigerungen. Im Zukunftspotential der Informationsstrom-Verarbeitung mit seinen gegenwärtig äußerst geringen Wirkungsgraden liegt daher eine extreme Steigerungsfähigkeit. Möglicherweise spiegelt diese theoretische Betrachtung Zukunftsvisionen von Quantencomputern oder gänzlich andere Systeme, über deren konkrete Realisierung wir heute noch keinerlei Aussagen machen können. Sie zeigt, welche außerordentliche Entwicklung von Informationsströmen zu ganz neuen Größenordnungen wir zukünftig zu erwarten haben. Nahezu allwissende Informationssysteme wie z.B. aus den Science-Fiction Serien von „Startrek/Raumschiff Enterprise“ sind mit den Naturgesetzen vereinbar und sie können eines nicht unendlich fernen Tages realisiert werden.

5. Impact

Die Fragestellung nach dem Einfluss der Informationsströme auf menschliches Handeln ("Impact") wird daher zukünftig immer stärker an Bedeutung gewinnen. Wenn wir annehmen, dass menschliches Handeln vorwiegend durch Änderung der im Gehirn akkumulierten Information beeinflusst wird (und weniger durch den Mengenstrom an Information), dann kann dieser Einfluss nur auf Bedeutungsinhalten der zufließenden Information beruhen. Für diese Betrachtung ist daher allein eine solche Definition von Information angemessen, welche Bedeutungsinhalte beschreiben kann. Wenn wir die *Änderung* der im Gehirn akkumulierten Information als maßgeblich betrachten, dann liegt dem offensichtlich die Änderung des zuvor definierten InfoLevels IL zugrunde.

Daraus folgt: die Änderung des InformationLevels beim Rezipienten ist eine bestimmende Einflussgröße für menschliches Handeln.

Ob eine solche Änderung stattfindet, hängt maßgeblich von der Quelle der Information ab. Der Mengenstrom an Information wird beim Rezipienten „automatisch“ begrenzt: bei Informationsüberflutung erleben wir das bekannte Phänomen, dass keine Aufnahme mehr stattfindet. Daher kommt allein dem Inhalt und dessen Änderung überragende Bedeutung zu. An dieser Stelle wird neben der formalen eine inhaltliche Analogie zwischen der Boltzmannschen- und der Shannon-Definition der Entropie sichtbar; man kann die Aussage nach Shannon auch formulieren als: „Der Informationsgehalt eines übermittelten Zeichens ist proportional zum Grad seiner Unerwartetheit“ - die thermodynamische Definition nach Boltzmann als: „Die Entropieverringerung eines thermodynamischen Systems ist proportional zum Grad seiner Abweichung vom wahrscheinlichsten Zustand.“

Bezogen auf den Impact muss die nächste Fragestellung die nach den derzeitigen und zukünftigen *Quellen* der Information sein; dabei beobachten wir folgende aktuelle Trends:

- Die „klassischen“ Informationsverteilungsmedien (Print, Rundfunk, TV) nehmen in ihrer Reichweite ab,
- die Reichweite von Internet-Medien jeglicher Form nimmt zu.

Unter den Internet-Medien stark zunehmender Reichweite sind dies derzeit:

- 1) Suchmaschinen (vor allem Google mit Marktanteilen bis über 90%),
- 2) Online-Lexika (vor allem Wikipedia),
- 3) Social-Networking-Dienste (*VZ-Dienste, Twitter)

Der Wahlkampf des derzeitigen US-Präsidenten hat zum ersten Mal drastisch gezeigt, wie mit Social-Networking-Diensten erfolgreich Wahlen gewonnen werden können. Die Zensur der Suchergebnisse von Google in China macht deutlich, wie Regierungen sich der Dienste globaler Konzerne bedienen und wie Konzerne auch in ethisch zweifelhaften Situationen nach dem Maßstab der Gewinnmaximierung agieren. Die Ergebnisse von Wikipedia zeigen bisweilen krasse Fehlinformationen, die umso eher auffallen, wenn Journalisten sie in klassische Medien mit großer Reichweite kritiklos übernehmen.

Es ist unerheblich, ob zukünftig weitere oder andere Quellen unter den reichweitenstärksten auftreten; wesentlich ist es, entweder die Bedeutung derartiger Monopolstrukturen abzubauen (durch vielfältige Informationsstrukturen) oder Monopole in demokratische Legitimationsprozesse zu integrieren. Drei Maßnahmen erscheinen möglich:

- Auswahl vieler, verschiedener Quellen seitens der Rezipienten,
- Unterstützung und Aufbau vieler, verschiedener Quellen seitens verschiedenster Betreiber (Zivilgesellschaft, staatliche Organisationen/Institutionen, EU),
- Aufbau demokratischer Kontrollinstanzen für Quasi-Monopole der Informationsgesellschaft.

Wenn diese Gegensteuerung nicht sehr bald, und sehr viel intensiver erfolgt, dann werden zukünftig die privatwirtschaftlichen Betreiber mit ihren Eigeninteressen die Informationsquellen für gesellschaftliches Denken und Handeln noch viel stärker dominieren, als es jetzt bereits der Fall ist, denn wir stehen im Entwicklungspotential der Informationsströme erst ganz am Anfang. Die Selbstregulationsmechanismen des Marktes, auf die der Neoliberalismus auch in anderen Strukturen (Finanzwirtschaft) bis vor kurzem grenzenlos vertraute, können diese Probleme nicht allein lösen: der Aufbau einer globalen Informationsinfrastruktur erfordert Kapitaleinsatz in Höhe von Staatshaushalten. Wenn Staaten oder Staatengemeinschaften dies nicht selber leisten wollen (oder können), dann müssen sie zumindest demokratische Kontrollinstanzen hierzu etablieren.

Wie auch in anderen Entwicklungen früherer Jahrzehnte und Jahrhunderte greift Politik häufig erst dann ein, wenn ein „GAU (Größter Anzunehmender Unfall)“ geschieht oder „das Kind in den Brunnen gefallen ist“. Diese Tradition reicht von den Weberaufständen und Maschinenstürmern bis nach Tschernobyl und zur Weltfinanzkrise. Ein „GAU der Informationsgesellschaft“ und seine Auswirkungen seien der Fantasie des Lesers überlassen.

Literatur:

- [Sh48] C. E. Shannon, „A mathematical theory of communication“, *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- [SSM06] Peter Stephan, Karlheinz Schaber, Karl Stephan, Franz Mayinger, „Thermodynamik“, Band 1: Einstoffsysteme, 18. Auflage, 2006
- [Mey02] Martin Meyer, „*Kommunikationstechnik – Konzepte der modernen Nachrichtenübertragung*“, 2. Auflage, 2002, S. 60