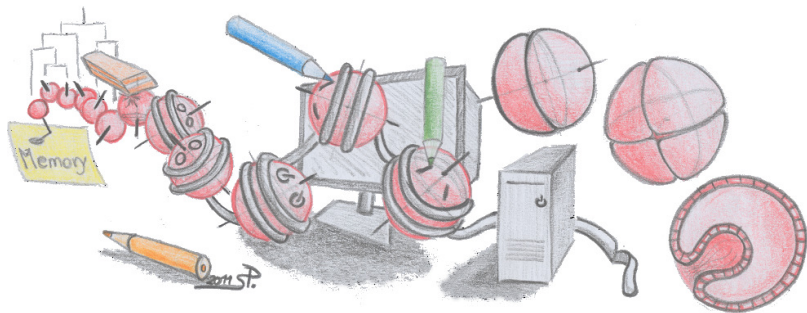


Theoretische Biologie

Prof. Sonja Prohaska

Computational EvoDevo, University of Leipzig



SS 2018

Theoretische Biologie

- ▶ **Axiom**

eine Aussage oder Grundsatz einer Theorie oder eines axiomatischen Systems, der innerhalb dieses Systems nicht begründet oder deduktiv abgeleitet wird

- ▶ **Theorie**

ein System von Aussagen, das dazu dient, Ausschnitte der Realität zu beschreiben/zu erklären und Prognosen erstellt

- ▶ **Modell**

vereinfachte Abbildung der Realität

z.B. Molekülmodell, regulatorisches Gennetzwerk

Modellbildung durch Abgrenzung, Dekomposition, Reduktion (reductionism), Aggregation (holism) und Abstraktion

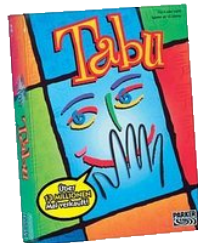
Begriff vs. Konzept

- ▶ **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** – **negativ behaftet?**

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
 - ▶ nützliche Eigenschaften
 - ▶ nützliche Methoden
 - ▶ wichtig für Messmethodik

Was kann man aus einer abstrakten Definition folgern?

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

Unter welchen Zusatzbedingungen sind Definitionen zusammenführbar?

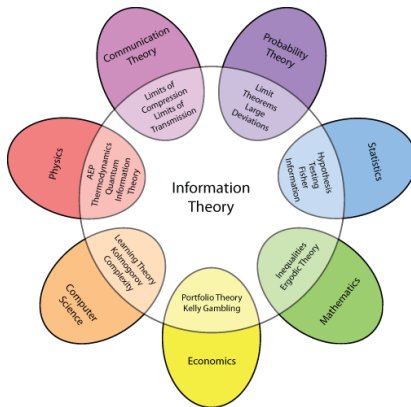
- ▶ überlappend
- ▶ widerspruchsfrei

Viel verwendete Begriffe

- ▶ Information
- ▶ Struktur
- ▶ Funktion
- ▶ Regulation
- ▶ Gen

Information

- ▶ **Informatik**, die Wissenschaft von der systematischen Darstellung, Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Informationen, besonders der automatischen Verarbeitung mithilfe von Digitalrechnern.
- ▶ sehr abstrakt und allgemein



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

Charakterisierung von "Information"

Auf der einen Seite...

- ▶ Information existiert in Form von Daten (Fakten)
- ▶ weitergegeben in Form einer "Nachricht" (engl. message)
- ▶ speichern, kodieren, transmittieren, verarbeiten, komprimieren
- ▶ "any propagation of cause and effect within a system"
- ▶ "reduces *uncertainty*"
 - ▶ "the more uncertain an event, the more information is required to resolve the uncertainty"
- ▶ Information wird in "bit" gemessen

Beispiel:

ein fairer Münzwurf mit $p = 1/2$, gibt bei einem Wurf Information $\log_2(1/p)$ in der Höhe von 1 bit

Wie gross ist die Information bei zwei fairer Münzwürfen?

Charakterisierung von “Information”

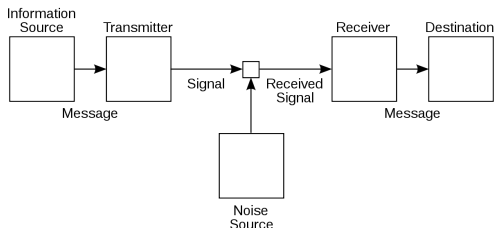
Auf der anderen Seite (erfordert kognitiven Verhalten)...

- ▶ 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 kann quantifiziert werden wieviel Information die Nachricht enthält?

Informationsmass – Shannon Information





(wenig Information)

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 $p_i = 1/k$
- ▶ die Entropie ("Unordnung" / "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 kleine Änderungen in $H(p_i)$ führen
- ▶ *Erhaltungssatz*: $H(S_{1..x}) + H(S_{(x+1)..n}) = H(S_{1..n})$

$$H = -K \sum_i p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

viel Entropy (H) \leftrightarrow wenig Information (I)

Weitere Instrumente zum quantifizieren von Information

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