

Information und Evolution

Hans Uszkoreit

© 2009 H. Uszkoreit

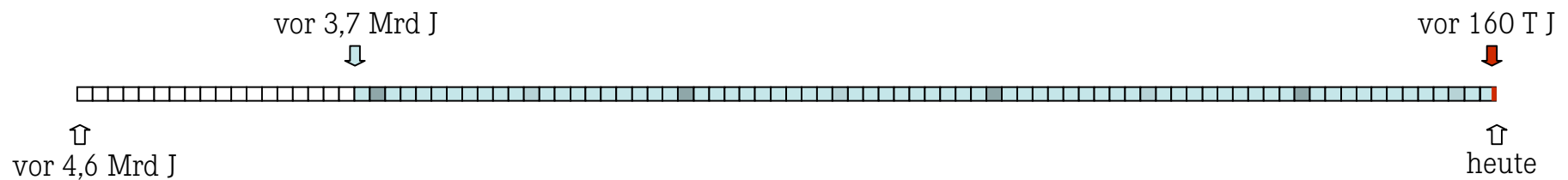
Hans Uszkoreit Vorlesung
Informationswissenschaft
und Informationssysteme



Seit wann gibt es Information in der Welt

betrachten wir erst einmal zwei Arten von Information

- ☆ einfache Informationsverarbeitung in der Biologie
- ☆ komplexe Informationsverarbeitung in der Kognition
- ☆ beide sind ein Ergebnis der Evolution



Information in biologischen Systemen

- ☆ genetische Information (RNS, DNS)
- ☆ Botenstoffe (Hormone)
- ☆ Perzeption und Reizleitung (Sensornerven, Nervensystem)
- ☆ Informationsweitergabe (Kommunikation) zwischen Organismen
- ☆ Kognition (Gedächtnis, Sprache, Wissen, Inferenzen)

		Second Letter				
		T	C	A	G	
First Letter	T	TTT } Phe TTC } TTA } Leu TTG }	TCT } TCC } Ser TCA } TCG }	TAT } Tyr TAC } TAA } Stop TAG } Stop	TGT } Cys TGC } TGA } Stop TGG } Trp	T C A G
	C	CTT } CTC } Leu CTA } CTG }	CCT } CCC } Pro CCA } CCG }	CAT } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGT } CGC } Arg CGA } CGG }	T C A G
	A	ATT } ATC } Ile ATA } ATG } Met	ACT } ACC } Thr ACA } ACG }	AAT } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGT } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	T C A G
	G	GTT } GTC } Val GTA } GTG }	GCT } GCC } Ala GCA } GCG }	GAT } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGT } GGC } Gly GGA } GGG }	T C A G



Information und Evolution

Eigentlich ist die Information nicht nur Ergebnis der Evolution, sondern auch Vorbedingung für Evolution.

Evolution und Information sind daher gleichzeitig entstanden.

Biologische Evolution beruht auf Information:

- ☆ Information wird repliziert
- ☆ Information determiniert einen Organismus
- ☆ der Organismus stellt sich dem Wettbewerb
- ☆ bei Erfolg erhält er die Möglichkeit zur Replikation

- ☆ Änderungen der Information durch Kopierfehler oder Mutation



Darwinscher Prozeß

1. There must be a pattern involved. Like the DNA triplets in a gene, or a meme like an advertising jingle.
2. The pattern must be copied somehow (indeed, that which is copied may serve to define the pattern).
3. Variant patterns must sometimes be produced by chance -- though it need not be purely random.
4. The pattern and its variant must compete with one another for occupation of a limited work space. For example, bluegrass and crab grass compete for back yards. Observe that we're now talking about populations of a pattern, not one at a time.
5. The competition is biased by a multifaceted environment: for example, how often the grass is watered, cut, fertilized, and frozen, giving one pattern more of the lawn than another. That's Darwin's natural selection.
6. New variants always preferentially occur around the more successful of the current patterns. In biology, there is a skewed survival to reproductive maturity (environmental selection is mostly juvenile mortality) or a skewed distribution of those adults who successfully mate (sexual selection). This is what Darwin later called an inheritance principle. Variations are not just random jumps from some standard starting position; rather, they are usually little sidesteps from a pretty-good solution (most variants are worse than a parent, but a few may be even better, and become the preferred source of further variants).

Evolution in der Biologie (U. Reyer)

- a) Individuen derselben Art unterscheiden sich in zahlreichen Merkmalen;
- b) die Entstehung dieser Unterschiede beruht auf Zufallsprozessen (**Mutation**);
- c) ein Teil der Merkmalsunterschiede ist erblich, wird also von Eltern an die Kinder weitergegeben;
- d) es werden mehr Nachkommen produziert als die begrenzten Ressourcen einer Umwelt tragen können;
- e) dadurch entsteht **Konkurrenz** um die begrenzten Ressourcen;
- f) jene, die in dieser Konkurrenz am erfolgreichsten sind ("the fittest") werden besser überleben und mehr Nachkommen hinterlassen als solche, die weniger erfolgreich sind. Da die Eigenschaften, die ihnen diese Fitneß verleihen, zumindest teilweise erblich sind, werden auch ihre Kinder wieder erfolgreich sein, sowie deren Kinder und deren Kinder u.s.w. Auf längere Sicht werden daher die weniger erfolgreichen Linien aussterben, und nur die tauglichsten (oder "the fittest") überleben ("survive"). Daher "survival of the fittest". Der Maßstab für diese Tauglichkeit (oder Fitneß) ist die natürliche Umwelt der Organismen. Sie trifft gewissermaßen die **Auswahl (=Selektion)**, wer überlebt und sich fortpflanzt und wer nicht. Daher der Begriff "Natürliche Selektion der Tauglichsten"
- g) Das Ergebnis der Selektion ist **Anpassung (=Adaptation)**. Die Eigenschaften, die sich durchsetzen, sind solche, die am besten in die jeweilige Umwelt passen. Da aber die Umwelten sich unterscheiden, können Organismen derselben Ausgangsform sich in verschiedenen Umwelten in verschiedene Richtungen entwickeln (Radiation).

Darwinscher Prozeß (William H. Calvin)

1. **Struktur:** Es gibt Muster, die relevante Eigenschaften der zu beschreibenden Objekte bestimmen.
Genotyp - Phänotyp
2. **Transmission:** Das Muster wird wiederholt kopiert.
genetische Vererbung
3. **Variation:** Das Muster wird wiederholt variiert.
Mutation
4. **Wettbewerb:** Das Muster und seine Variationen müssen in einem Wettbewerb stehen.
Wettbewerb von Organismen um begrenzte Ressourcen
5. **Rahmenbedingungen:** Der Wettbewerb wird durch Rahmenbedingungen beeinflusst.
Umwelt
6. **Auslese:** Neue Variationen entstehen häufiger aus den erfolgreicherer Mustern
Überleben bis zur Fortpflanzungsreife
Vorteile im Wettbewerb um Fortpflanzungspartner

1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = Adaption



Darwinscher Evolutionsprozeß

Darwinscher Prozeß +

7. Strukturzunahme: Bei der Adaption werden komplexere Muster bevorzugt

Differenzierung des Organismus



Variationsbreite Darwinscher Prozesse

1. **Struktur:** Es gibt Muster, die relevante Eigenschaften der zu beschreibenden Objekte bestimmen.

Beispiel: Gesetze Rechtsordnung

Frage: Müssen die Muster als Information getrennt von den Eigenschaften der konkurrierenden Systeme vorliegen?

2. **Transmission:** Das Muster wird wiederholt kopiert.

Das Kopieren kann auch durch Weitergabe, Überlieferung, Nachbau etc. geschehen



Variationsbreite Darwinscher Prozesse

3. Variation: Das Muster wird wiederholt variiert.

Zeitpunkt der Variation:

- 1.1. Die Variationen können ein Resultat des Kopiervorgangs sein. (noisy channel,)
- 1.2. Die Entstehung von Variationen kann aber auch zwischen den Kopiervorgängen geschehen.

Quelle der Variation:

Die Variationen können durch den Zufall bestimmt sein. Bedingung ist aber, daß es genügend Variationen gibt, die nur minimal von ihrem Ausgangsmuster abweichen!

Der Raum möglicher Variation kann z.B. durch die Kodierung, den Träger der Information eingeschränkt sein.



Variationsbreite Darwinscher Prozesse

4. Wettbewerb: Das Muster und seine Variationen müssen in einem Wettbewerb stehen.

Wichtig: Erfüllung von Kriterien, Optimierung

5. Rahmenbedingungen: Der Wettbewerb wird durch Rahmenbedingungen beeinflusst. Wichtig: Dynamik!

Dynamische Rahmenbedingungen können auch im System selbst liegen.

6. Auslese: Neue Variationen entstehen häufiger aus den erfolgreicherer Mustern.

Wichtig: Auslese muß nicht zum Aussterben eines Musters führen!

7. Strukturzunahme: Innerhalb der Variation kommt es mitunter zur Strukturzunahme.

Wenn sich diese Strukturzunahme im Wettbewerb durchsetzt, bleibt sie erhalten. Die wiederholte Strukturzunahme ist Evolution im engeren Sinne.



Beispiel: Theorieentwicklung als Darwinscher Prozeß

1. **Struktur:** die Komponenten der Theorie werden niedergeschrieben und erinnert
 2. **Transmission:** Die Theorie wird wiederholt angewandt und weitergegeben
 3. **Variation:** Die Theorie wird verändert (durch die neuen Anhänger und durch neue Anwendungen)
 4. **Wettbewerb:** Begutachtungen, Entscheidungen über die Übernahme
 5. **Rahmenbedingungen:** neue Erkenntnisse (Daten)
 6. **Auslese:** durch horizontale (Übernahme durch Kollegen) und vertikale (Übernahme durch Studenten) Verbreitung
-
7. **Strukturzunahme:** um erfolgreich die neuen Daten zu erklären, nimmt die Theorie an Struktur zu

