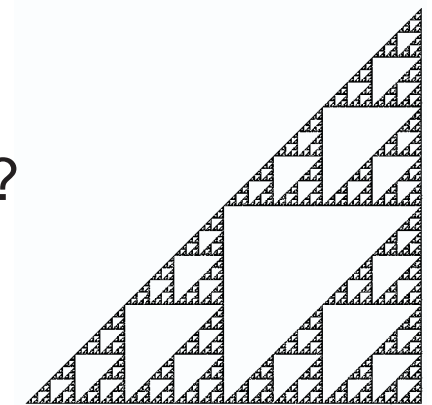
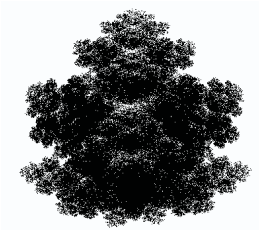


Komplexität - Das Schicksal moderner Naturbeschreibungen?

Vortrag anlässlich des 4. ifs-Kolloquiums, 5.7.1997, IHK BS, J. Wendelstorf

Inhalt:

1. Motivation: Abschied vom Reduktionismus?
2. Begriffe: Die Sprache der Komplexitätsforschung.
3. Ist Komplexität meßbar?
4. Chaos \Leftrightarrow Emergenz \Leftrightarrow Ordnung.
5. Komplexe adaptive Systeme (CAS).
6. Der Mensch als CAS - wie funktioniert Wissenschaft?
7. Biologie als Wissenschaft der Qualitäten:
Abschied vom Paradigma des Darwinismus?
8. Was will uns die Wissenschaft der Komplexität sagen?



1. Motivation: Abschied vom Reduktionismus?

Wissenschaftlich:

Reduktionismus: + immer genauere Grundgesetze

+ auf immer kleineren Skalen

- sehr viele Systeme sind praktisch nicht behandelbar

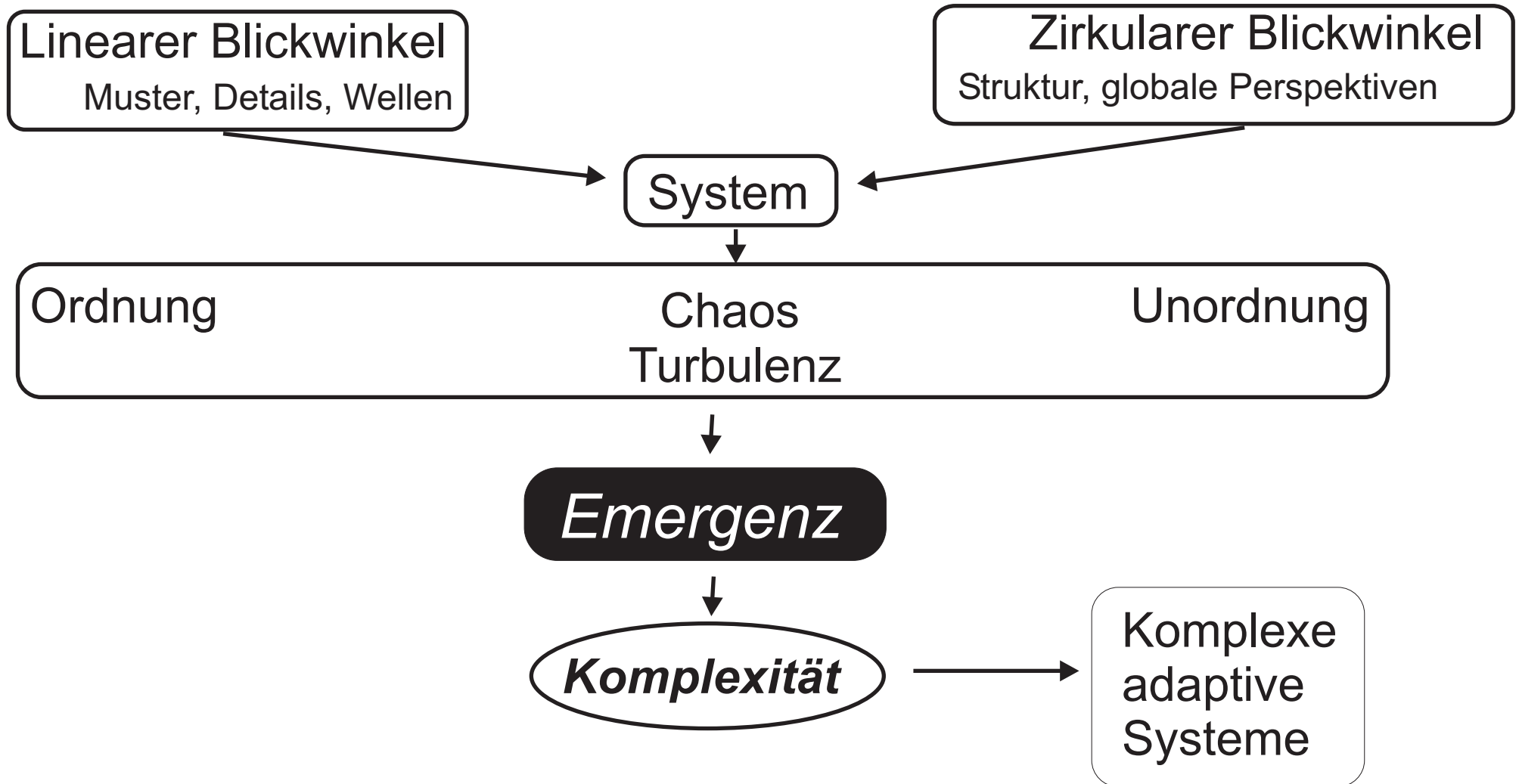
Determinismus \Rightarrow Quantentheorie \Rightarrow die Welt als eingefrorenes Zufallsereignis?

Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten von Gesamtheiten \Rightarrow Holismus

Allgemein:

- Neugier, Angst vor der “immer komplexer werdenden Welt” \Rightarrow
- Nach welchen Gesetzen verhalten sich reale Systeme?
- Läßt sich die Entwicklung von Organismen und Metaorganismen (Organisationen, Gesellschaften) “verstehen” ?
- Was ist eigentlich Bewußtsein?
- Wie geht es weiter? Ist die Wissenschaft am Ende?
- Müssen die grundlegenden Paradigmen geändert werden?

2. Begriffe: Die Sprache der Komplexitätsforschung.



*Meta-Balance: globale Ordnung durch permanenten Durchfluß,
fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht*

3. Ist Komplexität meßbar?

A) Rechnerische Komplexität

- logische Tiefe / Kryptizität
- Länge der Beschreibung
- Algorithmische Informationsgehalt (AIC)
[Kolmogorov Komplexität,
Komprimierbarkeit]

B) Ökologische Komplexität

- komplexe Systeme sind stabiler
- Abzählung auf einer bestimmten Ebene der Grobkörnigkeit
- Variantenreichtum, Konnektivität

Merke:

- Komplexität \Rightarrow Ignoranz
- Kontextabhängigkeit
(Sprache, Beobachter, System,
Detailkomplexität, Dynamische K.)
- Die Reduktion/Beseitigung von
Komplexität/Information ist
eine wesentliche Eigenschaft
unseres Gehirns
(Der Mensch als Gefangener seines
Wahrnehmungsapparates)



Figure 1: Complete Order, Chaos and Complete Disorder

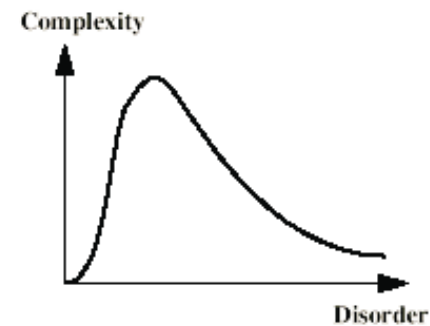


Figure 2: Presumed graph of disorder against complexity



Figure 3: Possible diagrammatic inclusions

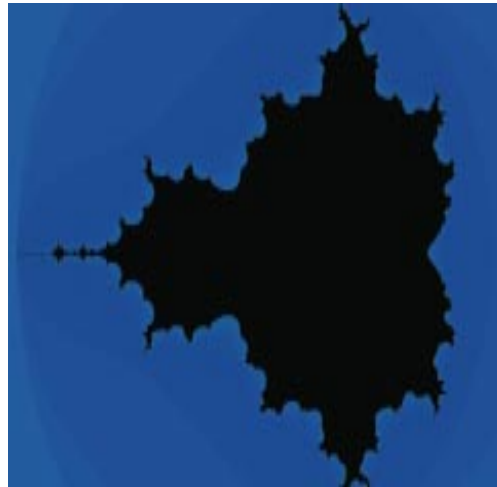
3. Logische Tiefe am Beispiel eines Fraktals (Detailkomplexität)

Mit wachsendem Rechenaufwand zeigt die Mandelbrotmenge immer feinere selbstähnliche Strukturen

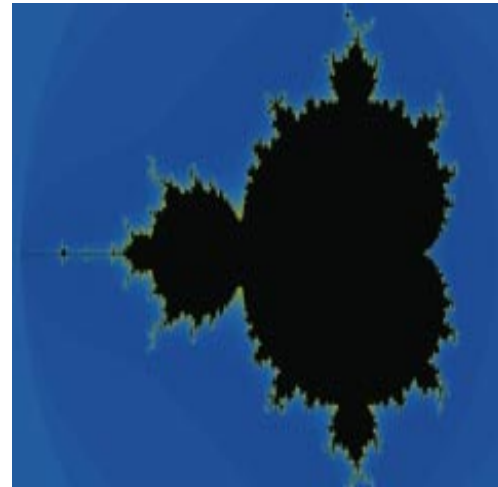
$$Z_0 = 0 + 0i; C = x + iy; \text{ repeat } \{Z_{n+1} = Z_n * Z_n + C\} \text{ until } (\text{abs}[Z] > 2) \text{ or } (n > n_{\text{max}})$$



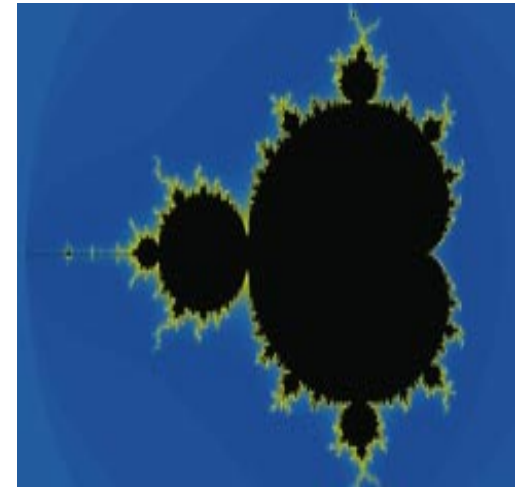
$n_{\text{max}} = 5$



10



20



40

Behauptung:

Die (fraktalen) Eigenschaften natürlicher Systeme zeigen einen Trend zu wachsender Informationsverarbeitung!?



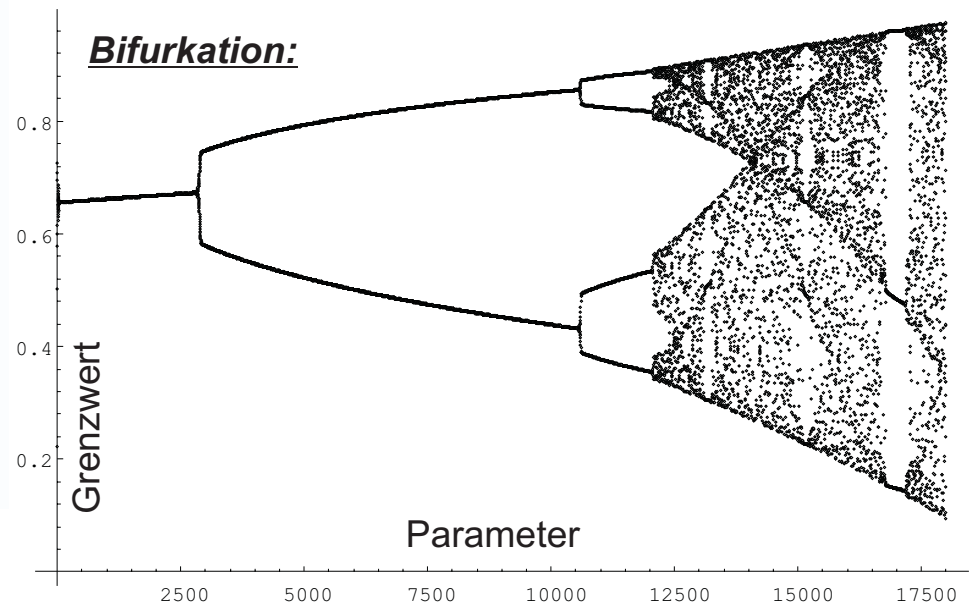
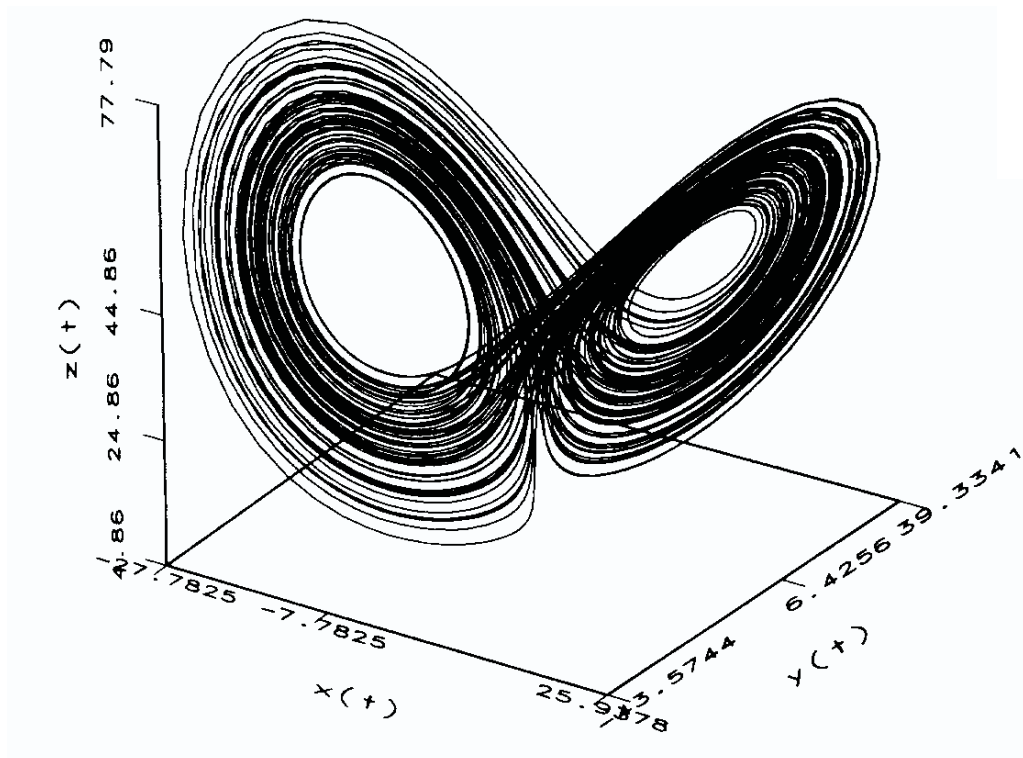
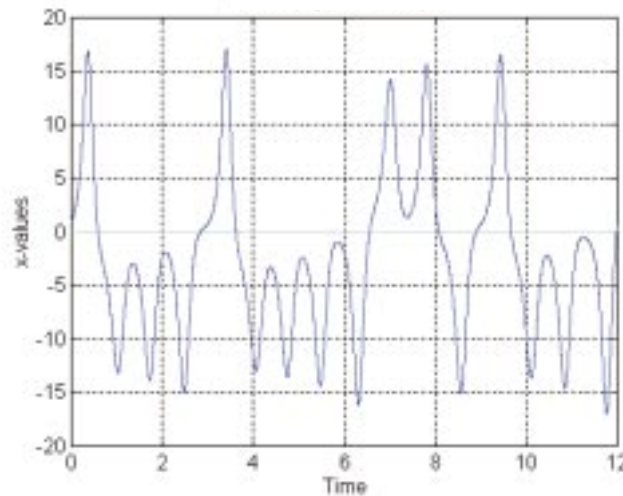
4. Deterministisches Chaos (dynamische Komplexität):

Der Lorenz Attraktor

$$dx/dt = s(y-x)$$

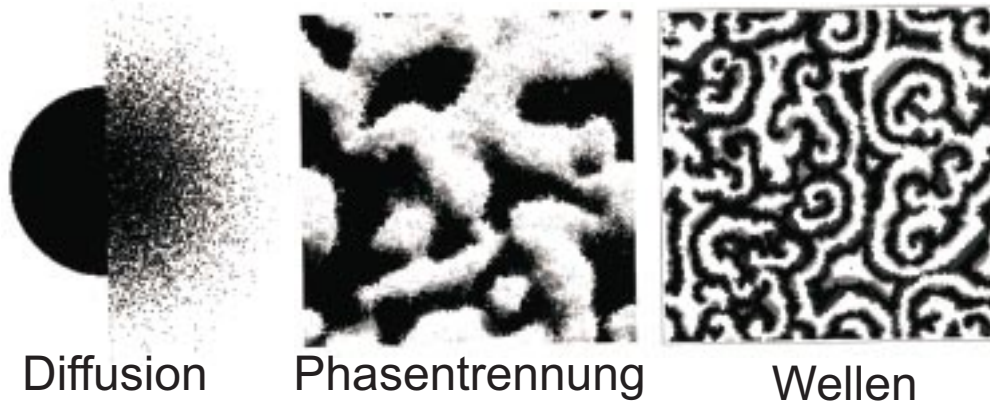
$$dy/dt = r x - x z - y$$

$$dz/dt = x y - b z$$



4. Emergenz - das Neue entsteht von selbst!

z.B. bei zellulären Automaten:



in der Biologie:

Morphogenese
(Gestaltbildung)
als Attraktor, die
Gene als Varianz!?

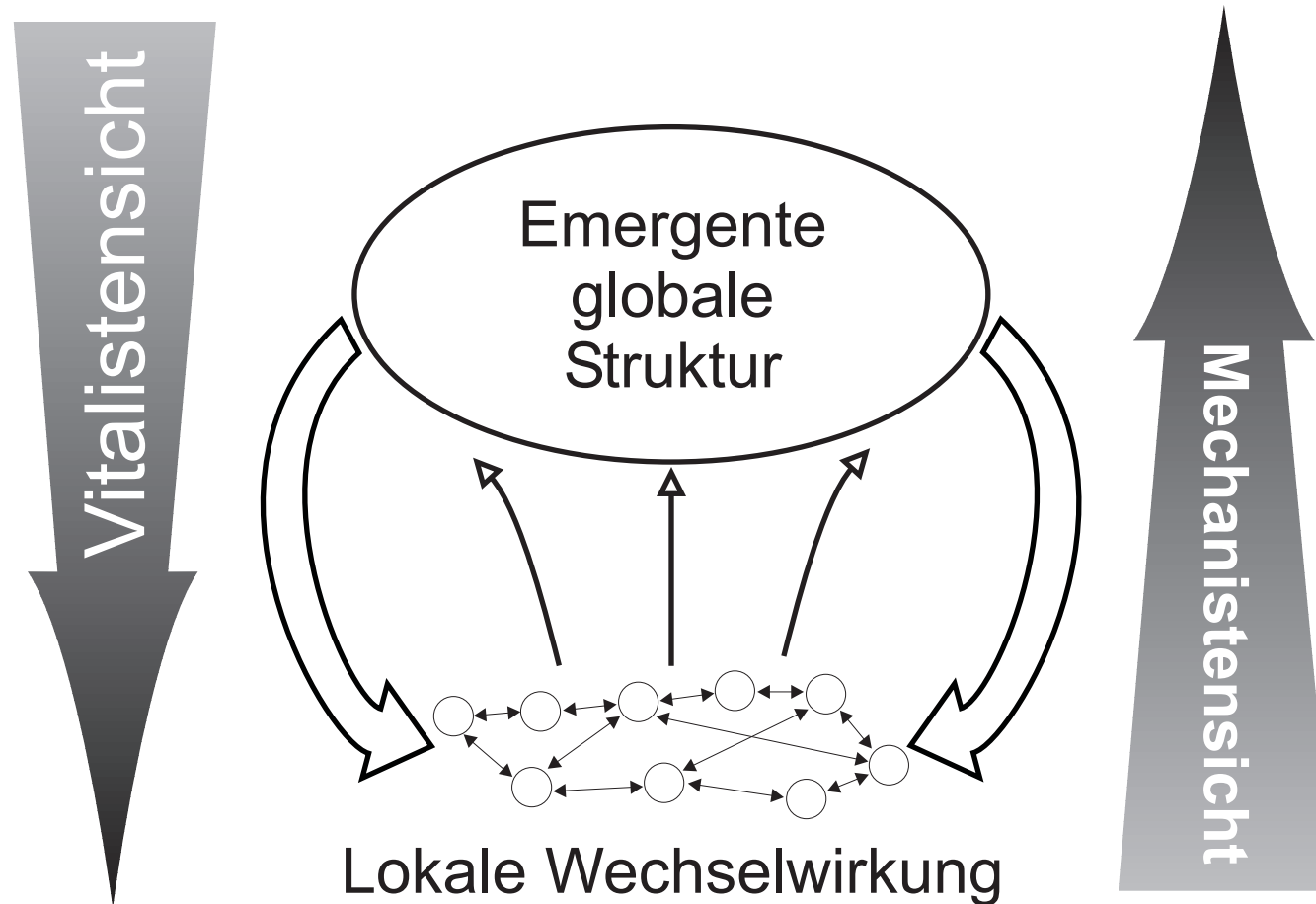
Musterbildung, Strukturbildung
Selbstorganisation, Selbstreferenzierung, Selbstreplikation
Herausbildung neuer Eigenschaften

Das Modelliererdilemma: emergent?

- j → Simulation des Systems
- n → Suche tiefere (versteckte) Struktur

Emergenz impliziert rechnerische Irreduzibilität als
formales Analogon zur mathematischen Unentscheidbarkeit (Gödel)?

4. Emergenz als Basis eines veränderten Blickwinkels:



Die emergenten Systemeigenschaften “ersetzen” die “Unfähigkeit” des Betrachters, ein System im klassischen Sinn (Reduktionismus) zu verstehen.

5. Komplexe adaptive Systeme (CAS):

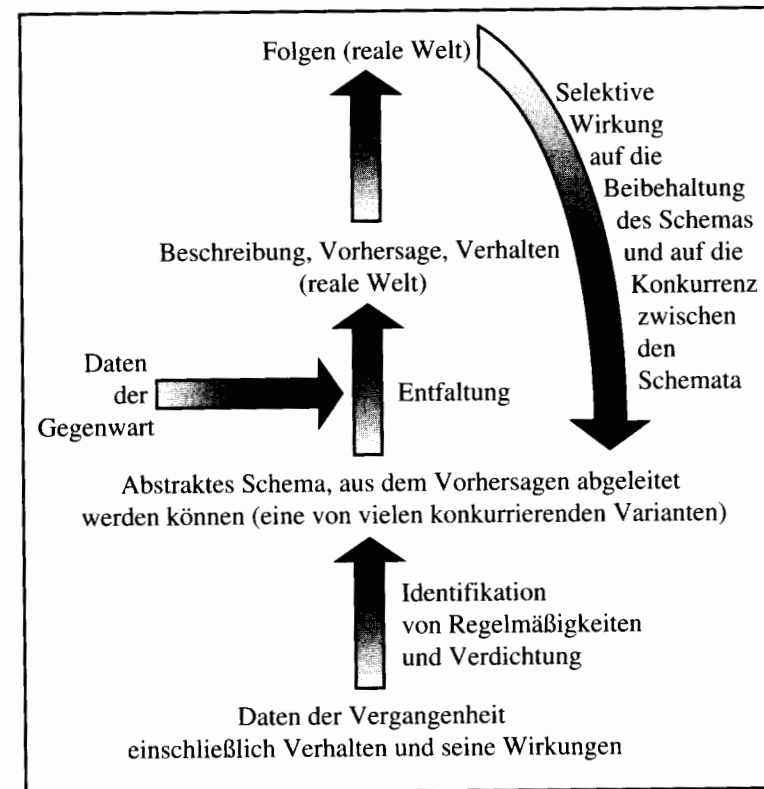
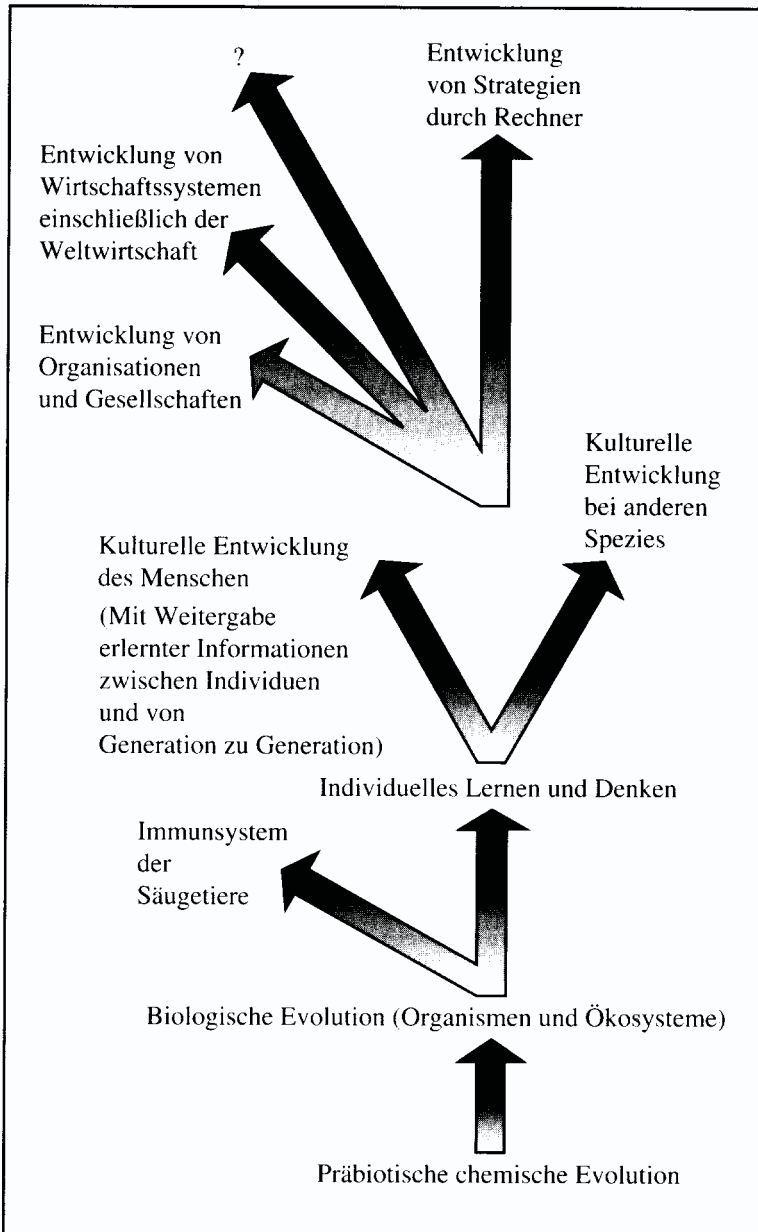


Abbildung 2: Die Funktionsweise eines komplexen adaptiven Systems

Einige komplexe adaptive Systeme der Erde - eine Hierarchie der Emergenz.

6. Der Mensch als CAS - wie funktioniert Wissenschaft?

Wissenschaft? → Entdeckung objektiver Gesetze, die unabhängig existieren.
→ Konstruktion von Menschenhand, ein Bild von vielen.
(CAS "erzeugen" notfalls Ordnung!)

funktioniert als kreativer Prozeß mit eigenen Selektionsdrücken, wie z.B.

- Selbstkorrektur (Vergleich zwischen Theorie und Experiment)
- Redundanz
- Kommunikationsfreiheit

die langfristig andere Selektionsdrücke, wie

- Geltungssucht und Profilneurosen
 - Gewinnstreben und gesellschaftliche Verbote
- ausmerzt.

*Neue Schemen beschränken
die Gültigkeit der alten!?*

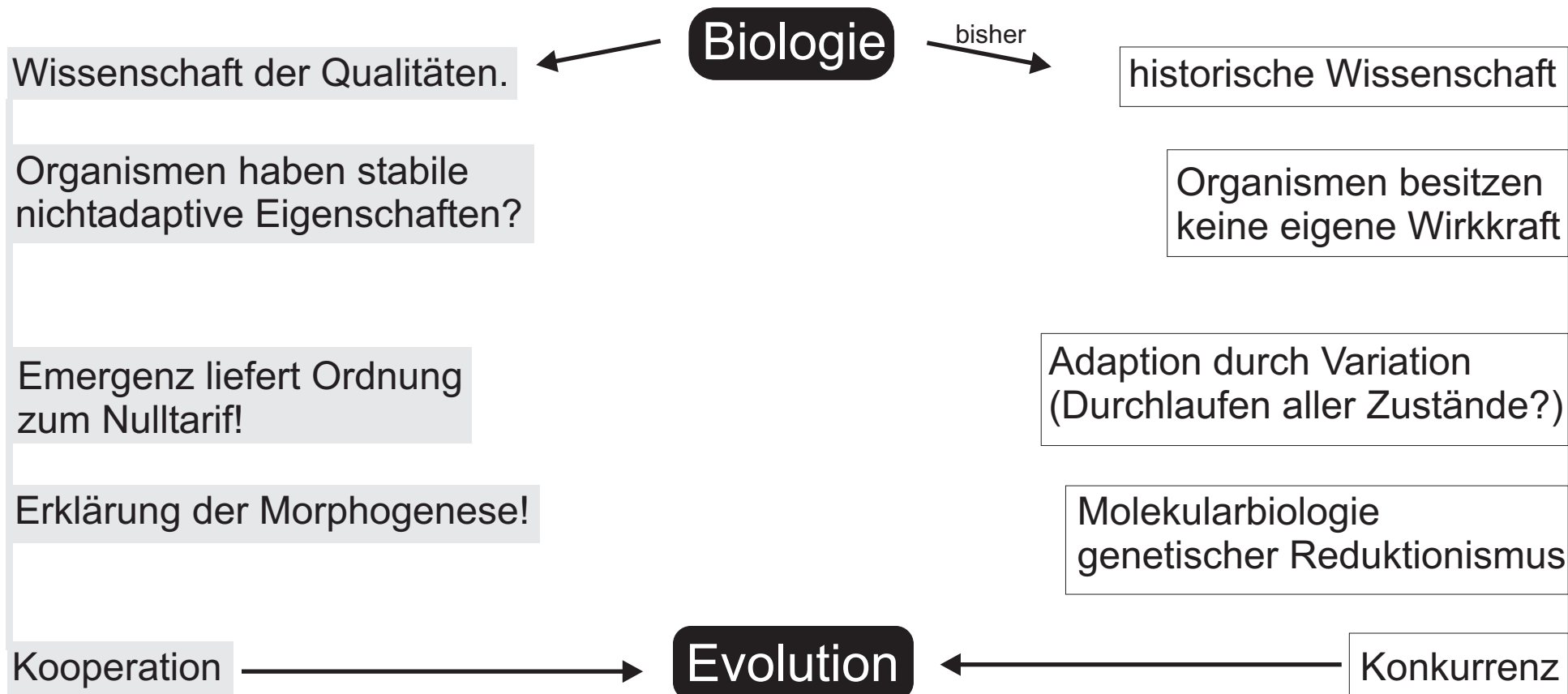
Experiment:

- reproduzierbar
- quantifizierbar

Theorie:

- kohärentes verifizierbares
System von Regeln und Prinzipien

7. Biologie als Wissenschaft der Qualitäten: Abschied vom Paradigma des Darwinismus?



Thesen:

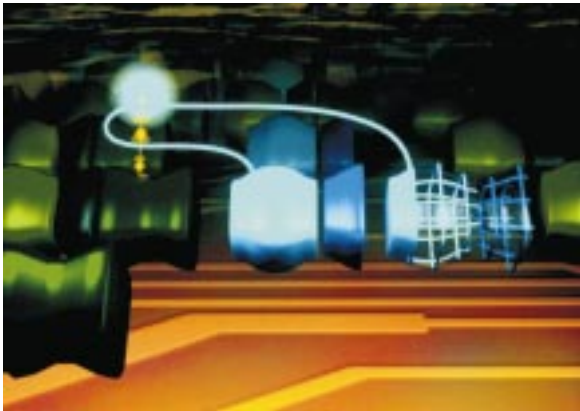
Leben findet am Rande des Chaos statt, ständig auf der Suche nach neuer emergenter Ordnung, und bedroht vom Untergang durch Stillstand im geordneten Regime.

Tendenz zu steigender Informationsverarbeitung / Komplexität!/?

7. Künstliches Leben im Computer [T S Ray]

Softwareumgebung mit begrenztem Befehlssatz ermöglicht Programme/Kreaturen,

- die um Rechenzeit und Speicher konkurrieren
- die Mutationen erleiden und “sterben”
- die sich selbst reproduzieren



Ergebnisse bisher:

- Parasitenbildung
- Parasitenabwehr
- Entstehen optimaler “Kreaturen” durch Mutation und Selektion

Das Programm ist frei verfügbar und erlaubt Kommunikation über des Internet (Organismus mit dem Internet als Lebensraum)

8. Was will uns die Wissenschaft der Komplexität sagen?

Akzeptieren wir die
Gesetze des Lebens!

Weniger Sicherheit und Ordnung
(Kontrollneurose) vermeidet Stillstand!

Es gibt immer neues zu erforschen,
man muß nur ab und zu von vorne anfangen (Paradigmenwechsel)!

Politik:

- kann den Zustand der Gesellschaft nicht verordnen
- sollte zu einfache (eindimensionale) Regeln vermeiden
- think global, act local, Subsidiaritätsprinzip, Machtverzicht

Management:

- sollte die Probleme nicht verursachen, sondern lösen
- sollte Strukturen erzeugen, die "von selbst" funktionieren

Lehre:

- bedeutet gemeinsames lernen voneinander
- sollte vermeiden, daß die "Schüler" die "Lehranstalt" verlassen, wie Landsknechte eine aufgelöste Armee

