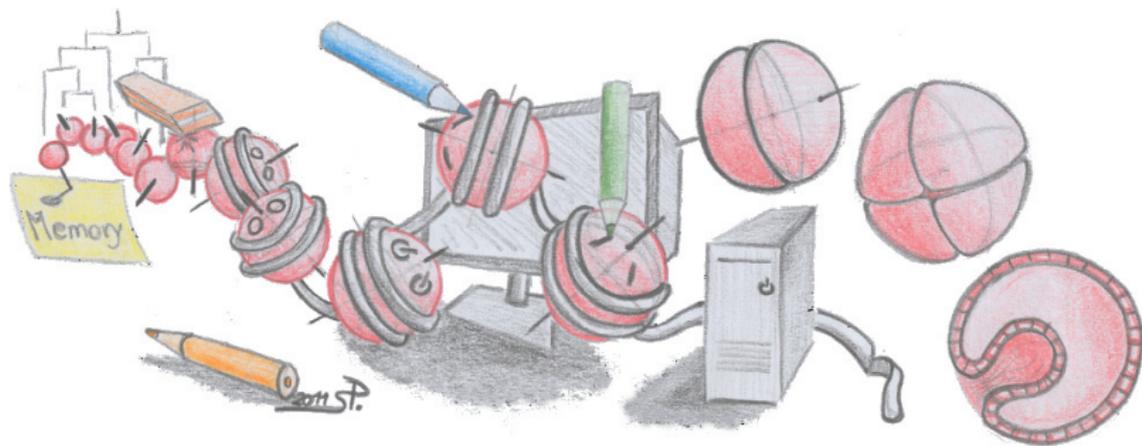


Theoretische Biologie

Prof. Sonja Prohaska

Computational EvoDevo Group, University of Leipzig



SS 2019

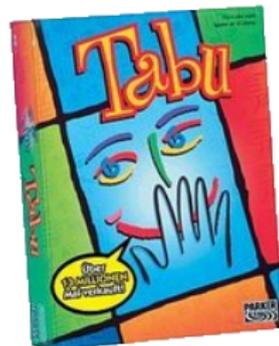
Der Begriff und das zugrundeliegende Konzept

- ▶ **Begriff** – Bedeutungsinhalt einer Bezeichnung von *etwas* konkretem oder abstraktem
 - ▶ ist eine semantische Einheit
 - ▶ wird geistig repräsentiert (*“begriffen”*)
 - ▶ wird durch eine Bezeichnung (Wort oder Phrase) zur sprachlichen Einheit
- ▶ **Fachbegriff, Fachausdruck oder Terminus** – Bedeutungsinhalt einer Bezeichnung für *etwas*, das Teil einer Terminologie (Fachsprache) ist
- ▶ **Konzept** – “A unit of knowledge created by a unique combination of characteristics.”
 - ▶ eine metale Darstellung oder *“Vorstellung”*
 - ▶ Achtung, nicht zu verwechseln mit Intuition!
- ▶ **Definition** – (lateinisch *definitio* “Abgrenzung”)
- ▶ ist eine Begriffserklärung (evtl. -festlegung)

Konzepte und ihre Eigenschaften

Welche Methoden nutzen wir um *etwas* zu charakterisieren?

... in class action
and analysis.



Konzepte und ihre Eigenschaften

Welche Methoden nutzen wir um *etwas* zu charakterisieren?

- ▶ Wie ist es beschaffen? (Eigenschaften, Beschreibung)
- ▶ Woraus besteht es? (Elemente, Bestandteile)
- ▶ Wie verhält es sich? (Aktionen, mechanistisch)
- ▶ Wie ist es einzuordnen? (Ähnlichkeit, Zugehörigkeit)
- ▶ Wo/Wann ist es anzutreffen? (Ort, Zeit)
- ▶ ... trifft zu auf? (Instanzierung)
- ▶ Wozu dient es? (Verwendung, Zweck)

Definitionen in den Wissenschaften

Reproduzierbarkeit verlangt nach wohldefinierten Konzepten.

Welche Bedingungen sollte eine Definition erfüllen?

- ▶ exakt, eindeutig, notwendig und hinreichend, ohne Ausnahmen
- ▶ generalisierbar, spezialisierbar
- ▶ anwendbar (wichtig für Messmethodik)
 - nützliche Eigenschaften
 - nützliche Methoden

Was kann man aus einer abstrakten Definition folgern?

- ▶ vieles \Rightarrow gute Definition
- ▶ wenig \Rightarrow schlechte Definition

Unter welchen Zusatzbedingungen sind Definitionen zusammenführbar?

- ▶ überlappend
- ▶ widerspruchsfrei

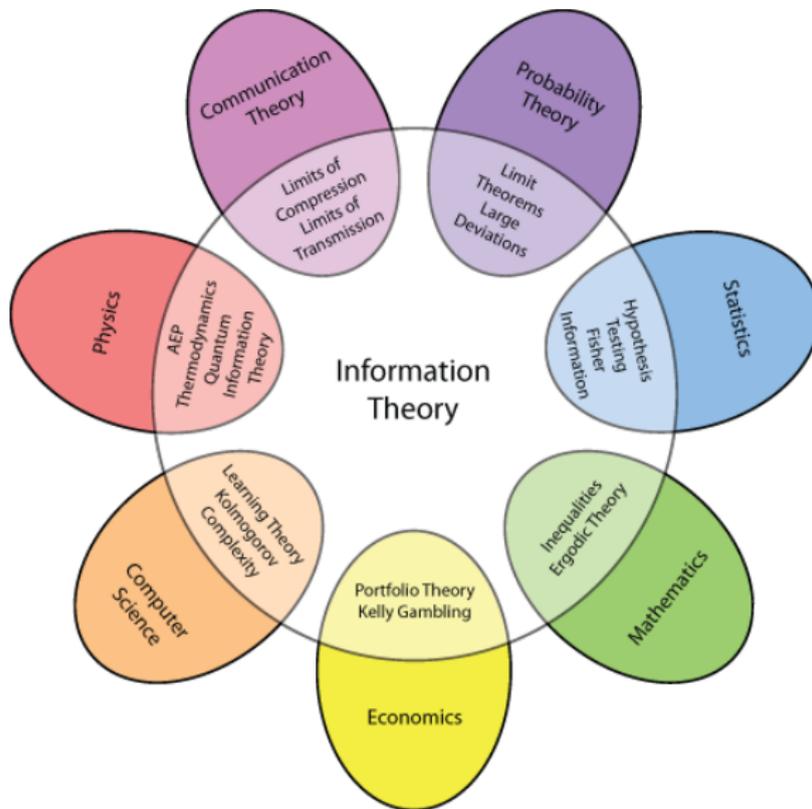
Information

- ▶ Was ist “Information”?
- ▶ Wie können wir “Information” charakterisieren?
- ▶ Wie können wir “Information” messen?

in class action: brainstorming...

Relevanz des Begriffes information

- ▶ **Digital Revolution, Informationszeitalter** Wertschöpfung aus Erzeugung und Handel mit immateriellen Gütern, wie **Information**
- ▶ **Informatik** ist die Wissenschaft von der systematischen Darstellung, Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von **Informationen**, besonders der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern.
- ▶ Vielseitiger, alltäglicher Einsatz des Begriffes



Information aus der Sicht eines Quantenphysikers

“A physical system by existing registers information and by evolving in time it transforms or processes this information.”
by Seth Lloyd

Information aus der Sicht eines Mathematikers

In communication theory... the more uncertain an event, the more information is required to resolve the uncertainty

Claude Shannon

Charakterisierung von "Information"

Auf der einen Seite...

- ▶ Information existiert in Form von Daten (Fakten)
- ▶ weitergegeben in Form einer "Nachricht" (engl. message)
- ▶ generieren, sammeln, speichern, verarbeiten (e.g. kodieren, komprimieren), übermitteln, nutzen, entfernen/recycled ("life cycle of information")
- ▶ "any propagation of cause and effect within a system"
- ▶ "information reduces *uncertainty*"
- ▶ Information ist quantitative messbar
e.g. unit of information: "bit"

Charakterisierung von “Information”

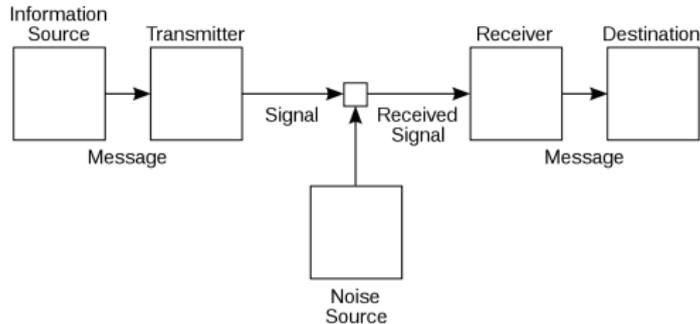
Auf der anderen Seite (erfordert kognitiven Verhalten)...

- ▶ Information ist “that which informs”
- ▶ **Wissen (engl. knowledge):** “acquired awareness or understanding”
- ▶ wird direkt in Form einer “Nachricht” weitergegeben
- ▶ oder indirekt durch Beobachtung
- ▶ trägt **Bedeutung (engl. meaning)**

stark Kontext abhängig

- ▶ Information: der String “ABBA”
- ▶ Bedeutung 1: keine (wird nicht verstanden)
- ▶ Bedeutung 2: die richtigen Antworten im Multiple-Choice-Test
- ▶ **Bewertung (engl. value)**
Information ist relevant oder nicht relevant

Information aus Sicht der Kommunikationstheorie



- ▶ eine Nachricht die Information enthält
eine Sequenz S , aus n Elementen des Alphabets A (Größe k)
- ▶ wird von einer Quelle zum Ziel
als digitales Signal
über den Sender zum Empfänger
(am Sender kodiert, am Empfänger dekodiert)
- ▶ transmittiert

Wie wird der Informationsgehalt der Nachricht gemessen?

Shannon Information

- ▶ Aus einem **Kontext** (statespace) Ω
(einem Set aller möglichen Nachrichten der Länge n)
- ▶ ist für jede Position i einer Nachricht
- ▶ der Wahrscheinlichkeitsvektor p_i mit Dimension k bekannt.

Kontext bestimmen und (alle) p_i ermitteln.

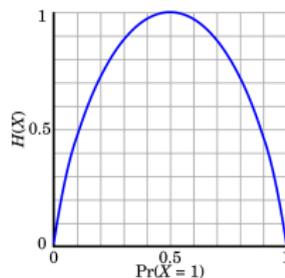
- ▶ Sind die Wahrscheinlichkeiten gleichförmig über das Alphabet A verteilt, also $p_i = 1/k$
- ▶ dann ist die Entropie ("Uncertainty") **maximal**.

					...				
Probability	p	p	p	p					
Information	$\log_2(1/p)$	$\log_2(1/p)$	$\log_2(1/p)$	$\log_2(1/p)$					
<hr/>									
Entropy =	$p \log_2(1/p)$	+	$p \log_2(1/p)$	+	$p \log_2(1/p)$	+	$p \log_2(1/p)$	+	...

Shannon Entropy H – Anforderungen

- ▶ $H(p_i)$ soll maximal sein, wenn die Buchstaben des Alphabets A gleichverteilt sind $\Rightarrow p = 1/k$
- ▶ $H(p_i)$ soll nicht kleiner als 0 sein
- ▶ *Stetigkeit*: kleine Änderungen an p_i dürfen nur zu kleinen Änderungen in $H(p_i)$ führen
- ▶ *Erhaltungssatz*: $H(S_{1..x}) + H(S_{(x+1)..n}) = H(S_{1..n})$

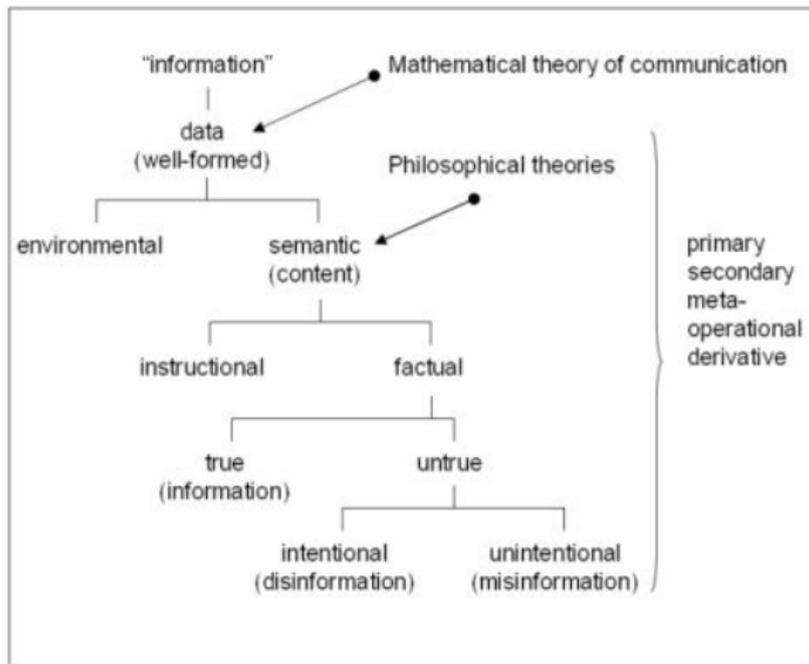
$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$



Frage: Wie nützlich ist Shannon Entropy zur Messung des Informationsgehalts von DNA?

Shannon information = Shannon entropy = Information entropy

Vielfalt der Informationskonzepte



Luciano Floridi (2010). Information, A Very Short Introduction. Oxford University Press
<https://seop.illc.uva.nl/entries/information-semantic/>

Instrumente zum quantifizieren von Information

- ▶ Shannon Entropie
- ▶ Kolomogorov Komplexität
- ▶ Semantische Information (siehe Semiotic)
- ▶ Effizienz von Kompressionsalgorithmen
- ▶ Fischer Information
- ▶ “mutual information”