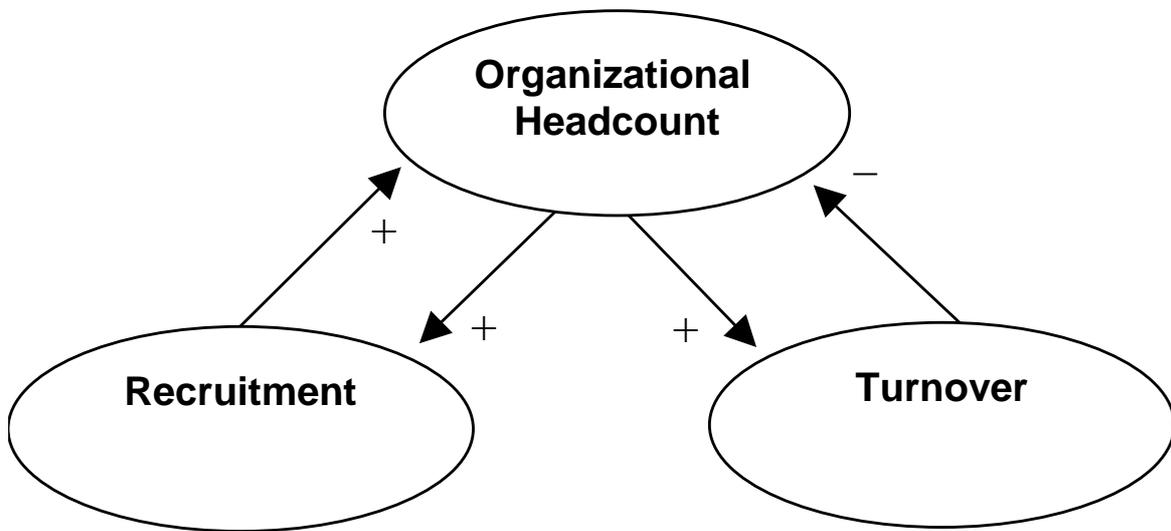


Personalmanagement „Stuff-Turnover“



Simulation im Excel

Microsoft Excel - Josef.xls

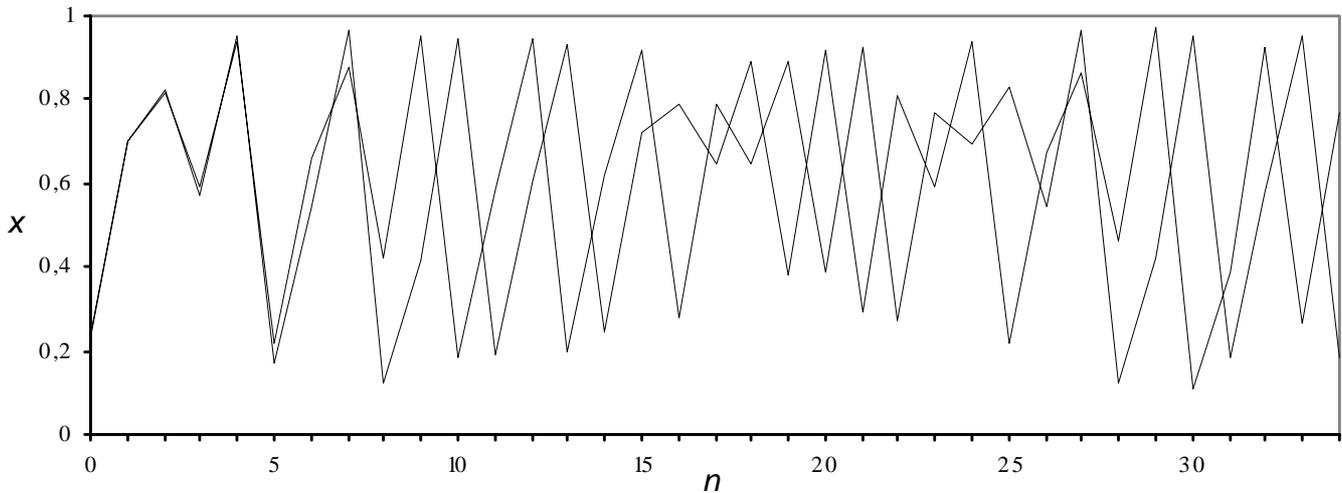
Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ? Acrobat

Arial 10

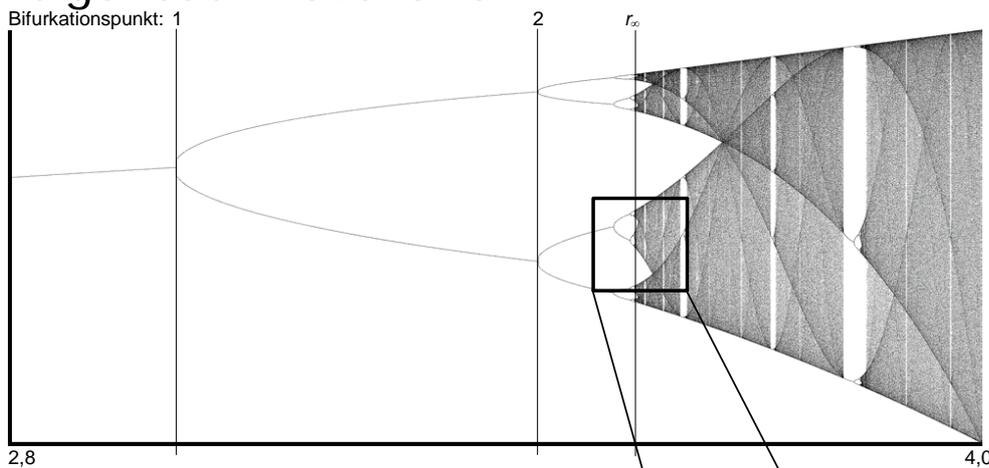
B3 = $= \$C\$1 * B2 * (1 - B2)$

	A	B	C	D	E	F	G
1	Iteration		r =				
2	0	0,6000000000	0,6000000000				
3	1	0,9576000000	0,9576000000				
4	2						
5	3						
6	4						
7	5						
8	6						
9	7						
10	8						
11	9						
12	10						
13	11						
14	12						
15	13						
16	14						
17	15						
18	16						
19	17						
20	18						
21	19						
22	20						
23	21						
24	22						
25	23						
26	24						

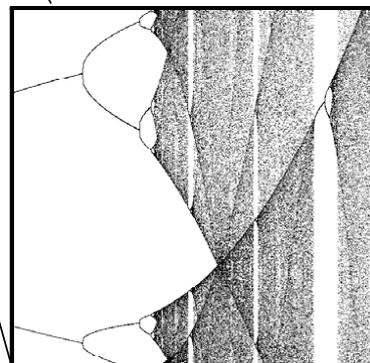
Schmetterlingseffekt



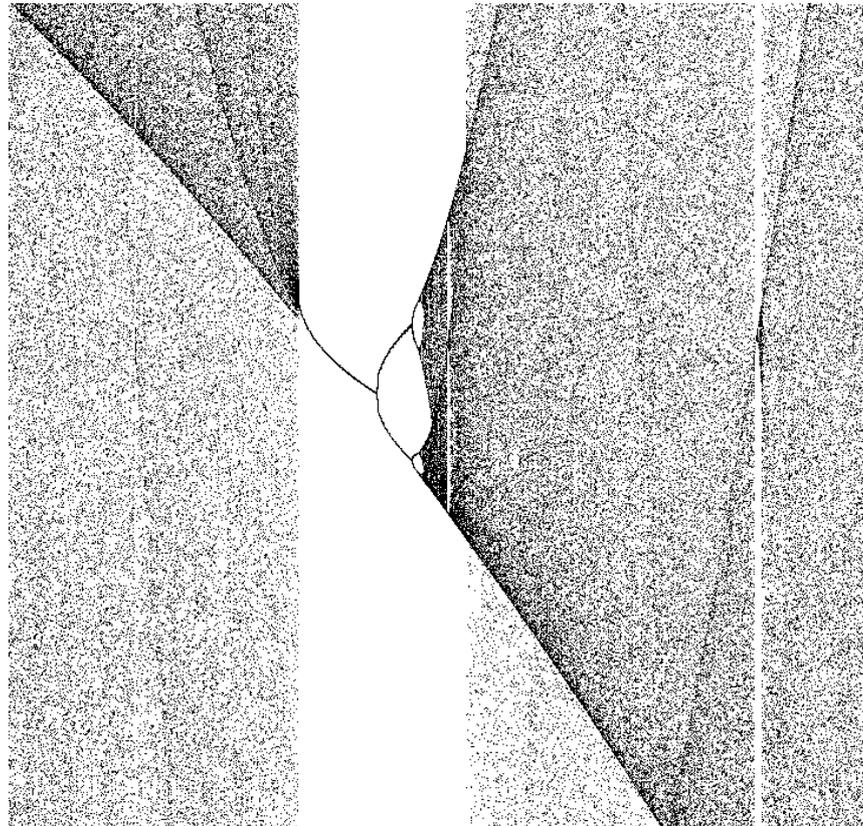
Feigenbaum-Szenario



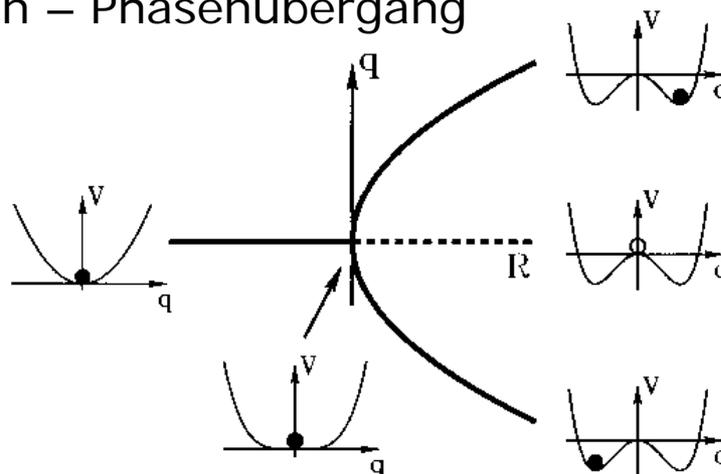
- $r < 1$: Aussterben
- $1 < r < 3$: Homöostase, Regelkreisverhalten
- $3 < r < 3,449490\dots$: zyklisch mit Periode 2
- $3,449490\dots < r < 3,544090\dots$: zyklisch mit Periode 4
- $3,544090\dots < r < 3,568759\dots$: zyklisch mit Periode 8
- ... zyklisch mit Periode 16
- ... zyklisch mit Periode 32
- ... zyklisch mit Periode 64
- $r > 3,569946\dots$ Periode ∞ (aperiodisch)



Im Fenster der Ordnung

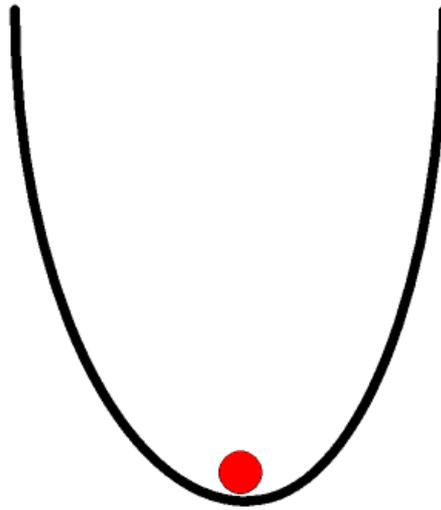


Bifurkation – Phasenübergang

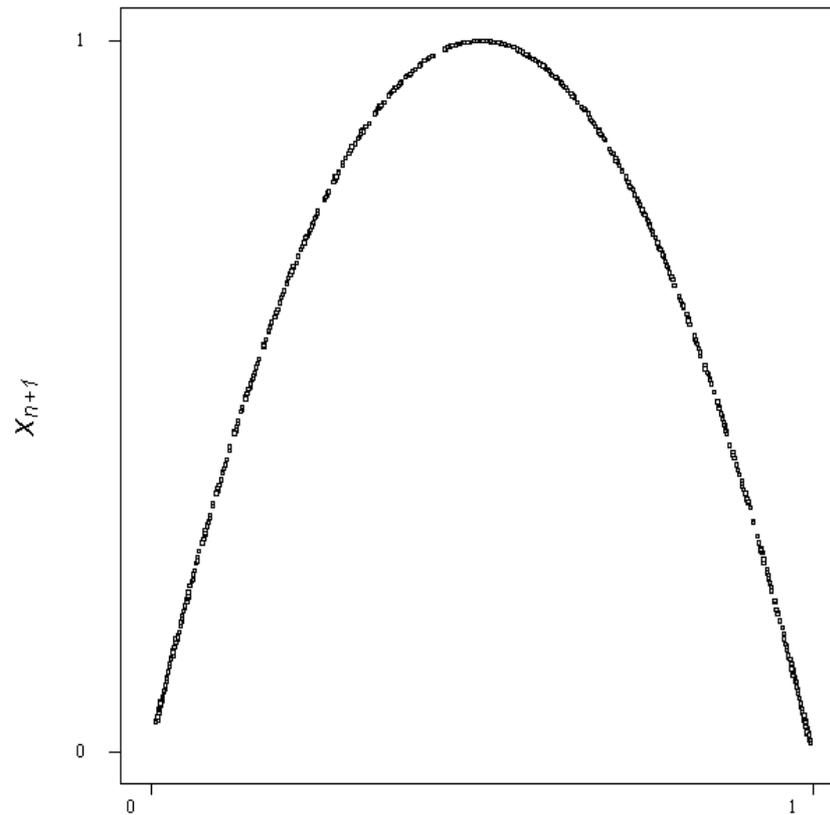


- Bifurkation (mathematisch) = Phasenübergang (physikalisch)
- Verzweigung im Systemverhalten, die zu einem qualitativ neuem, anderen Verhalten führt (Wasser wird zu Eis oder gasförmig)
- Diskontinuierlicher Bruch des Verhaltens, dramatische Verhaltensänderung,
- Ein Phasenübergang ist ein umfassender Change-Prozess

Potentiallandschaft



Attraktor des Verhulst-Systems

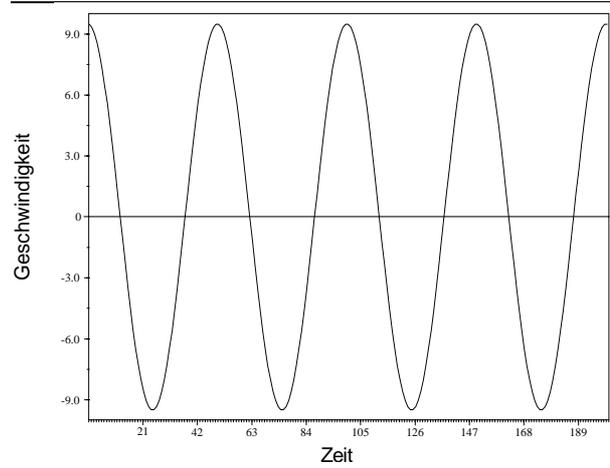
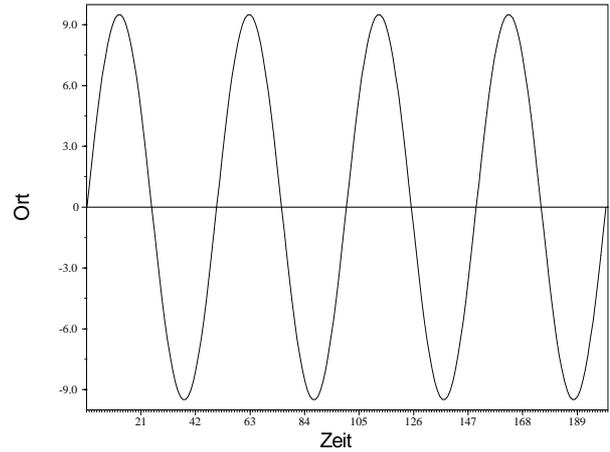
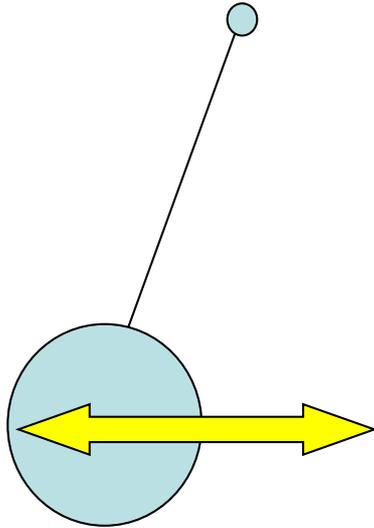


Das 3-Körper-Problem

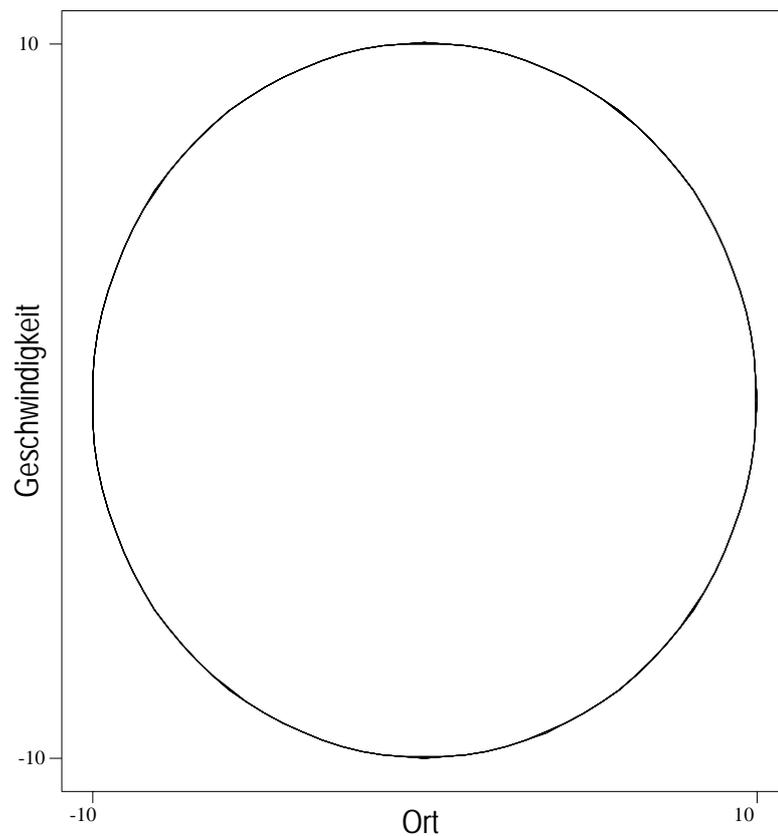


Julien Henri Poincaré

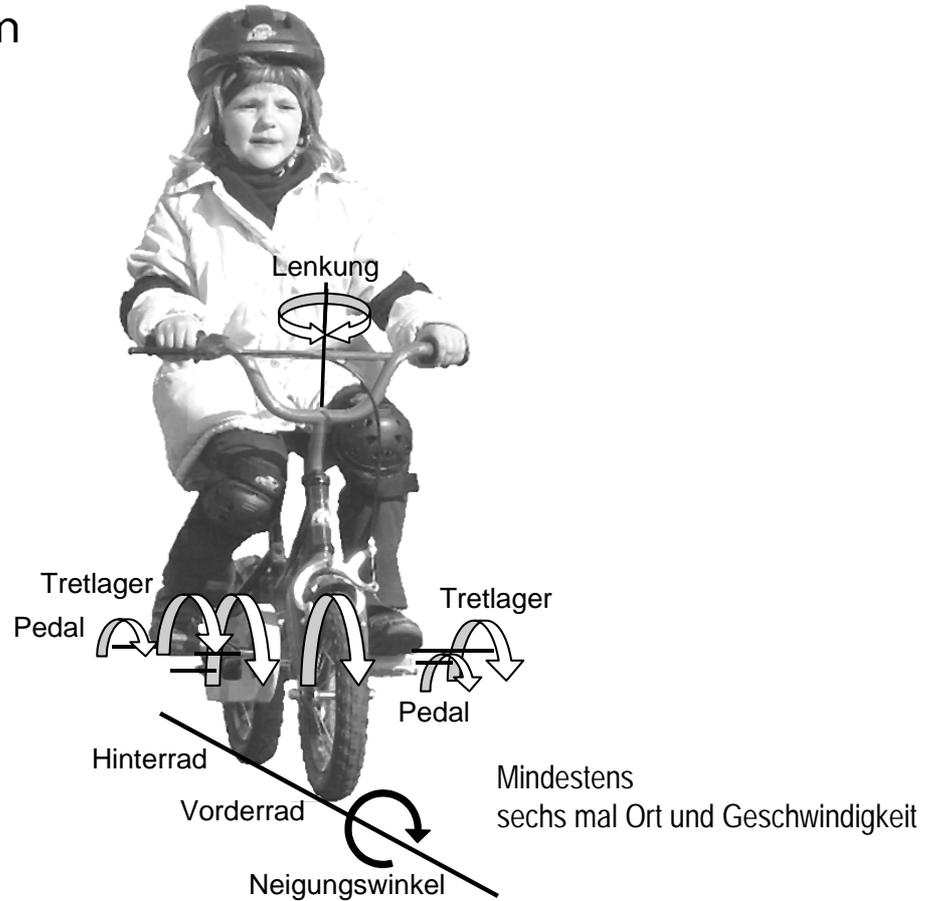
Freiheitsgrade beim Pendel



Phasenraum beim Pendel



Freiheitsgrade beim Fahrrad

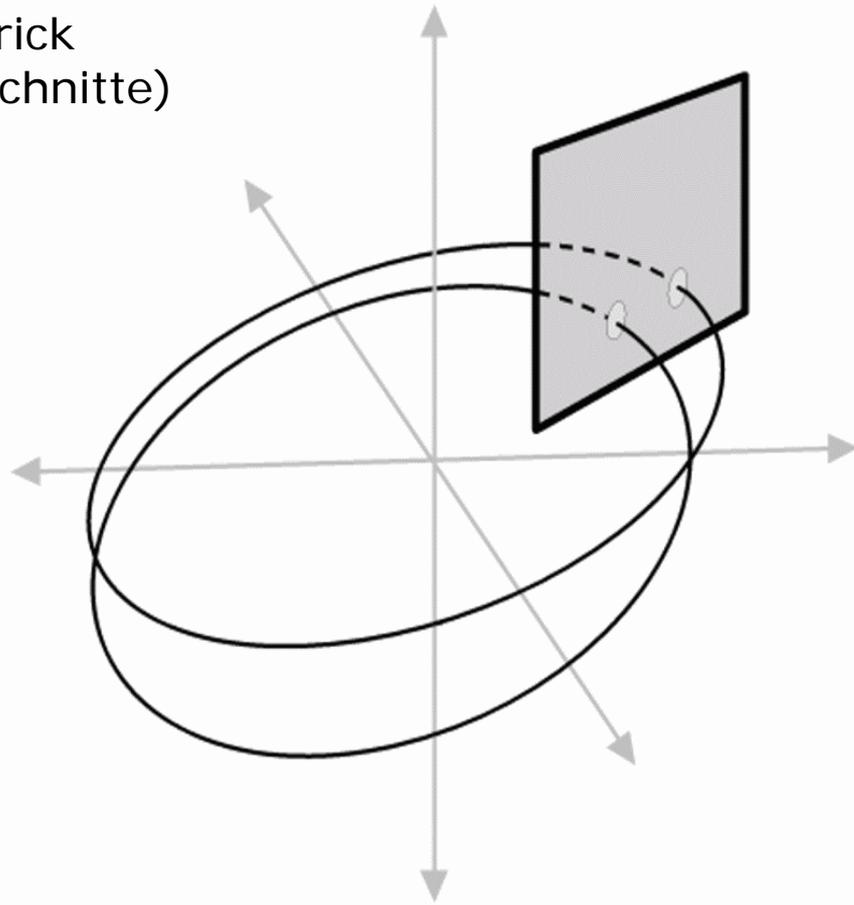


Das 3-Körper-Problem

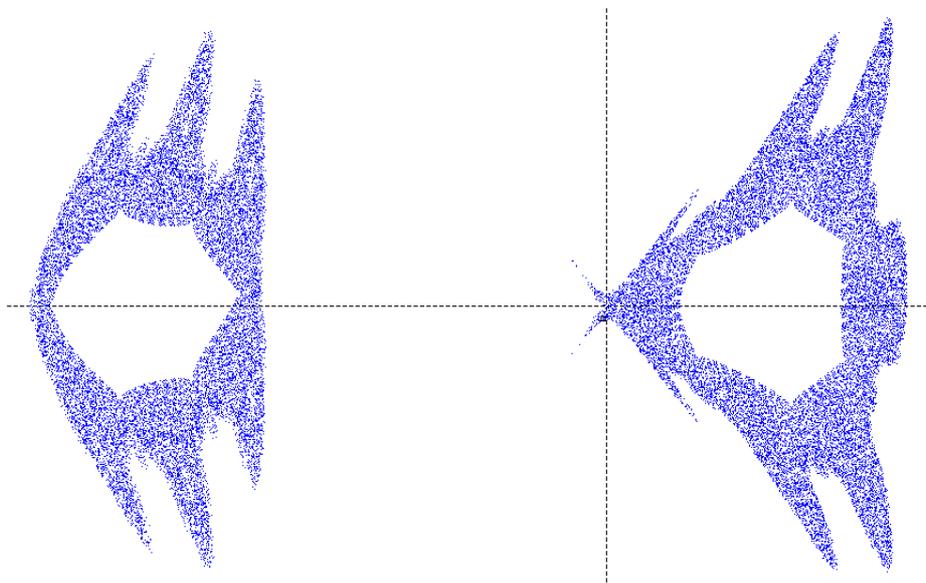


Julien Henri Poincaré

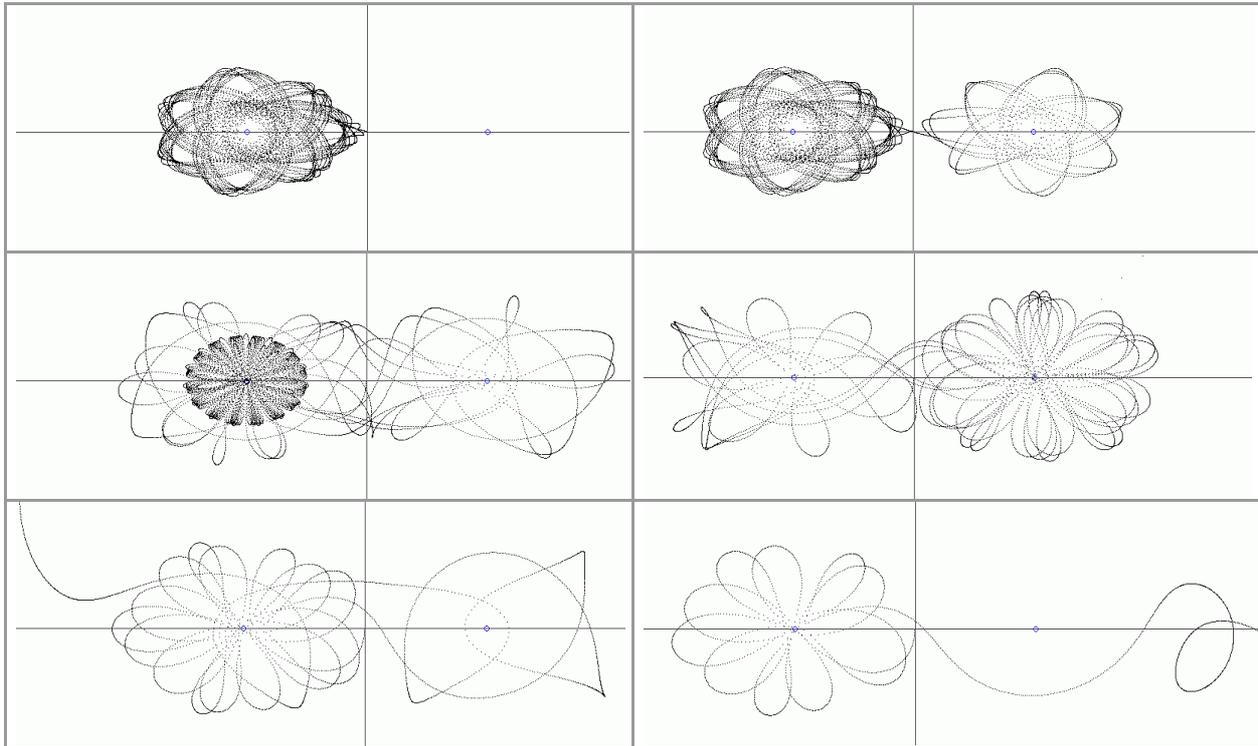
Poincarés Trick (Poincaré-Schnitte)



3-Körper-Problem



3-Körper-Problem



Edward Lorenz und das Wetter



Das Wetter (Lorenz, 1963)

Die Wettergleichungen:

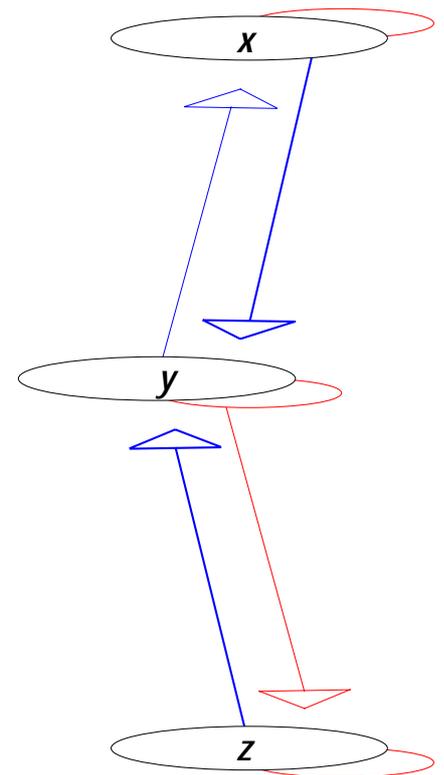
$$\dot{x} = -sx + sy$$

$$\dot{y} = -xz + rx - y$$

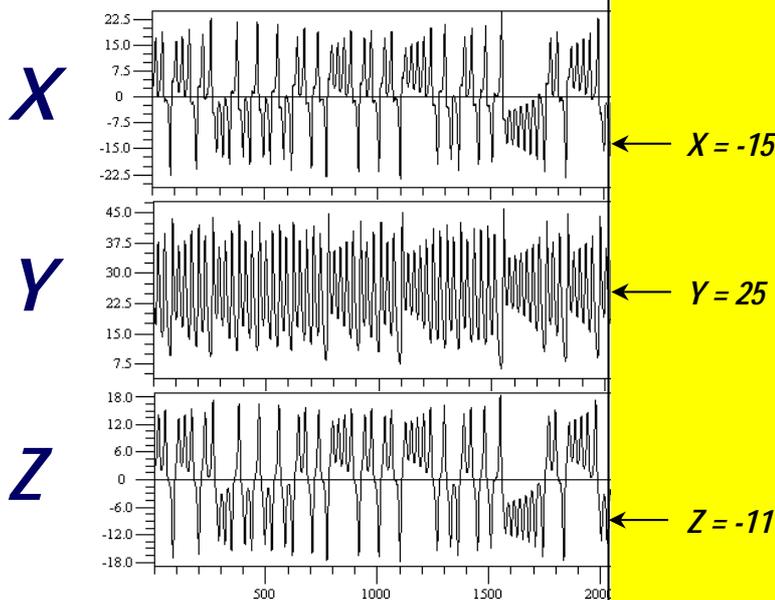
$$\dot{z} = xy - bz$$

Energie (Parameter):

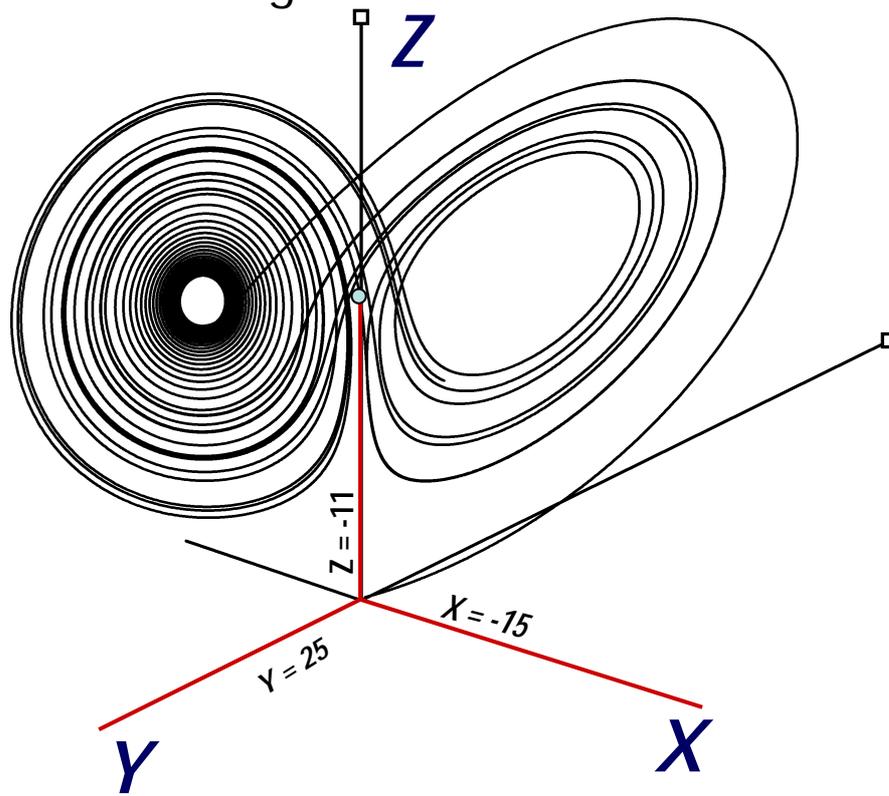
$$r=28, s=10, b=8/3$$



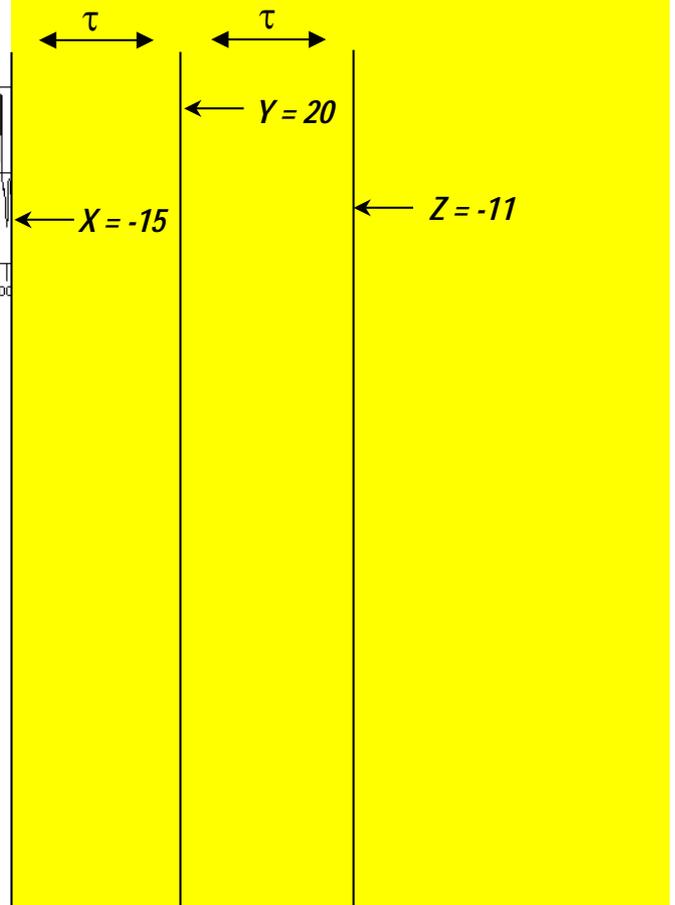
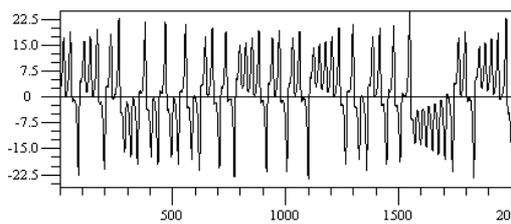
Zeitreihen



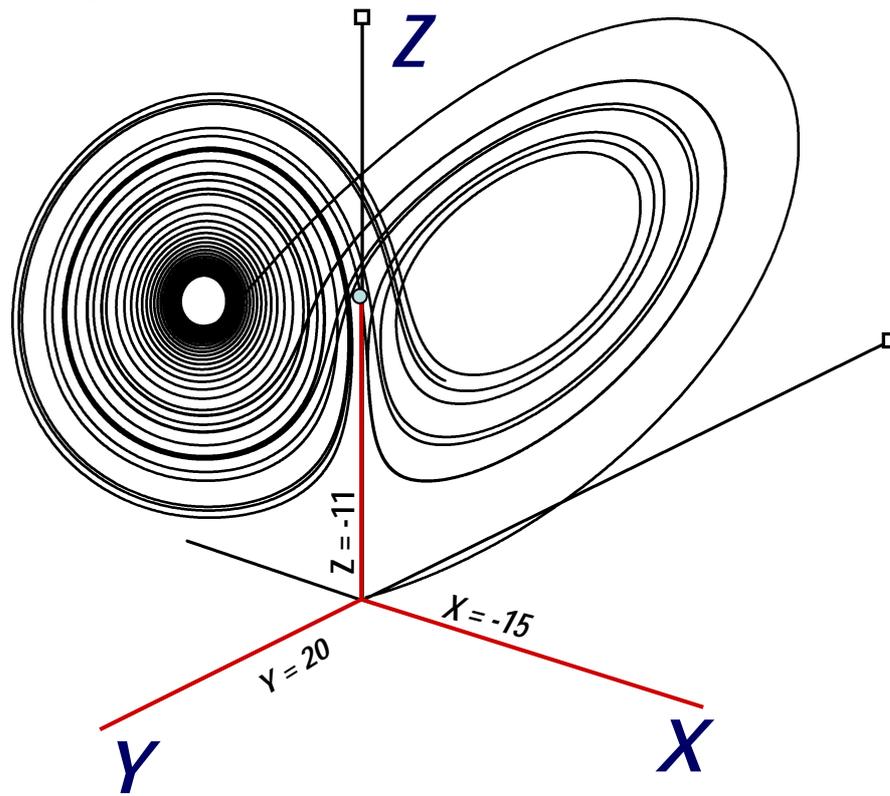
Phasenraumdarstellung



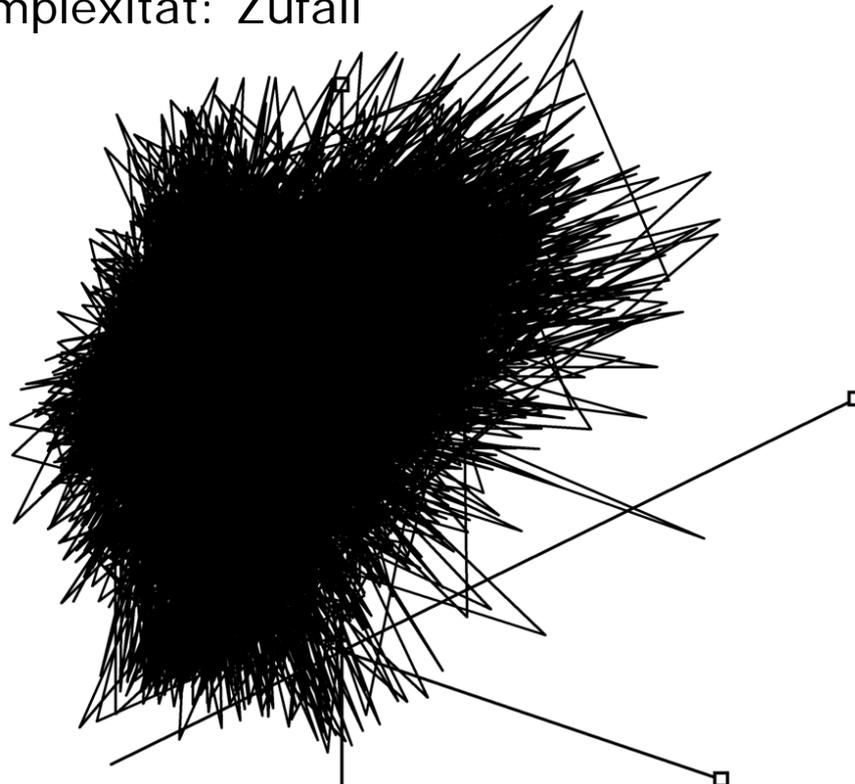
Eine Zeitreihe



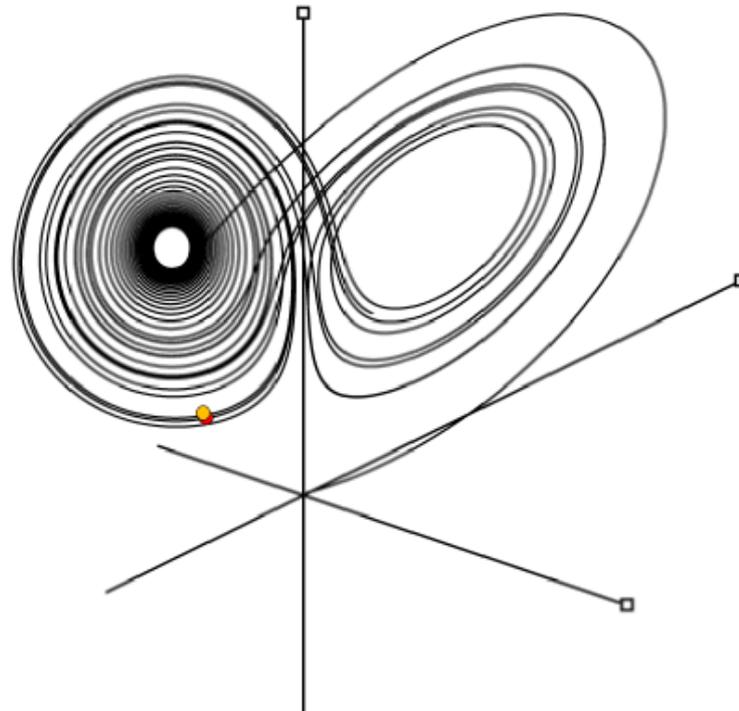
Phasenraum-Rekonstruktion



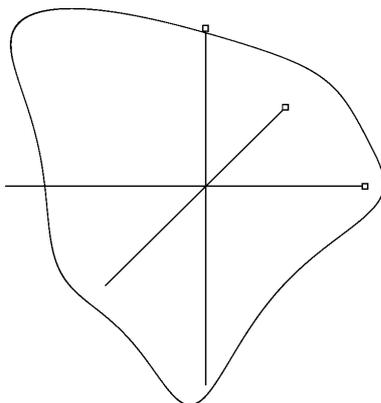
Maximale Komplexität: Zufall



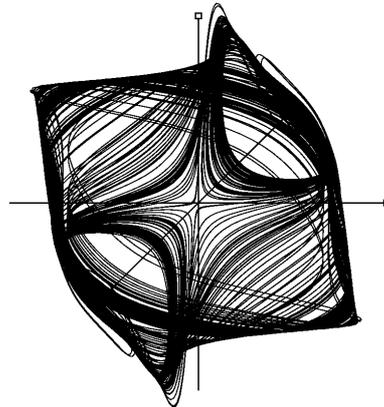
Schmetterlingseffekt



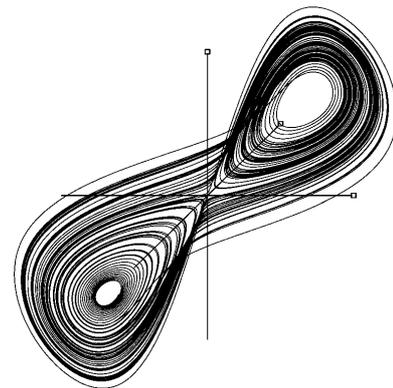
Phasenübergänge beim Lorenz-System



$r = 250; s = 10; b = 8/3$



$r = 166,1; s = 10; b = 8/3$



$r = 27; s = 10; b = 8/3$

$$\dot{x} = -sx + sy$$

$$\dot{y} = -xz + rx - y$$

$$\dot{z} = xy - bz$$

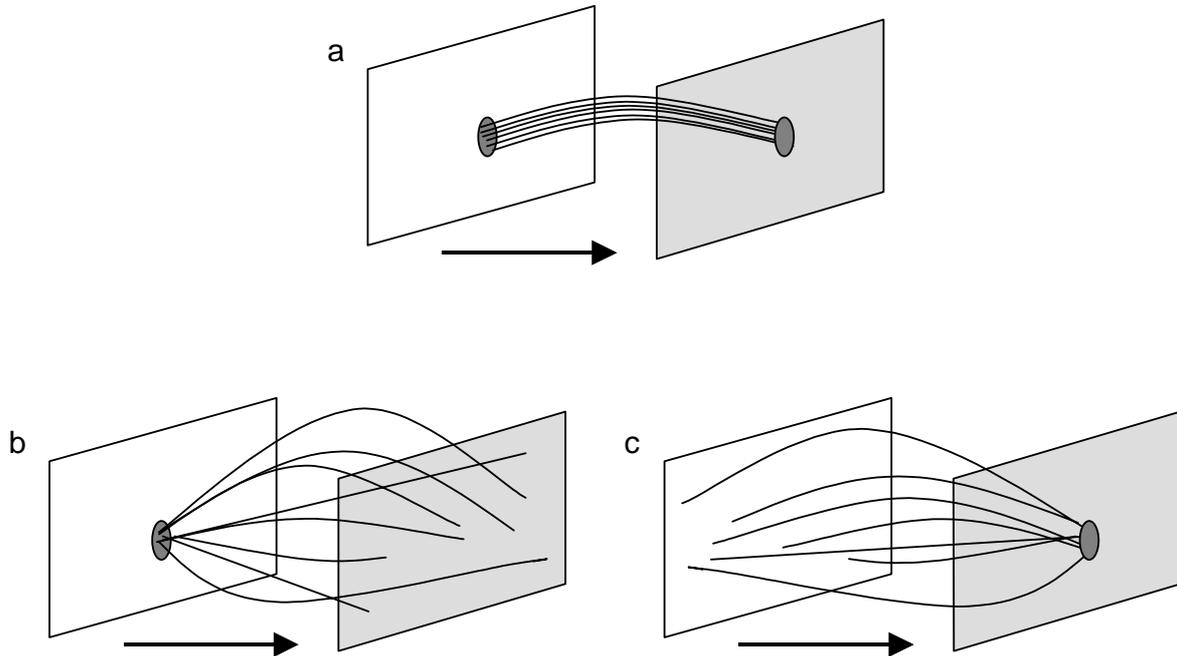
Voraussetzungen für Chaos

- 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 chaosfähiges System ist nicht immer und in jedem Fall chaotisch

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

Chaos und Kausalität



Vergangenheit – Gegenwart – Zukunft

