

Als Überschrift habe ich den Ausspruch eines amerikanischen Zukunftsforschers gewählt:

Wir ersaufen in Daten,  
dabei dürsten wir nach Wissen!

John Naisbitt ist ursprünglich Politik-Wissenschaftler, hat sich als Trend- und Zukunftsforscher einen Namen gemacht und war damit Berater mehrerer US-amerikanischer Regierungen.

Außerdem hat er mit seinen Büchern das Wort „Globalization“ populär gemacht.

Wissenschaft  
ist aus Tatsachen gebaut,  
so wie eine Haus  
aus Backsteinen gebaut ist.  
Aber so, wie ein Haufen Backsteine  
noch kein Haus sind,  
so sind ein Haufen Tatsachen  
keine Wissenschaft.

Henri Poincaré  
französischer Mathematiker  
und Wissenschaftsphilosoph  
1854 – 1912

14. Februar 2018 18:00h

Dieser Ausspruch von Henri Poincaré, scheint mir ebenfalls sehr passen für den heutigen Vortrag

# Die Ahnen der Informations-Theorie

(in schneller Folge)

14. Februar 2018 18:00h

Die Informations-Theorie wird häufig alleine Claude Shannon zugeschrieben. Das erweckt den Eindruck, als hätte ein einzelner Mensch beim Frühstück eine Idee gehabt. Zumindest bei mir löst eine solche Vorstellung den Verdacht aufkeimen, dass diese Theorie von den Launen dieser einen Person abhängt und deshalb eine gewisse Beliebigkeit hat.

Tatsächlich setzt Shannon aber auf wichtige Arbeiten auf, und der Anlauf zur Informationstheorie ist sehr viel länger und wird von deutlich mehr Schultern getragen. Es kommt mir in den folgenden Folien nicht auf Details an, aber ich möchte einen Eindruck davon vermitteln.

In kurzer Folge, werde ich deshalb durch ein paar Folien eilen. Sie brauchen aber nicht zu befürchten, dass der ganze Vortrag in einer solchen Hast von statten geht. Ich werde danach die einzelnen Folien ausführlicher behandeln.

## Frank Lauren Hitchcock

- Doktorvater von Claude Elwood Shannon
- 1875 – 1957
- Bekannt für seine Formulierung des „**Transportproblems**“
  - Teilgebiet der Optimierungsprobleme



14. Februar 2018 18:00h

Frank Hitchcock war ein Mathematik-Professor und späterer Doktor-Vater Shannons. Bekannt wurde er durch seine Formulierung des „Transport-Problems“.

Für Nicht-Mathematiker:

Als Transport-Probleme wird eine Familie von Aufgabenstellungen bezeichnet, bei denen an einer Reihe von Punkten Ressourcen zur Verfügung stehen und an einer Reihe von anderen Punkten Bedarf an diesen Ressourcen besteht. Für den Transport entstehen Kosten. Das Gesamtsystem soll dabei so ausbalanciert werden, dass die Kosten insgesamt minimiert werden.

Im Grunde genommen kann man auch Transport von Informationen in diese Klasse der Transportprobleme einordnen.

# Harry Nyquist

- 1889 – 1976
- Elektro-Ing.  
AT&T, später Bell Labs
- 1928 „Certain topics in
- Telegraph Transmission
- Theory“,
  - darin begründet: Wurzeln des  
„**Nyquist-Shannon-  
Abtasttheorem**“



14. Februar 2018 18:00h

Harry Nyquist war ein schwedischer Elektro-Ingenieur, der in jungen Jahren in die USA ausgewandert ist.

1928 veröffentlichte er den Aufsatz „Certain topics in Telegraph Transmission Theory“, darin legt er die Grundlagen für das spätere „**Nyquist-Shannon- Abtasttheorem**“.

Zur Zeit dieser Veröffentlichung ist Shannon 12 Jahre alt. Daraus wird deutlich, das Nyquist nicht von Shannon profitiert hat, sondern umgekehrt Shannon von Nyquist. Dem Alter nach hätte Nyquist Shannons Vater sein können.

Bei den Bell Labs arbeiten Nyquist, Hartley, Betty Moore und Shannon zusammen.

## Ralph Vinton Lyon Hartley

- 1888 – 1970
- Elektro-Ing.  
Bell Labs
- 1928 „Transmission of Information“  
(Einfluss von Störungen)
- Shannon-Hartley-Gesetz  
(mögliche Übertragungsrate,  
abhängig vom Störabstand)



14. Februar 2018 18:00h

Ralph Hartley war ein US-amerikanischer Elektro-Ingenieur.

1928 veröffentlichte er den Aufsatz „Transmission of Information“ darin beschäftigt er sich mit den Auswirkungen von Störungen auf die Daten-Übertragungsrate. Er legt damit die Basis für das spätere „Shannon-Hartley-Gesetz“, auch zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung, ist Shannon erst 12 Jahre alt.

Bei den Bell Labs arbeiten Nyquist, Hartley, Betty Moore und Shannon zusammen.

## Mary Elizabeth „Betty“ Shannon

- Geb. Mary Elizabeth Moore
- 1922 – 2017
- Mathematikerin an den Bell Labs
- Arbeitete mit Claude Elwood Shannon zusammen
  - War maßgeblich an seinen Veröffentlichungen beteiligt
- Heirat 1949
  - 3 gemeinsame Kinder



14. Februar 2018 18:00h

Betty Moore war eine US-amerikanische Mathematikerin, die ebenfalls zusammen mit Nyquist, Hartley und Shannon bei den Bell Labs arbeitete. Obwohl bei den Arbeiten nicht als Autorin genannt, war sie an einigen der Veröffentlichungen Shannons mit beteiligt. 1949 heirateten die Beiden.

# Claude Elwood Shannon Der Vater der Informations- Theorie

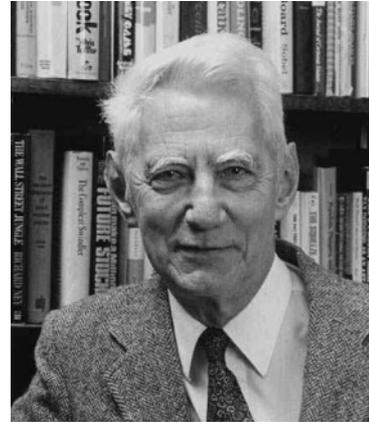
(jetzt etwas ruhiger)

14. Februar 2018 18:00h

## Claude Elwood Shannon

- 1916 – 2001
- Mathematiker (1936)
- Elektroingenieur (1937)
  - Master-Arbeit:  
Analyse elektrischer logischer Schaltungen mit Hilfe von Boolescher Algebra
  - Bei Vannevar Bush
  - Praktischer Bezug:  
„Differential-Analysator“.  
Damals leistungsfähigster Analog-Rechner vor Zuses „Z1“

14. Februar 2018 18:00



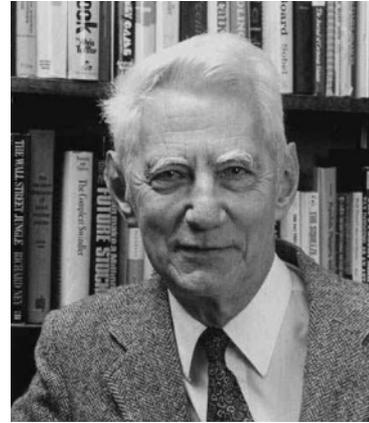
Claude Shannon war Mathematiker und Elektro Ingenieur, der beiden Fächern auch tatsächlich einen Master-Abschluss gemacht hat: 1936 in Mathematik, ein Jahr später in Elektrotechnik.

In seiner Masterarbeit in Elektrotechnik bei Vannevar Bush, nutzte er erstmals Boolesche Algebra, um damit logische elektrische Schaltungen zu beschreiben. Damals eine Pionierleistung.

Die Arbeit betraf den „Differential-Analysator“. Dies war ein im wesentlichen ein Analog-Rechner für die Lösung von Differential-Gleichungen. Für die damalige Zeit der weltweit leistungsfähigste Rechner, bis Konrad Zuse seine noch mechanisch arbeitende Digitale Rechenmaschine Z1 baute.

# Claude Elwood Shannon

- 1940 promoviert durch Frank Lauren Hitchcock mit
  - **Eine Algebra für theoretische Genetik**  
(An Algebra for Theoretical Genetics)



14. Februar 2018 18:00h

Auch in der Genetik geht es darum, Informationen zu übertragen. Indem Shannon seine Doktorarbeit darüber schreibt diesen Prozess algebraisch zu formalisieren, leistet er wichtige Vorarbeiten, für seine spätere Arbeiten auf dem Gebiet der Informationstheorie.

## Eng verwandte Gebiete

- Filter-Theorie  
(Rekonstruktion von gestörten Daten)
  - Norbert Wiener (1894 – 1964, MIT)
  - Andrei Nikolajewitsch Kolmogorow (1903 – 1987, Moskau)
  - Rudolf Emil Kálmán (1930 – 2016, MIT)
  - Richard S. Bucy (\* 1935)
  - Ruslan Leontjewitsch Stratonowitsch (1930 – 1997, Moskau)
  - Karl Küpfmüller (1897 – 1977)
    - Übler SS-Scherge, TH Darmstadt, Rektor 55/56

14. Februar 2018 18:00h

Eng verwandt mit der Entwicklung der Informationstheorie ist die Entwicklung der Filter-Theorie. Dabei geht es darum, mit statistischen Methoden aus einem empfangenen gestörten Signal das vermutlich gesendete Signal zu erraten.

Diese Theorie entwickelt sich zunächst in einer unabhängigen Linie. Erst später werden diese beiden Linien zusammen geführt.

## Claude Elwood Shannon

- Shannon untersucht an Bell Labs:  
Multiplex Verfahren
  - Mehrere Telefonate über die selbe Leitung übertragen
    - Es gibt verschiedene Verfahren
- Shannon stellte fest
  - Grenzen für Übertragung von Information: Unabhängig vom Verfahren
  - Vermutung: Es muss etwas Grundlegendes für diese Begrenzungen geben

14. Februar 2018 18:00h

Telefone waren zunächst das Privileg, Wohlhabender. Mit der zunehmenden Verbreitung der Telefonie entstanden mit der Zeit jedoch Engpässe.

In dicht besiedelten Gebieten, wie z.B. innerhalb von Städten ist das relativ einfach zu beheben, indem man zusätzliche Leitungen verlegt.

Bei der Überbrückung größerer Entfernungen ist das Verlegen einer weiteren Leitung aber ein erheblicher Kostentreiber.

Bei den Bell Labs wurde deshalb nach Möglichkeiten gesucht, mehrere Telefonate gleichzeitig über die gleiche Leitung zu führen. In der Technik nennt sich das „Multiplexing“. Dafür gibt es verschiedene Verfahren.

Die Aufgabe des Teams um Shannon war es, heraus zu finden, welches Verfahren die höchsten Übertragungsraten ermöglicht. Er findet heraus, dass es keine nennenswerten Unterschiede zwischen den untersuchten Verfahren gibt. Dies legt die Vermutung nahe, dass es eine grundsätzliche Grenze gibt, die dem Multiplexen allgemein zu Grunde liegt.

# Claude Elwood Shannon

- 1948: A Mathematical Theory of Communication  
(Mathematische Grundlagen in der Informationstheorie)
  - Theorie der Übertragungs-**Kapazität**
    - Nicht: tatsächlich übertragene Information
    - Sondern: Schranke für übertragene Information

14. Februar 2018 18:00h

Er entwickelt daraus eine mathematische Beschreibung, die er 1948 in dem Aufsatz „Mathematische Grundlagen in der Informationstheorie“ veröffentlicht.

# Claude Elwood Shannon

- Erkenntnis
  - Information steckt in **nicht vorhersehbaren** Anteilen eines Signals (bzw. von Daten)
  - Parallele: Entropie
- **Achtung!**
  - Entropie  $\neq$  Information
    - Entropie **notwendig** aber
    - **nicht hinreichend** für Informations-**Dichte**
  - Shannon führt den eigenen Begriff „Entropie“ ein um Verwechslungen zu vermeiden

14. Februar 2018 18:00h

Einer der zentralen Punkte dieser Theorie besagt, dass Information nur in den Teilen eines Signals steckt, die sich nicht vorher sagen lassen. Die vorhersagbaren Anteile könnte man, ohne Informations-Verlust bei der Übertragung auch weg lassen. Er sieht die Nähe zur physikalischen/chemischen „Entropie“ einem Maß für die Unordnung eines Systems.

Es gibt dazu eine ganze Reihe von Missverständnissen, die an dieser Stelle ausgeräumt werden müssen:

- Die Informationstheoretische Entropie ist nicht identisch mit der physikalisch/chemischen Entropie! Vielmehr wird die Vokabel hier als (einleuchtende) Metapher gebraucht.
- Die Entropie eines Signals gibt keine Auskunft über den Informationsgehalt eines Signals. Vielmehr gibt sie Auskunft über die obere Schranke, wie viel Information maximal im Signal enthalten sein kann. Entropie ist eine notwendige Voraussetzung für die Übermittlung von Information. Sie ist aber mitnichten eine hinreichende Bedingung für das Vorhanden sein von Information.
- Die Entropie sagt auch nichts aus, über den insgesamt möglichen Informationsinhalt einer Nachricht, sondern über die maximal mögliche Informations-*\*Dichte\**

# Klarstellungen

- **Entropie** ist eine **obere Schranke** für **Informationsdichte (!)**
  - Keiner Aussage ob die Möglichkeit Information zu übertragen
    - Genutzt wird
    - Und in welchem Ausmaß

## Claude Elwood Shannon

- 1948: A Mathematical Theory of Communication  
(Mathematische Grundlagen in der Informationstheorie)
- 1948: Communication in the presence of noise  
(Nachrichtenübermittlung bei vorhandenen Störungen)
- 1949: Communication Theory of Secrecy Systems  
(Theorie verschlüsselter Kommunikation)
  - Math. Grundlagen der Kryptographie
  - Damit Begründung der Kryptographie als Wissenschaft
  - Allan Turing Pionier, weniger allgemeiner
- Auch:  
mathematische Grundlage der Datenkompression

14. Februar 2018 18:00h

Der oberste Eintrag ist mit Absicht ausgegraut. Es ist die Veröffentlichung Shannons, über die wir bereits gesprochen haben.

Noch im selben Jahr folgt die Arbeit „Nachrichtenübermittlung bei vorhandenen Störungen“ uns schon im Jahr darauf „Theorie verschlüsselter Kommunikation“. Mit dieser Arbeit soll Shannon die Kryptographie als Wissenschaft begründet haben. Mir persönlich wäre da Allan Turing eingefallen, aber es ist wohl schon so dass Shannon sich in weit Grundlegenderer Weise mit dem Thema beschäftigt hat.

Die Arbeiten legen ferner die Grundlagen der heutigen Daten-Kompressions-Algorithmen.

An einem Beispiel  
wird es deutlicher!

14. Februar 2018 18:00h

Bislang haben wir uns auf historische Personen und Bezüge konzentriert. Im folgenden sollen die Ideen verständlicher werden, indem wir uns ein paar Beispiele anschauen

# Was ist Information

- Nach Shannon:
  - Daten sind Information, wenn sie den Zustand des verarbeitenden Systems verändern
  - Umgekehrt heißt das:  
Daten sind **keine** Information
    - Wenn sie ignoriert/verworfen werden
    - Wenn sie lediglich durchgereicht werden

14. Februar 2018 18:00h

Shannon definiert als „Information“ diejenigen Datenanteile, die den Zustand eines verarbeitenden Systems verändern, also die Daten, auf die ein System intern reagiert. Umgekehrt bedeutet das:

Daten, die von einem System lediglich durchgereicht werden, ohne analysiert zu werden, oder die sogar verworfen werden stellen keine Information dar.

## 7 Schichten-Modell

<b>8</b>	<b>Nutzer</b>	
<b>7</b>	<b>Anwendung (Interaktion mit Nutzer)</b>	Daten-Strom
6	Darstellung (Decodierung)	
5	Sitzung (Verbindungs-Auf- und -Abbau, Checkpoints)	
4	Transport (Konsistenz-Sicherung, z.B. Reihenfolge der Datenpakete)	Daten-Pakete
<b>3</b>	<b>Vermittlungs (Adressierung, Übertragungsweg)</b>	
<b>2</b>	<b>Sicherung (Prüfsummen etc.)</b>	
1	Physikalisch (Leitungen, Stecker, Strom, Spannung)	

14. Februar 2018 18:00h

Nehmen wir als Beispiel das ISO/OSI 7-Schichten-Modell

Ich will hier das Modell nicht vollständig erläutern, sondern Greife jeweils Teile heraus, um an diesem Beispiel zu betrachten, was jeweils an den Daten Information ist (und was nicht)

- Schicht 1 betrifft die Physikalische Ebene, also solche Dinge wie Kabel, Stecker, Funk-Frequenzen, Strom und Spannung
- In Schicht 2, der so genannten „Sicherungsschicht“ werden Mechanismen realisiert, die es ermöglichen sollen, ob die Übertragung der Daten gestört wurde, und die Daten deshalb erneut übertragen werden sollen.
- In Schicht 3, der sogenannten „Vermittlungsschicht“, wird ein Datenpaket mit einer Adresse versehen. Sie soll dafür sorgen, dass Daten in einem Netz dorthin gelangen, wohin sie gelangen sollen
- Wir lassen ein paar Schichten aus
- In Schicht 7 findet die Interaktion mit dem Nutzer statt. Das könnte z.B. durch einen Browser realisiert sein, der einen Text auf dem Bildschirm präsentiert.
- Schicht 8 ist im 7-Schichten-Modell nicht definiert, aber dessen logische Fortsetzung. Mit Schicht 8 bezeichnet man häufig den Nutzer, der vor dem Bildschirm sitzt.

## Aufbau eines Datenpakets

- Neben Nutzdaten:
- Weitere Informationen

### Kopf

- Adresse
- Absender
- Zeitstempel
- Folgenummer
- Länge des Pakets
- ...

### Nutzdaten

### Prüfsumme

- (Packzettel)

14. Februar 2018 18:00h

Ein paar Anmerkungen noch zum Aufbau von Datenpaketen:

Neben den Nutzdaten die eigentlich übertragen werden sollen, werden für technische Belange zusätzliche Daten hinzugefügt. So z.B. Kopf, mit Zieladresse und weiteren Daten, die benötigt werden, um die Nutzdaten zum Ziel zu transportieren.

Des Weiteren in der Sicherungsschicht eine Prüfsumme, um die Integrität der Daten überprüfen zu können.

## Was ist Information?

Schicht 2: Sicherung	Schicht 3 Vermittlung	Schicht 7 Anwendung	Schicht 8 Nutzer
<b>Kopf</b>	<b>Kopf</b>	<b>Kopf</b>	<b>Kopf</b>
<b>Nutzdaten</b>	<b>Nutzdaten</b>	<b>Nutzdaten</b>	<b>Nutzdaten</b>
<b>Prüfsumme</b>	<b>Prüfsumme</b>	<b>Prüfsumme</b>	<b>Prüfsumme</b>

14. Februar 2018 18:00h

Schauen wir uns nun an, welche Daten jeweils in den verschiedenen Schichten verarbeitet werden, also jeweils eine Information darstellen.

- In Schicht 2: Sie prüft die Integrität eines Datenpakets, dazu wird über die Nutzdaten eine Prüfsumme gebildet.
  - Inhaltlich werden die Nutzdaten nicht verarbeitet, was dafür sprechen würde, dass sie für das System keine Information darstellen
  - Allerdings wird die Prüfsumme gebildet, ein Aspekt, der in Richtung Information weist.

Wegen dieses Zwitter-Charakters habe ich das Feld nicht tot, sondern rosa gefärbt. Die übermittelte Prüfsumme stellt jedoch auf jedem Fall eine Information dar. Deshalb hier rot dargestellt

- In Schicht 3 werden lediglich die Adressierungsdaten verarbeitet, und das Paket entsprechend dieser Daten weiter geleitet. Für diese Schicht stellt also lediglich der Paket-Kopf mit den Adress-Daten eine Information dar, der Rest ist Nutzlast.
- Wir lassen wieder ein paar Schichten aus
- In Schicht 7 ist das Paket beim Empfänger angekommen und „Ausgepackt“. Der Kopf kann also keine Information mehr darstellen. Für die Nutzdaten gilt, die können Informationen darstellen. Dass nicht immer der Fall ist, dafür schauen wir uns gleich noch ein Beispiel an.
- Und auf Nutzerebene stellt sich noch einmal neu und anders die Frage, ob er mit den Daten etwas anfangen kann.

## Was ist Information Darstellungs-Schicht

- Neben Browsern
  - Stellen Webseiten auf dem Bildschirm dar
- Screen-Reader (kurz: Reader)
  - Von Blinden oder Sehbehinderten genutzt
  - Lesen Inhalte einer Webseite vor

14. Februar 2018 18:00h

Für das nächste Beispiel muss ich etwas vorausschicken.

Sie alle kennen Browser. Die Programme, mit denen man im Internet surfen kann und sich Webseiten anschauen.

Es gibt eine Variante für Blinde und Seh-Behinderte. Sogenannte „Screen-Reader“, kurz auch einfach „Reader“ genannt. Es sind Programme, die Text in gesprochene Sprache umwandeln können, den Text also gewissermaßen vorlesen.

## Was ist Information Darstellungs-Schicht

Parameter	Browser	Reader
width	ja	nein
height	ja	nein
src	ja	nein
Alt (Kurz-Beschreibung)	wenn Bild nicht auffindbar	ja
Longdesc (Lang-Beschreibung)	nein	auf Anforderung

- „Bilder“

- `<img`

```
width="300px"
height="200px"
src="./pics/bild1.png"
alt="Kurz-Text"
longdesc=
"./reader/bild1.txt">
```

14. Februar 2018 18:00h

Nehmen wir nun z.B. die Darstellung eines Bildes im HTML-Code

Das Schlüsselwort dafür ist „img“ daraufhin folgen eine Reihe von Parametern, die von einem Browser oder einem Reader jeweils unterschiedlich interpretiert oder übergangen werden.

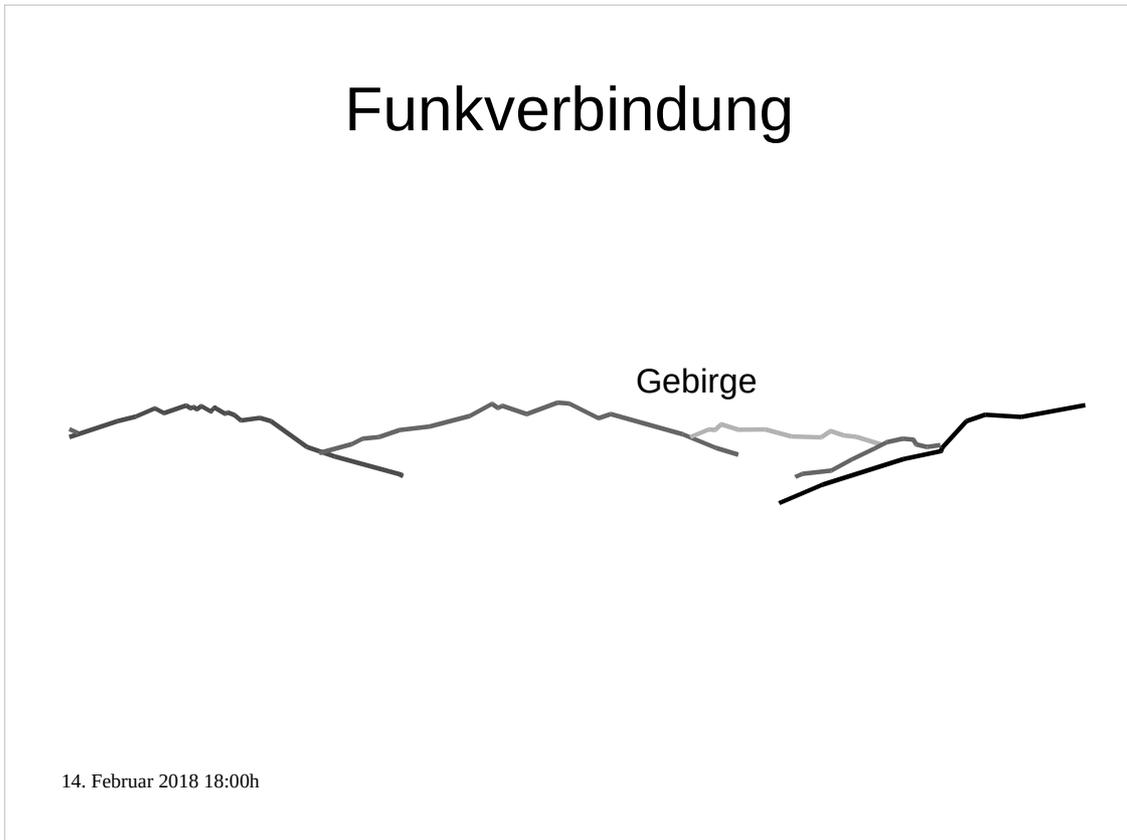
- Im Falle eines Browsers werden werden „width“ (Breite des Bildes), „height“ (dessen Höhe) und „src“ Adresse von der die Bilddatei geladen wird, ausgewertet. Sie stellen also Informationen dar. Der Parameter „alt“ (für „alternative“ wird nur in dem Fall ausgewertet, dass die Bilddatei nicht verfügbar ist. Anstelle des Bildes wird dann der Text aus dem Parameter „alt“ angezeigt.
- Anders dagegen der Reader: Alle Parameter, die das Bild betreffen, werden ignoriert, stellen also keine Information dar. Dafür wird der Kurzttext aus dem Parameter „alt“ vorgelesen und wenn der User eine entsprechende Tasten-Kombination eingibt, wird die Text Datei aus dem Parameter „longdesc“ (Long Description = Lange Beschreibung) geladen und vorgelesen.

Die Parameter, die für Browser und Reader eine Information darstellen schließen sich also gegenseitig nahezu aus.

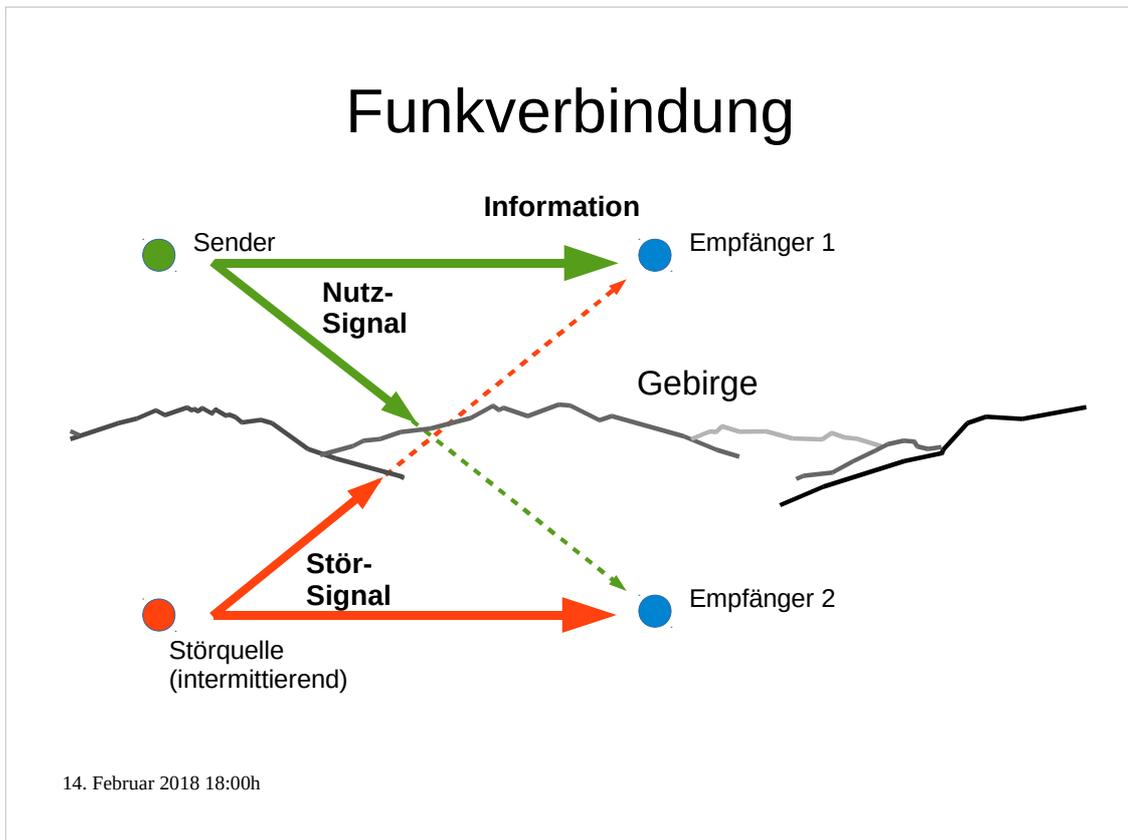


Rund um das Thema gibt es eine ganze Reihe von Vokabeln, von denen ich noch ein paar behandeln möchte





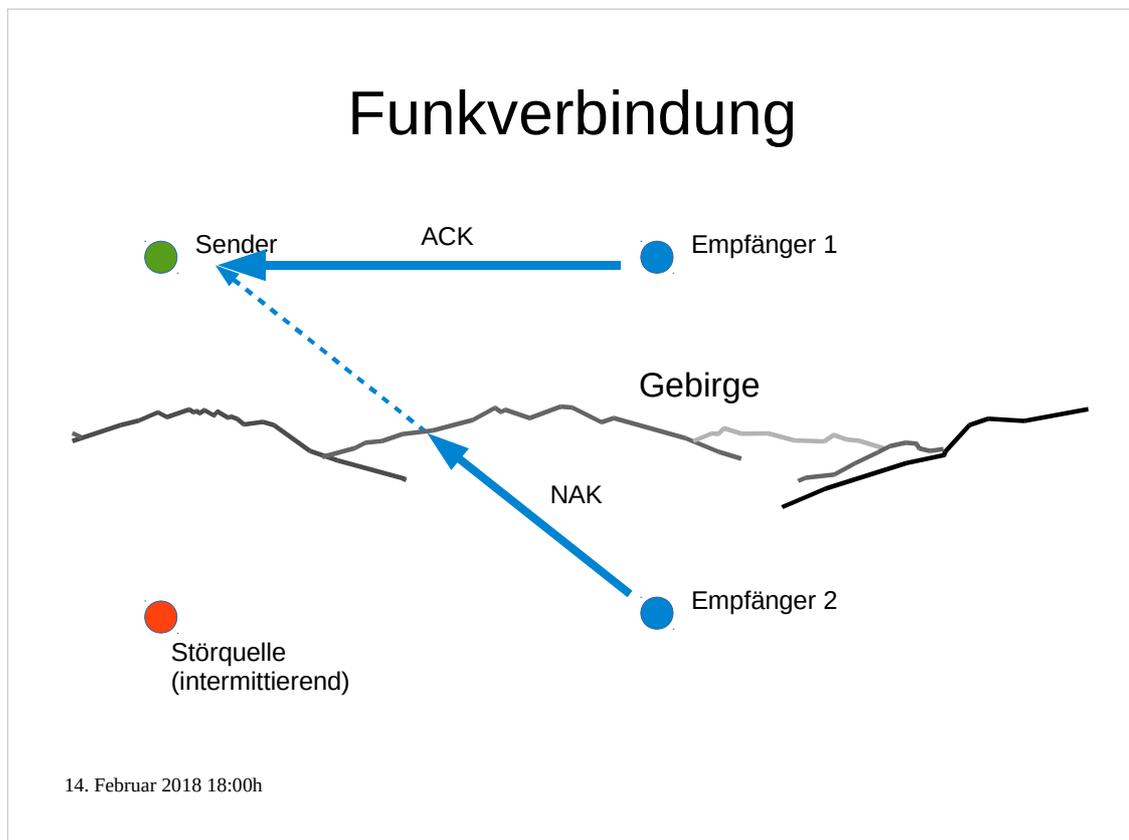
Die krakeligen Linien sollen ein Gebirge darstellen. Für Funkwellen ein Hindernis



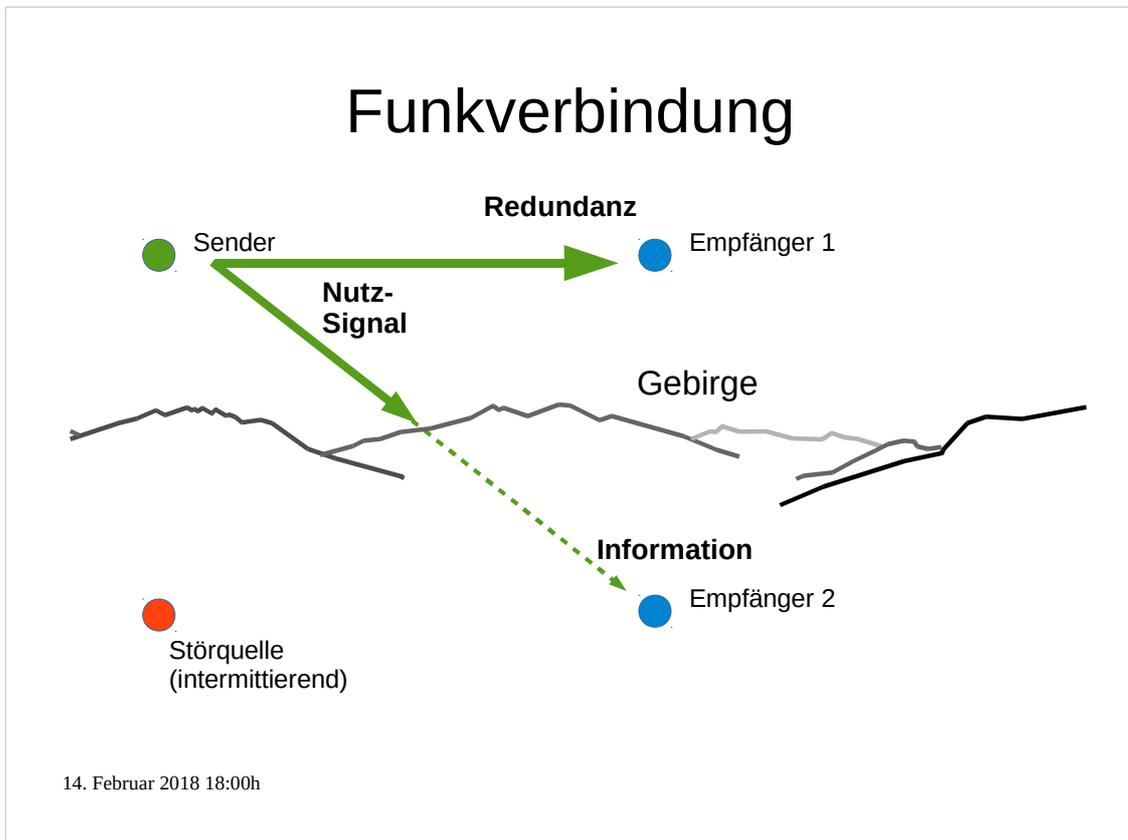
Jenseits der Bergkette befindet sich ein Sender und Empfänger 1, auf der hiesigen Seite eine Störquelle, die aber nur kurzzeitig stört (z.B. Die schlecht entstörte Bohrmaschine des Nachbarn (Die nur Störungen aussendet, wenn dieser gerade ein Loch in die Wand bohrt).

Während eines Funkspruchs tut der Nachbar das gerade.

- Empfänger 1 empfängt das Funksignal laut und deutlich. Die Störungen werden durch die Gebirgskette weitgehend abgeschirmt und er kann den Funkspruch verstehen.
- Anders für Empfänger 2: Der Funkspruch erreicht ihn nur mit schwachem Signal, die Störung dagegen mit voller Stärke. Er kann den Funkspruch nicht verstehen.



Dem entsprechend antwortet Empfänger 1 mit einem „Acknowledge (ACK, also „Bestätigung“), Empfänger 2 dagegen mit einem „Negative Acknowledge“ (NAK, Bitte Wiederholen)



Der Sender kommt der Aufforderung nach und sendet erneut. Diesmal hat Empfänger 2 Glück und es gibt keine Störung. Empfänger empfängt die Wiederholung ein weiteres Mal, laut und deutlich. Empfänger 2 leise, aber klar und verständlich.

Hat Empfänger 1 nun die „Information“ ein zweites Mal bekommen?

Nein! Da er sie schon beim ersten Mal verstanden hat, ist die Nachricht redundant und stellt für ihn keine Information mehr dar.

Wenn es eine Relais-Station ist, die Informationen ihrerseits weiter gibt, dann wird der Empfänger 2 dies nicht tun (außer er wird selbst durch ein NAK dazu aufgefordert).

Der selbe Funkspruch dagegen stellt für Empfänger 2 Eine Information dar, da er die Nachricht beim ersten Mal nicht entschlüsseln konnte.

## Daten vs. Information

- Damit Daten eine Information enthalten, muss der Empfänger sie:
  - erhalten (Ergebnis eines Verarbeitungsprozesses)
  - dekodieren können (Verschlüsselung)
  - Von Interesse sein
    - Inhalt bisher unbekannt sein (nicht redundant)
    - in einen Kontext eingeordnet werden können (Sack Reis in China umgefallen)

14. Februar 2018 18:00h

Voraussetzung dafür, dass tatsächlich eine Information ankommt ist:

- Die Nachricht muss den Empfänger erreichen
  - Er muss in der Lage sein, sie zu entschlüsseln
  - Er muss etwas „damit anfangen können“, sie muss für ihn also relevant sein.
- Andernfalls ist es zwar eine Nachricht, aber keine Information.

## Daten vs. Information

- Information: keine Eigenschaft von Daten !
- Information: Ergebnis eines Verarbeitungs-Prozesses
  - Empfänger beteiligt

14. Februar 2018 18:00h

Information ist deshalb keine Eigenschaft von Daten, sondern eine Eigenschaft eines Kommunikationsprozesses. Ob Daten eine Information darstellen lässt sich also nicht bestimmen, ohne den Empfänger der Nachricht mit zu betrachten.



Wir haben oben von Entropie gesprochen. Einen Begriff den Shannon eingeführt hat der ausdrücken soll, wie viel Information eine Nachricht tragen kann.  
Sehen wir uns die Bedeutung dieses Wortes also etwas genauer an!

## Entropie nach Shannon

$$H = - \sum_i p_i \cdot \log_2 p_i [Sh]$$

- Entropie ist unabhängig davon ob Daten:
  - entschlüsselt werden können
  - Redundant sind
  - Eingordnet werden können
- Entropie kann nicht Maß für Information sein !

14. Februar 2018 18:00h

Die Einheit der Entropie wurde nach Shannon benannt.

Die Einheit wird abgekürzt mit [Sh]. Die Entropie wird berechnet, indem für jedes Zeichen eines Alphabets die Wahrscheinlichkeit bestimmt wird, mit der es auftritt.

Summiert wird über das Produkt, aus dieser Wahrscheinlichkeit und dem Zweier-Logarithmus dieser Wahrscheinlichkeit. Da die so gebildete Summe immer kleiner als „0“ ist, wird schließlich noch das Vorzeichen umgedreht.

Offensichtlich besitzt eine identische Nachricht also immer die gleiche Entropie, unabhängig davon, ob sie redundant ist, ob der Empfänger sie entschlüsseln kann, oder ob er sonst etwas mit ihr anfangen kann.

Entropie kann also nicht identisch mit Information sein, stellt aber natürlich schon eine obere Schranke für die enthaltene Informationsdichte dar.

Bereits im Jahr 1928 hatte Ralph Hartley eine ähnliche Formel vorgeschlagen, war allerdings noch von einer Gleichverteilung der Wahrscheinlichkeiten ausgegangen, mit denen ein Zeichen auftreten kann. Außerdem hatte er nicht mit dem binären, sondern dem Zehner-Logarithmus gearbeitet.

## Entropie nach Shannon

$$H = - \sum_i p_i \cdot \log_2 p_i [Sh]$$

- Aber Entropie:
  - Obere Schranke für Informations-**Dichte** (Information pro Zeichen)
  - Wie viel Bit an Information **könnten pro Zeichen maximal** übertragen werden

14. Februar 2018 18:00h

Die Entropie nach Shannon gibt an, wie viele Bits mindestens benötigt werden, um ein Zeichen zu codieren. Um zu einer Obergrenze der Informationsmenge zu kommen muss man also noch die Entropie noch mit der Anzahl der übertragenen Zeichen multiplizieren.

## Entropie nach Shannon

- Die Expansion subterraller Knollen steht in reziproker Relation zur intellektuellen Potenz ihrer Kultivateure. (4,03 Sh, 109 Z., >440 Bit)
- Die dümmsten Bauern haben die dicksten Kartoffeln. (2,43 Sh, 50 Z., >122 Bit)

14. Februar 2018 18:00h

An einem weiteren Beispiel soll deutlich werden, dass Entropie und Informationsdichte nicht das Selbe sind:

- Dem Spruch: „Die dümmsten Bauern haben die dicksten Kartoffeln“ einerseits und
  - einer völlig gestelzten Formulierung, die den selben Sachverhalt ausdrückt.
- In meiner Jugend haben wir uns mit solchen Formulierungen gerne einen Spaß gemacht.

Wendet man Shannons Formel auf die beiden Sprüche an, so ergeben sich stark unterschiedliche Entropien, die durch den transportierten Inhalt aber nicht gerechtfertigt werden können.

## Drei Chinesen mit dem Kontrabass

- Drei Chinesen mit dem Kontrabass, saßen auf der Straße und erzählten sich was. Da kam die Polizei, ja was ist denn das? Drei Chinesen mit dem Kontrabass! (4,13 Sh, 153 Z, >632 Bit)
- Dre Chenesen met dem Kentrebess, seßen ef der Streße end erzehlten sech wes. De kem de Peleze, je wes est denn des? Dre Chenesen met dem Kentrebess! (3,48 Sh, 153 Z, >516 Bit)
- Geringere Entropie bei
  - gleicher Informationsdichte und
  - gleicher Informationsmenge.

14. Februar 2018 18:00h

Auch das Kinderlied von den 3 Chinesen mit dem Kontrabass ändert seine Entropie, wenn man alle Vokale durch einen einzigen Vokal ersetzt.

## (Zwischen)-Fazit

- Informationsgehalt  $\leq$  Datenmenge
  - Es lassen sich keine Informationen gewinnen, die nicht in den Daten angelegt sind
  - Information bemisst sich an dem, was der Adressat verarbeitet
    - verarbeiten kann
    - tatsächlich verarbeitet
- Informationsgehalt bemisst sich
  - An einem (Verarbeitungs)-Prozess
  - Nicht an Daten alleine

14. Februar 2018 18:00h

Wir sind noch nicht ganz am Schluss. Ich will aber zunächst das bisher gesagte zusammen fassen, bevor ich mich noch zwei verbreiteten Missverständnissen zuwenden will.

Die transportierte Information wird begrenzt durch die Daten und deren Entropie. Außer dieser Obergrenze sagen Daten alleine aber nichts über die transportierte Information aus.

Ein weiterer Grundlegender Aspekt liegt im Empfänger der Daten.

Information ist das Ergebnis eines Verarbeitungsprozesses, in dem Daten verarbeitet werden, aber keine Eigenschaft der Daten alleine.

## Level 8

- Shannon
  - Information = Daten  $\rightarrow \Delta$  System-Zustand
- Auf Menschen bezogen
  - Information = Verstanden und von Interesse
  - Gleichbedeutend (?): Information =  $\Delta$  Wissen

14. Februar 2018 18:00h

Nun zu einigen Streitpunkten:

Shannon definiert Information als den Anteil an Daten der zu einer Veränderung des verarbeitenden Systems führt.

In Bezug auf Menschen habe ich auch die Definition gefunden, dass Information am Zuwachs von Wissen gemessen wird.

Das ist zunächst einmal eine andere Formulierung.

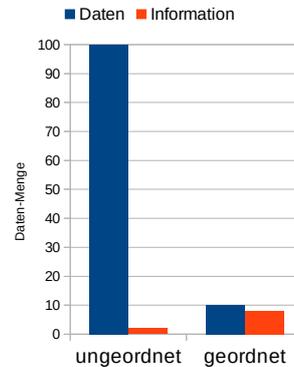
Zumindest ich kann aber nicht erkennen, was daran der so grundlegende Unterschied sein soll, um von einem unterschiedlichen Konzept zu sprechen.

## Informations-Zuwachs durch Daten-Reduktion

- Datenmenge die Empfänger überfordert, enthält (in diesem Kontext) geringe bis keine Information
- Verarbeitungsschritt, der Daten aufbereitet und reduziert, dass Verständnis möglich wird, fügt Information hinzu!
- Also:  
Weniger Daten ermöglicht mehr Information

Daten und Information

weniger Daten, mehr Information



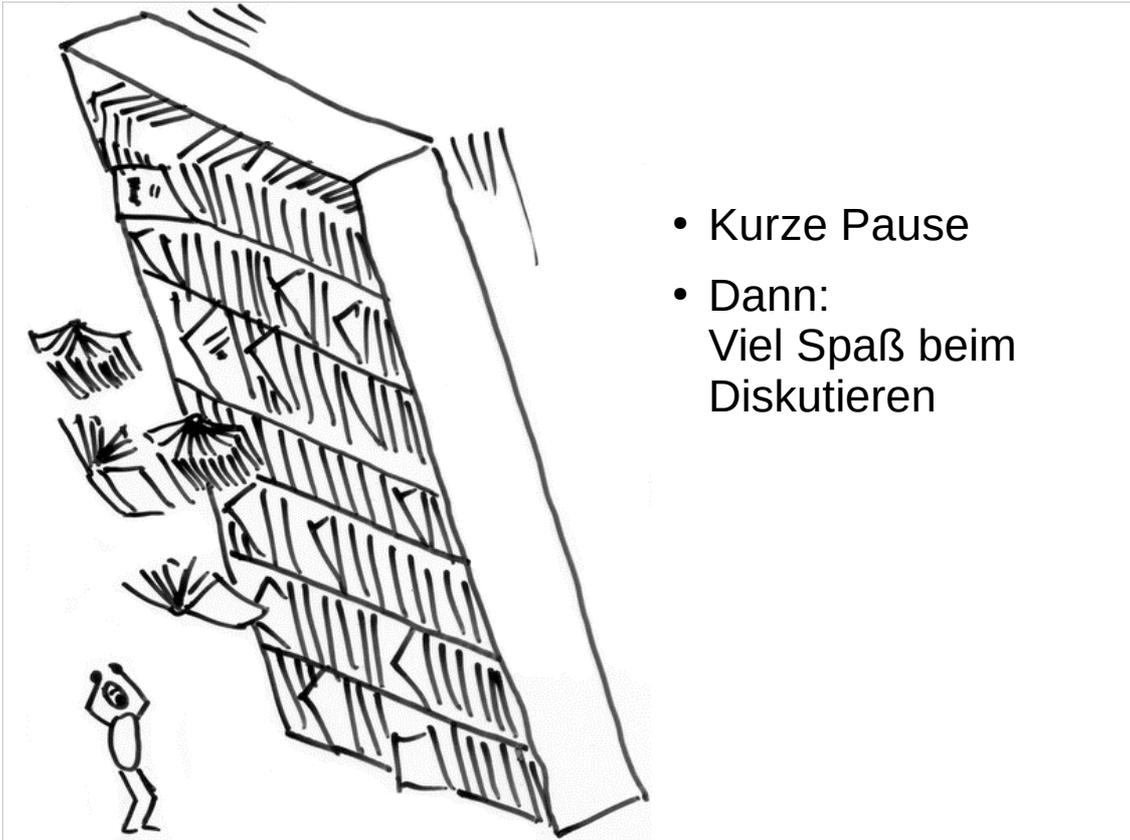
14. Februar 2018 18:00h

Schon häufiger habe ich Diskussion geführt, in denen behauptet wurde. Wenn man Daten aufbereitet und dabei die Datenmenge reduziert, so würde eine Informationsreduktion statt finden.

Aus dem Blickwinkel Shannons gesehen, stellt aber eine riesige Datenmenge, die den Empfänger überfordert keine Information dar, selbst dann, wenn sie die Information latent enthalten sollte.

Information entsteht aber erst durch die Interpretation des Empfängers. Bei dessen Überforderung bleibt die Informationsmenge aber bestenfalls gering, kann aber auch auf Null sinken.

Bereitet man die Daten jedoch auf, so dass der Empfänger mit einer stark reduzierten Datenmenge konfrontiert ist, die zu bewältigen er in der Lage ist, dann entsteht trotz der geringeren Datenmenge mehr Information, auch wenn natürlich auch weiterhin gilt, dass die Information durch Datenmenge und deren Entropie nach oben begrenzt bleibt. Erst bei noch weiterer Reduzierung der Datenmenge (bzw. Entropie) sinkt damit dann auch die Informationsmenge wieder ab.



Das war's!