

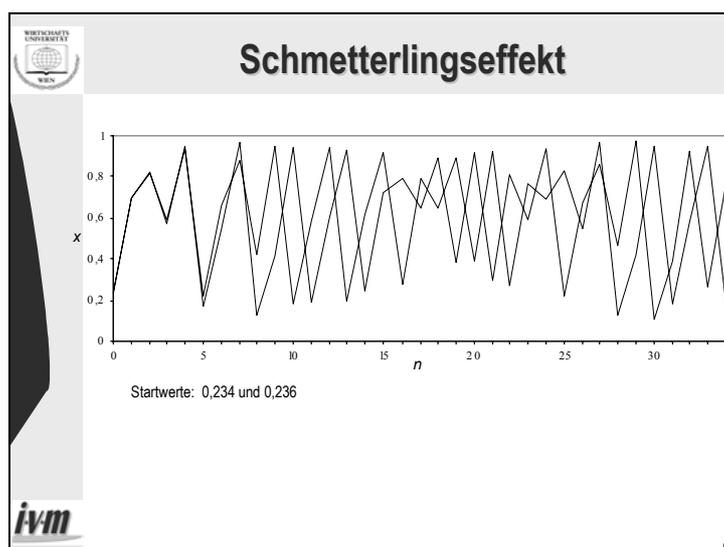
WIRTSCHAFTS
UNIVERSITÄT
WIEN

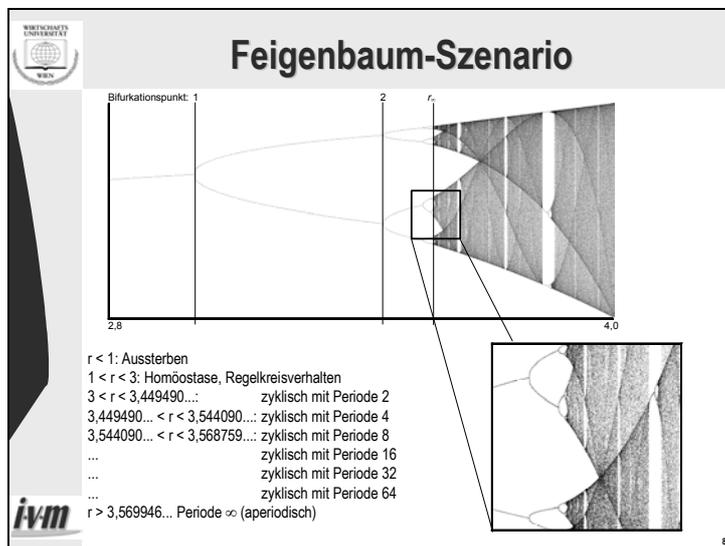
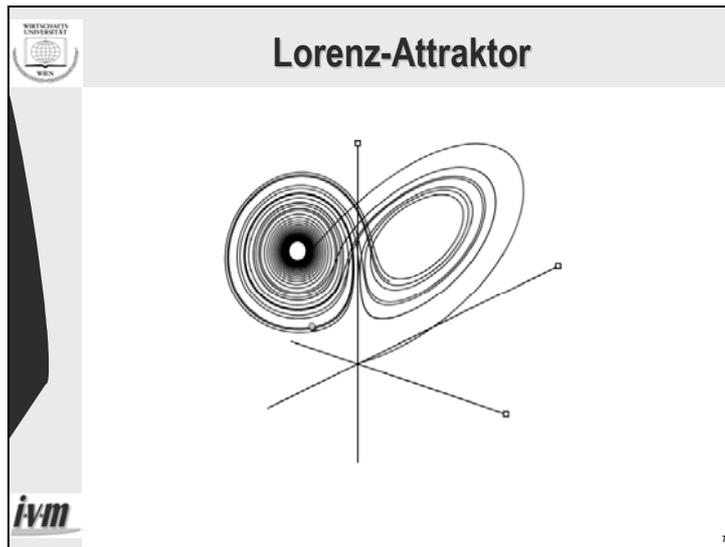
Verhulst-System

$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n).$$

ivm

5





Voraussetzungen für Chaos

- ◆ Feedback (**Nichtlinearität**)
- ◆ Gemischtes Feedback (positiv und negativ)
- ◆ Mindestens 3 interagierende Variablen (Verhulst ist eine seltene Ausnahmen)
- ◆ Mindestens eine Wechselwirkungsbeziehung ist nichtlinear (**Nichtlinearität**)
- ◆ Genügend hoher Energiedurchfluss (energetisch geschlossene Systeme zeigen immer nur Fixpunktverhalten) (**Dissipation**)
- ◆ Vorsicht: auch ein chaotisches System ist nicht immer und in jedem Fall chaotisch

ivm

10

Bedeutung von Chaos

- ◆ Selbstorganisation: Ausbildung komplexer Ordnung
- ◆ Chaos bedeutet die gigantische Verstärkung kleinster Unterschiede (inputsensibel)
- ◆ Chaos ist flexibel und damit „lernfähig“
- ◆ Beim Menschen bedeutet Chaotizität häufig körperliche und geistige „Gesundheit“
- ◆ Bei technischen Geräten stört häufig die fehlende Prognostizierbarkeit
- ◆ Chaotische Systeme sind nicht-triviale Maschinen
- ◆ Chaos verletzt die Kausalität

ivm

11

Vergangenheit – Gegenwart – Zukunft

Welt

Vergangenheit
Fakten-Dokumente

Gegenwart

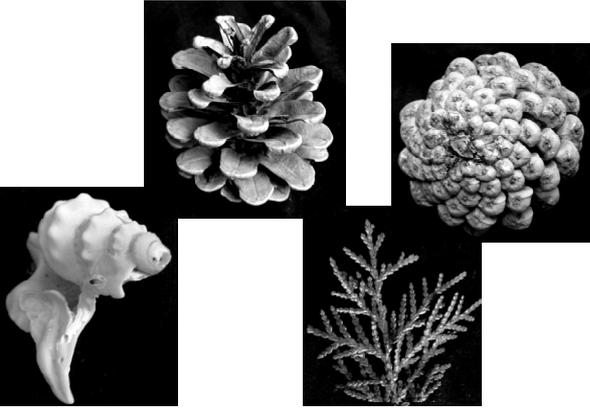
Zukunft
Möglichkeiten

ivm

12

WIRTSCHAFTS
UNIVERSITÄT
WIEN

Muster des Lebendigen



ivm

13

WIRTSCHAFTS
UNIVERSITÄT
WIEN

Fraktale

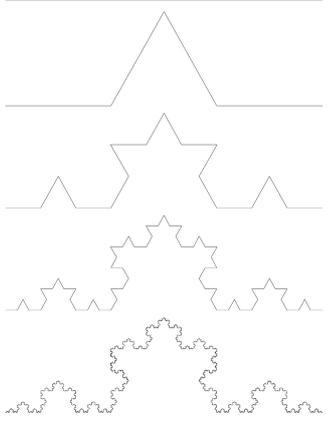


ivm

14

WIRTSCHAFTS
UNIVERSITÄT
WIEN

Koch-Kurve



ivm

15

WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN

Wie lang ist die Grenze GB

ivm

16

WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN

Fraktale

Dimensionalität von geometrischen Figuren:

— — — — — *Strecke*

Quadrat

Würfel

$$N = \varepsilon^D$$

ε : Verkleinerungsfaktor des Vergleichskörpers
 D : Dimensionalität
 N : Anzahl der Vergleichskörper

ivm

17

WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN

Dimensionalität der Koch-Kurve

$$N = \varepsilon^D$$

ε : 3
 D : Dimensionalität ??
 N : 4

$$4 = 3^D$$

$$\log 4 = D \log 3$$

$$D = \frac{\log 4}{\log 3} = 1,2618$$

ivm

18



Autopoiese I

- ◆ Maturana (1982, *Erkennen: Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit*); Maturana und Varela (1987, *Der Baum der Erkenntnis*)
- ◆ **Verhalten**
Verhalten wird am Modell einer biologischen Zelle als unabhängig von der Umwelt beschrieben. Lebende Systeme werden als autonome Einheiten aufgefasst, die folgende Verhaltensweisen zeigen:
 - ◆ Produzieren von Bestandteilen
 - ◆ Transformation von Bestandteilen
 - ◆ Destruktion von Bestandteilen



46



Autopoiese II

- ◆ Das Verhalten autopoietischer Systeme verfolgt das immanente Ziel beständiger Regeneration, Aufrechterhaltung und Hervorbringung ihrer Funktion.
- ◆ Biologisch gesehen ist das das einzige Ziel autopoietischer Systeme. Sie sind ansonsten Ziel- und Zwecklos.



47



Autopoiese III

System-Umwelt-Verhältnis

- ◆ offen für unspezifische Einflüsse, wie Materie, Energie, Umweltreize.
- ◆ Umwelt ist all das, was das Systemverhalten nicht determiniert (vorausgesetzt, Materie, Energie und Umweltreize sind ausreichend vorhanden).



48



Autopoiese IV

Besondere Eigenschaften

- ◆ Strukturdeterminiertheit
- ◆ Autonomie
- ◆ operationale Geschlossenheit
- ◆ Zwecklosigkeit (verfolgen kein anderes Ziel als ihre eigene Aufrechterhaltung)



49



Autopoiese und Kognition

Aus der biologischen Perspektive erscheint das Nervensystem in sich operational geschlossen. Alle im weitesten Sinne kognitiven Operationen finden in ihm – und nur in ihm – statt. Nervenimpulse können sich immer nur auf Nervenimpulse beziehen. Aufbauend auf diesen Kernannahmen lässt sich die Kognitionstheorie Maturanas (1982) in vier Thesen zusammenfassen:



50



Autopoiese und Kognition

- ◆ **Strukturdeterminiertheit.** Menschliches Erkennen ist ein biologisches Phänomen, das nicht durch die Objekte der Außenwelt, sondern durch die *Struktur des erkennenden Organismus determiniert wird*.
- ◆ **Operationale Schließung.** Menschen haben ein *operational und funktional geschlossenes* Nervensystem, das nicht zwischen internen und externen Auslösern differenziert; daher sind Wahrnehmung und Illusion, innerer und äußerer Reiz im Prinzip ununterscheidbar.



51



Autopoiese und Kognition

- ◆ **Subjektgebundene Erkenntnis.** Menschliche Erkenntnis resultiert aus „privaten“ Erfahrungen, ist als Leistung des Organismus grundsätzlich *subjektgebunden* und damit unübertragbar. „Private Erfahrungen“ können jedoch kommuniziert werden.



52



Autopoiese und Kognition

- ◆ **Strukturelle Ähnlichkeit als Voraussetzung für Kommunikation.** Der Gehalt kommunizierter Erkenntnisse richtet sich nach der *biologischen Struktur des Adressaten*. Das heißt, dass der kommunikative Austausch von Erfahrungen beim Adressaten die Fähigkeit voraussetzt, diese Erfahrungen zumindest prinzipiell, das heißt kognitiv und auch emotionell, „nachvollziehen“ zu können. Da in einer Kommunikation nämlich zumindest zwei autonome Systeme aufeinander treffen, ist eine gewisse so genannte „strukturelle Ähnlichkeit“ der beiden Systeme für das Gelingen der Kommunikation grundsätzlich unerlässlich.



53