

Psychopathologische Prozesse und psychologische Intervention (C)

Dynamische Invarianten, Attraktoren

**Prof. Dr. Wolfgang Tschacher
Universität Bern**

2 dynamische Invarianten in der Psychopathologie

was ist das? Ist "dynamische Invariante" nicht ein Widerspruch in sich?

Nein: nicht der Gegenstand (z.B. die Psychopathologie) selbst ist invariant, sondern die Art ihrer Dynamik!

→ **Attraktor**

Attraktoren als Potential

Potential:
Summe
(Integral) der
einwirkenden
Kräfte

die Kugel rollt
zum tiefsten
Punkt der
"Schüssel"

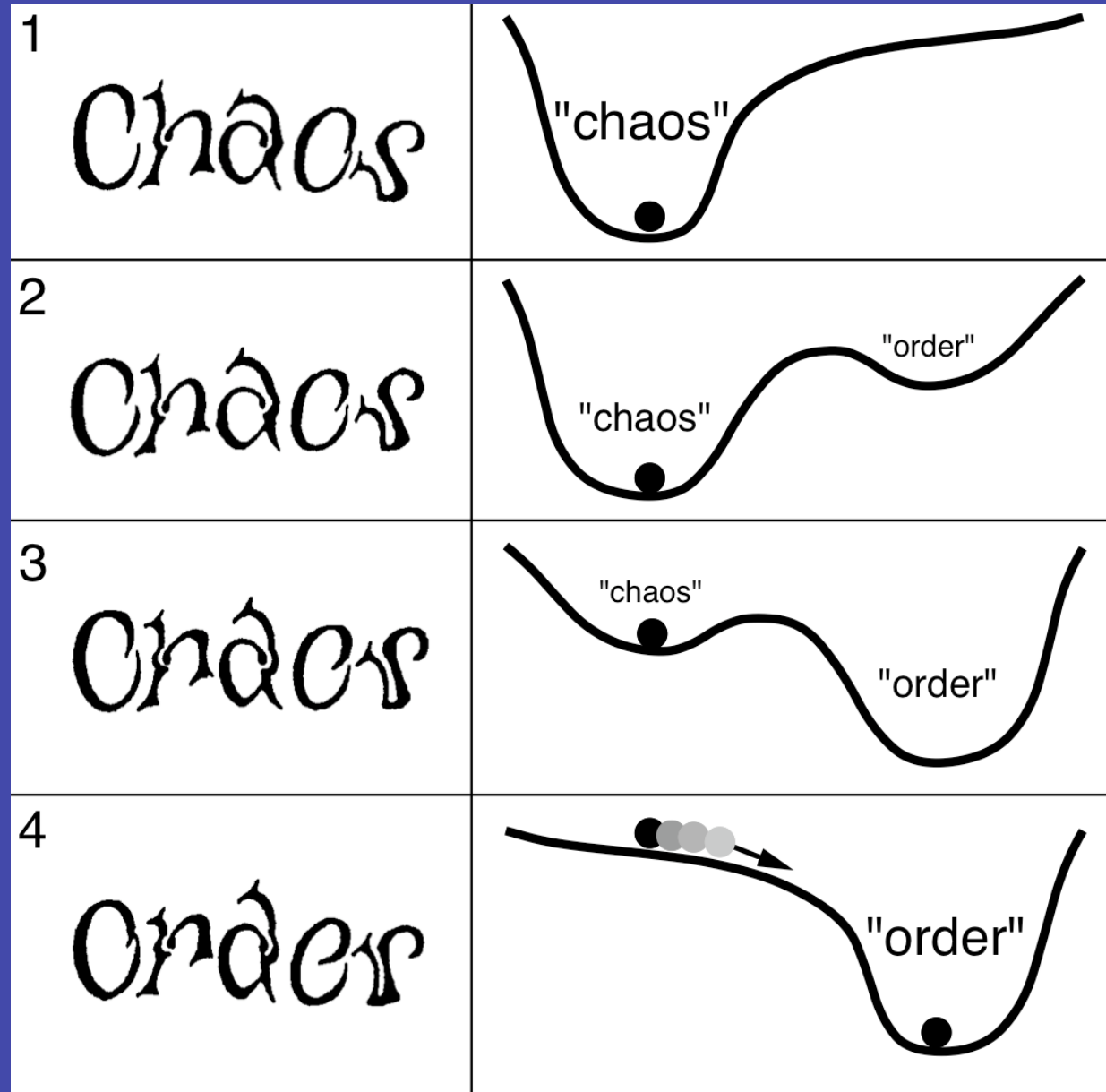


Tschacher W & Munt M (2013). Das
Selbst als Attraktor: das psychologische
Selbst aus systemtheoretischer und
achtsamkeitsbasierter Sicht.
Psychotherapie, 18

Attraktoren als Potential

Potential:
Summe
(Integral) der
einwirkenden
Kräfte

Gleichgewichts-
zustand im P.-
Minimum



Df Attraktor

viele dynamische Systeme sind charakterisiert durch ein Art innere "Reibung" (**Dissipation**)

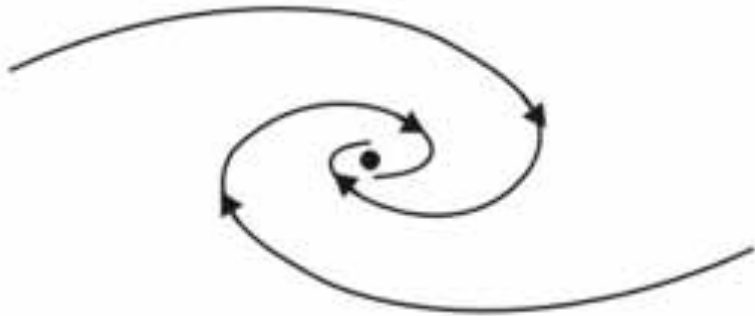
Dadurch werden die Volumenelemente des Phasenraums kontrahiert.

Durch die **Kontraktion des Phasenraums** streben Prozesse mit der Zeit hin zu einer Untermenge des Phasenraums = Attraktor.

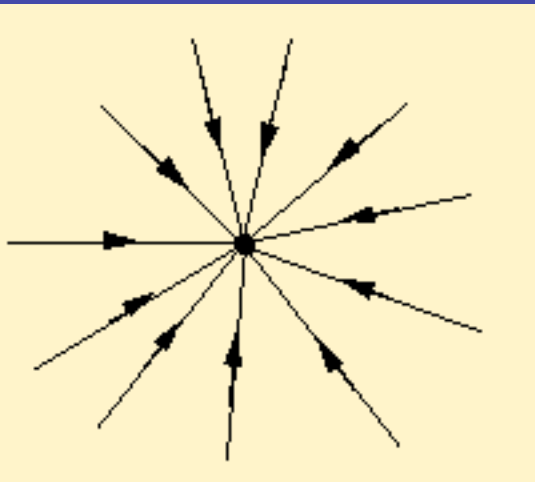
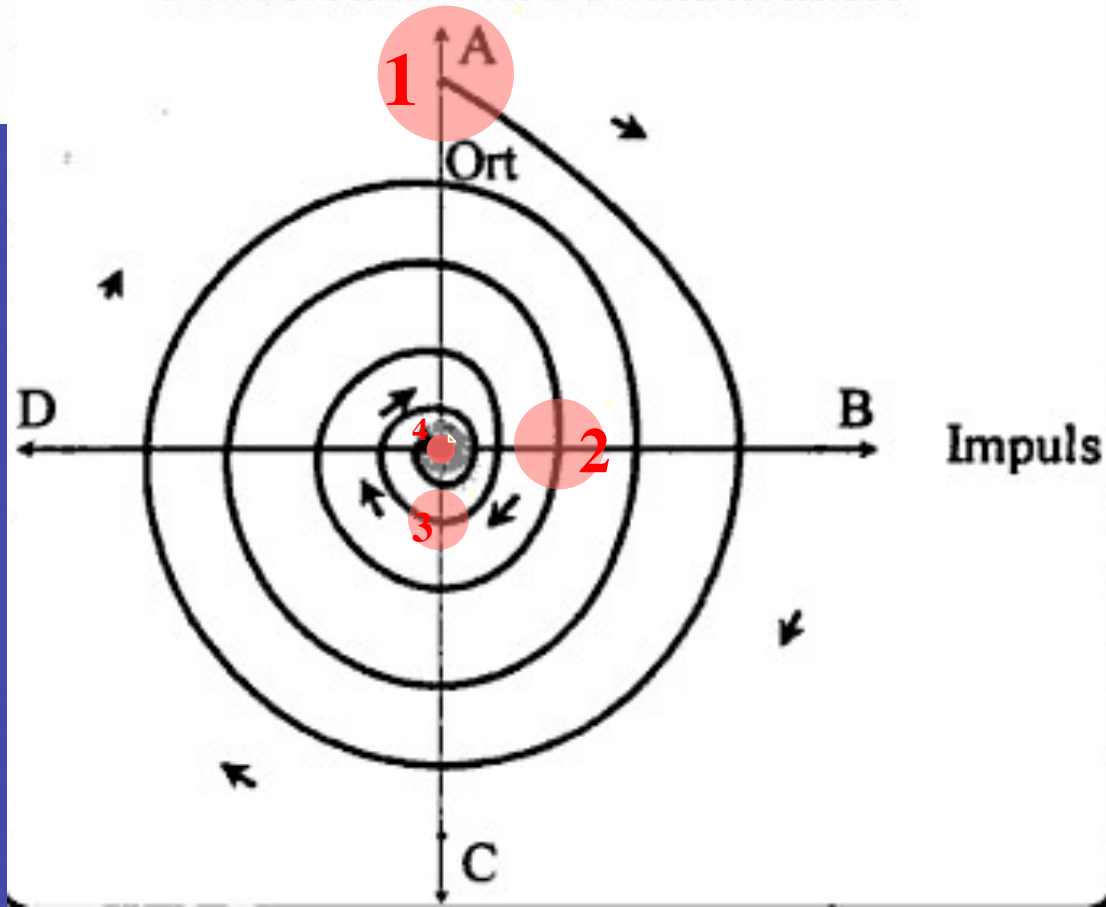
Attraktoren beschreiben damit das langfristige Verhalten eines dynamischen Systems.

Punktattraktor (Fixpunkt)

Mehrere Verläufe bei gleicher Dynamik: Kontraktion des Phasenraums!



**Ein zwei-dimensionaler Phasenraum:
Pendelbahn mit Punktattraktor**



zyklische Attraktoren in der Psychologie, circadiane Rhythmen

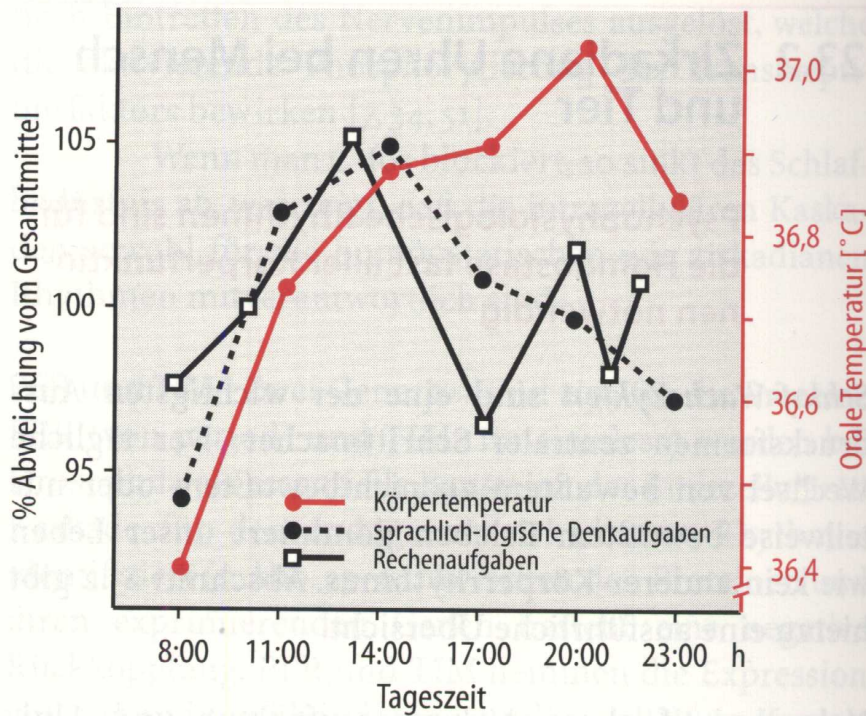


Abb. 23-8. Einfluß der Tageszeit auf die Leistungen in verschiedenen Aufgaben. Im Vergleich dazu ist die Körpertemperatur dargestellt (rote Linie). (Nach [30])

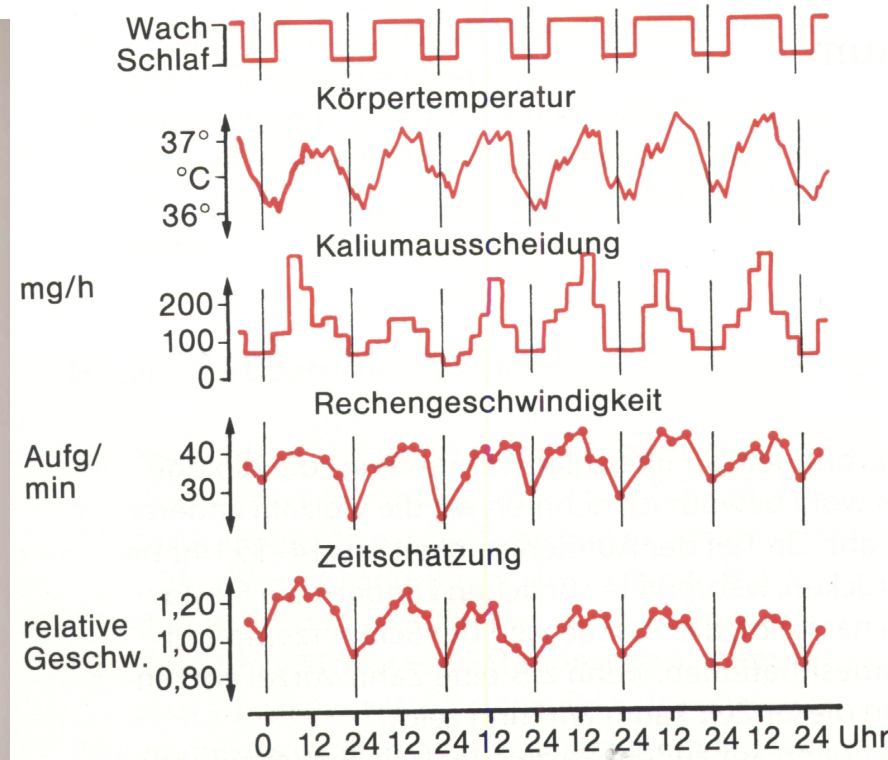


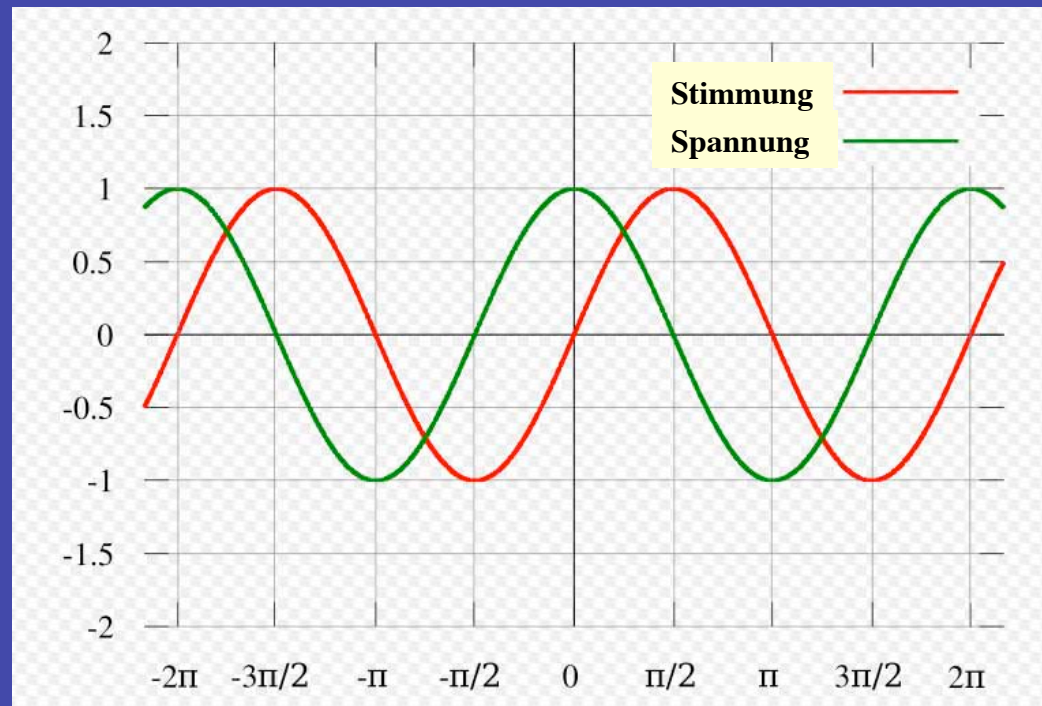
Abb. 23-1. Zeitlicher Verlauf verschiedener Meßgrößen bei einer Versuchsperson, die unter strenger 24-Stunden-Routine lebt. Dargestellt sind von oben nach unten: Aktivitäts-Zustand; Rektaltemperatur, kontinuierlich gemessen; Kalium-Ausscheidung im Urin; maximale Rechengeschwindigkeit, gemessen mit einem Pauli-Testgerät; Geschwindigkeit der Zeitschätzung, gemessen an der Herstellung eines 10-s-Intervalls. Nachts wurde die Versuchsperson zu den Messungen geweckt. (Nach [54])

zyklische Attraktoren in der Psychopathologie

bipolare Störung (z.B. rapid cycling)

Epilepsie

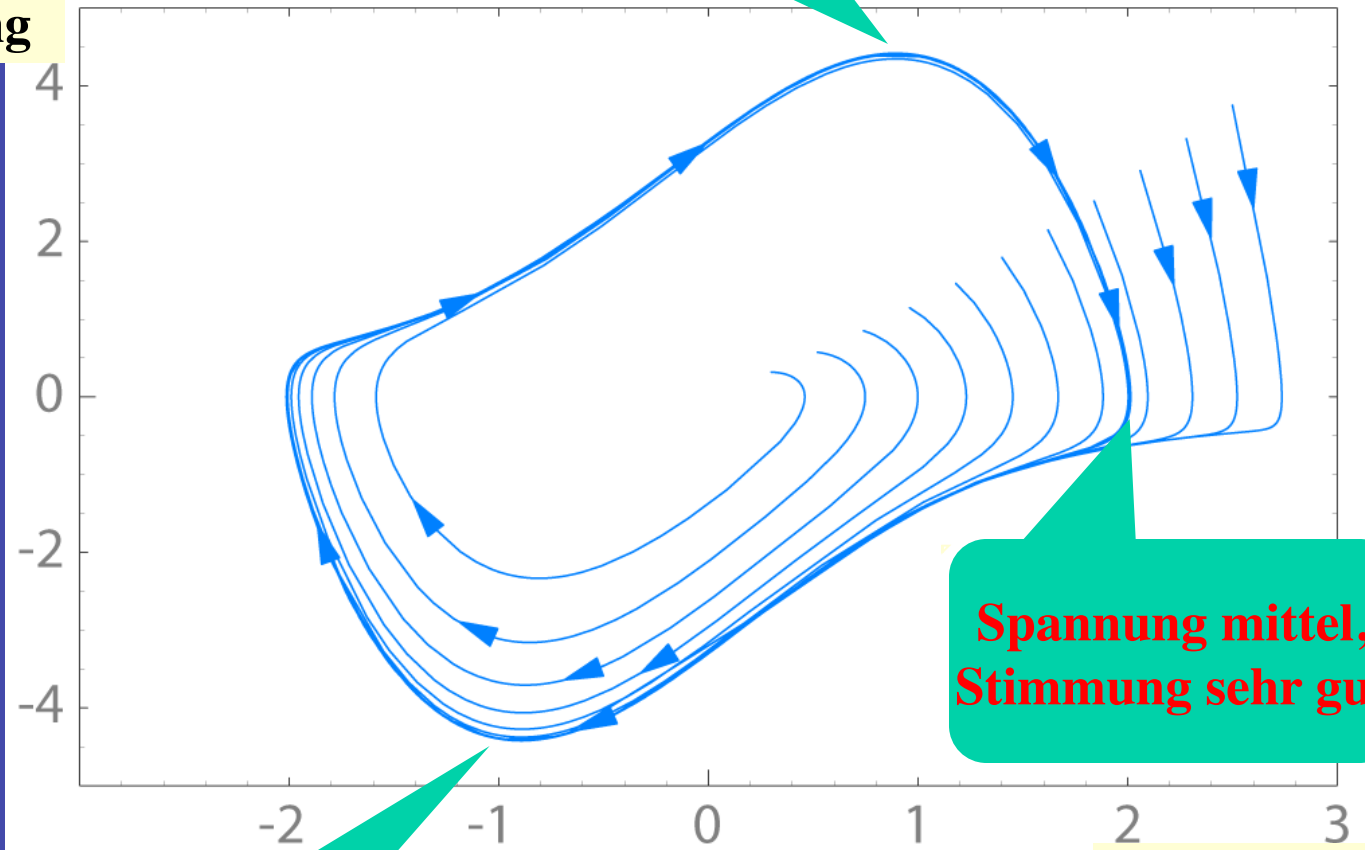
...



Grenzzyklus (Bsp.)

Spannung hoch,
Stimmung gut

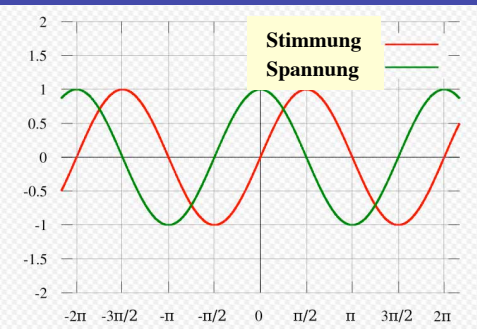
Spannung



Spannung mittel,
Stimmung sehr gut

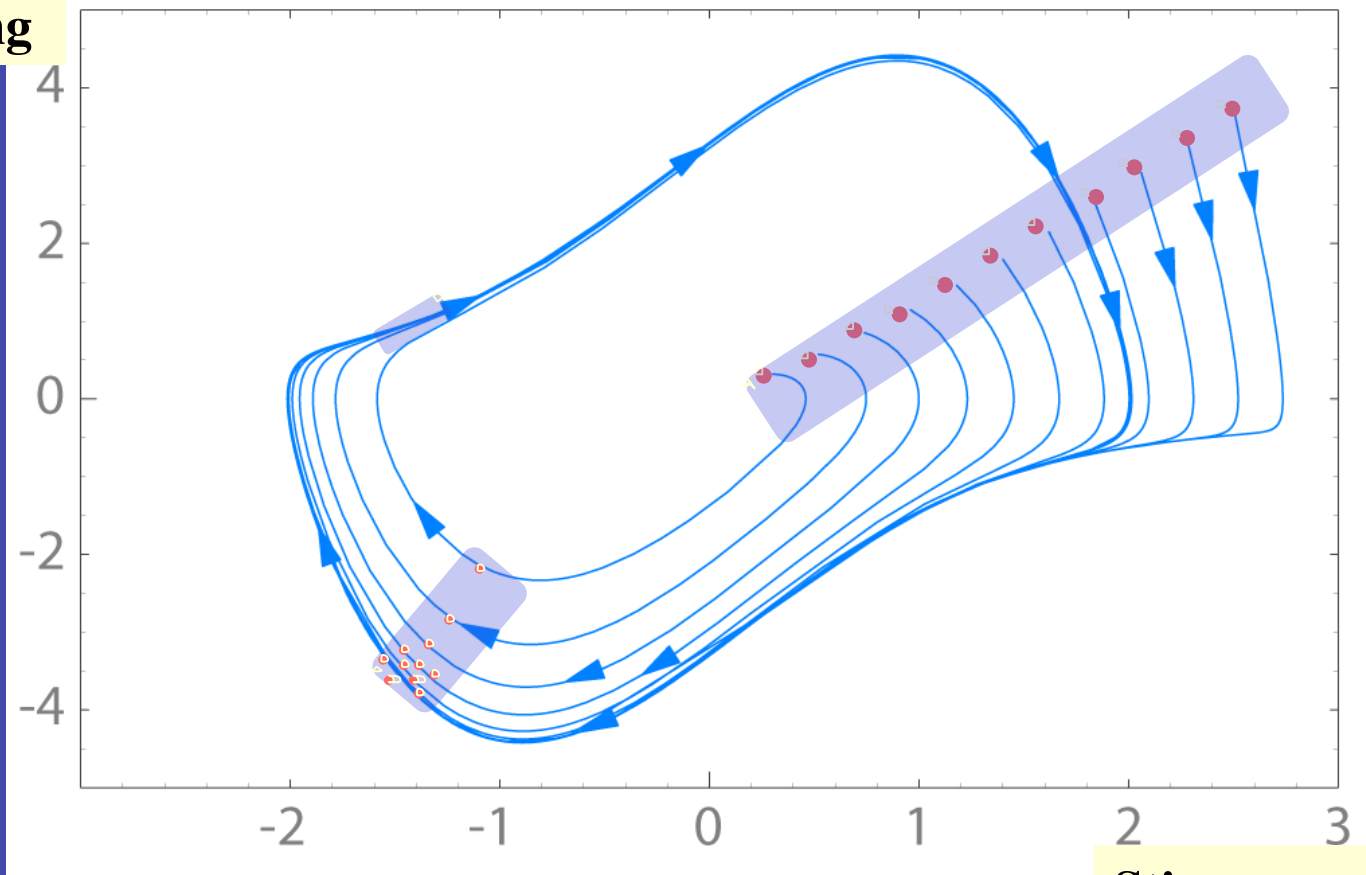
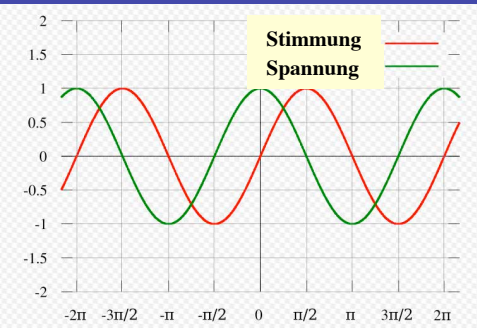
Spannung niedrig,
Stimmung schlecht

Stimmung



wieder: Kontraktion des Phasenraums

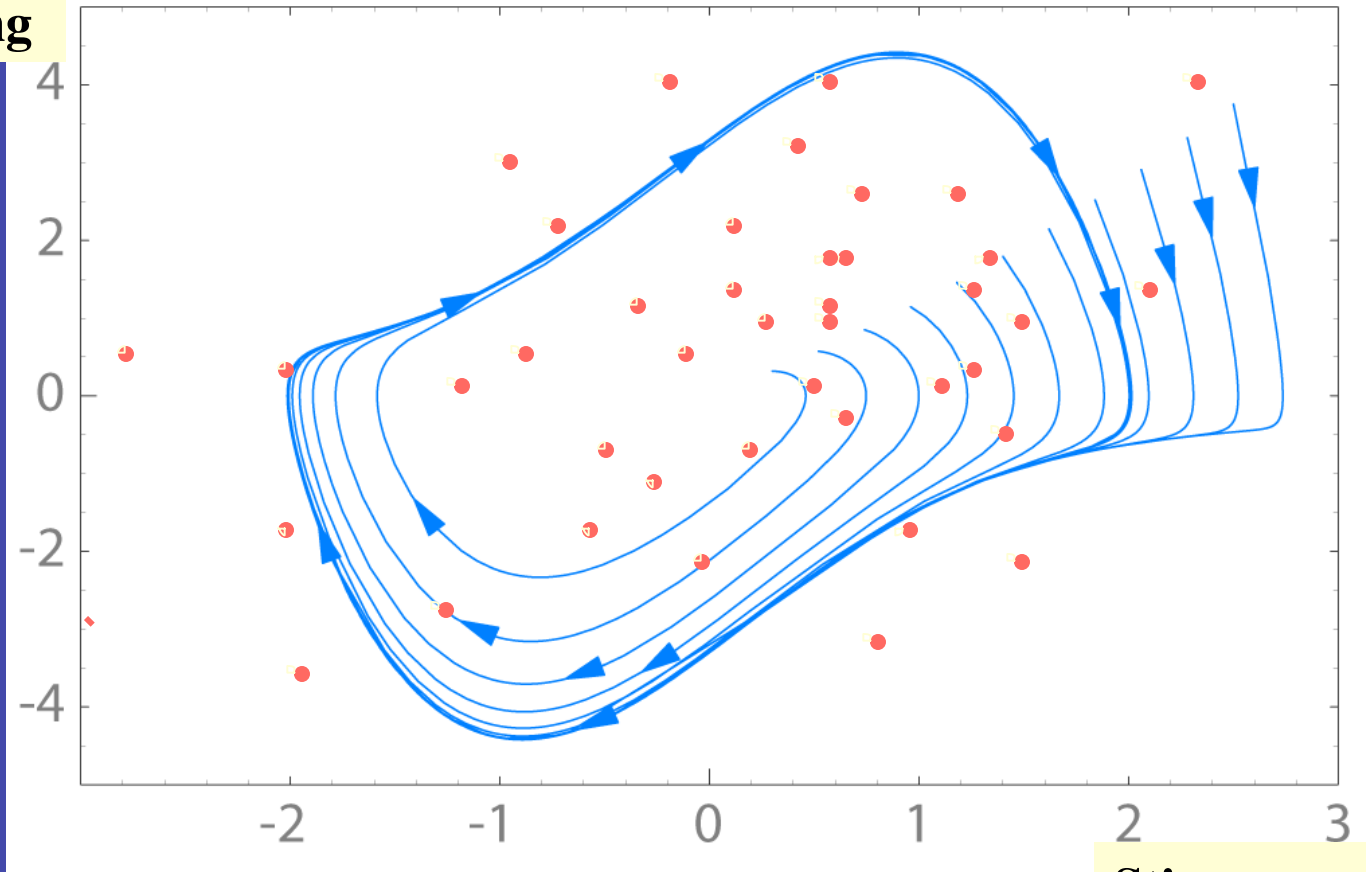
Spannung



Stimmung

Grenzzyklus vs. lineare Regression

Spannung



Stimmung

Trajektorien schon bei Wundt (1863)

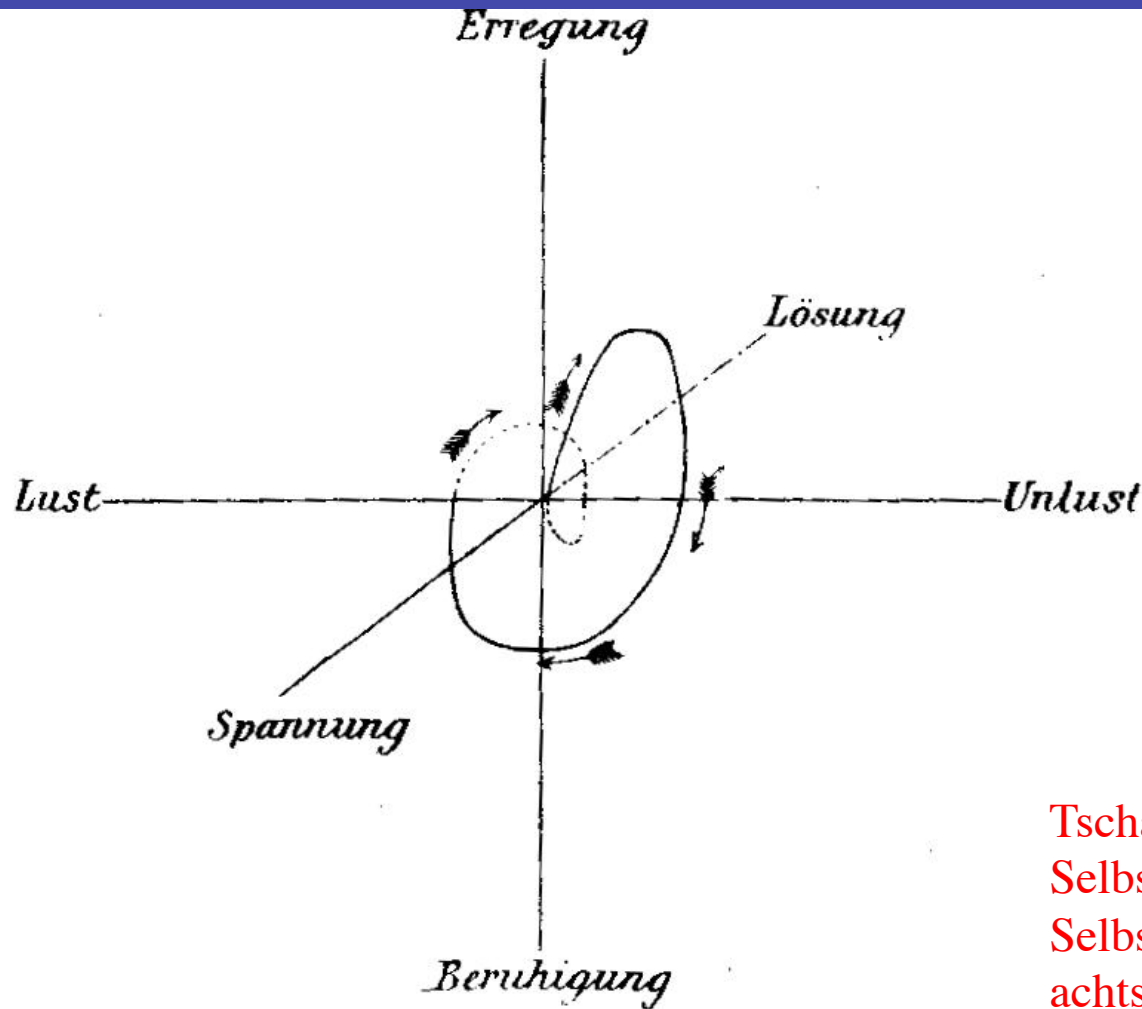


Fig. 40.

Tschacher W & Munt M (2013). Das Selbst als Attraktor: das psychologische Selbst aus systemtheoretischer und achtsamkeitsbasierter Sicht. Psychotherapie, 18

Drei Hauptrichtungspaare zur Beschreibung von Gefühlsverläufen

Attraktoren in Phasenraumdarstellung

Attraktortyp

Dimension

Fixpunkt

0

Grenzyklus

1

Torus

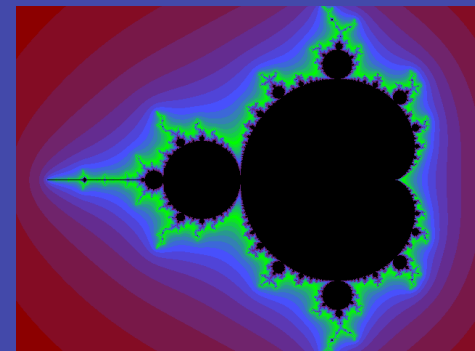
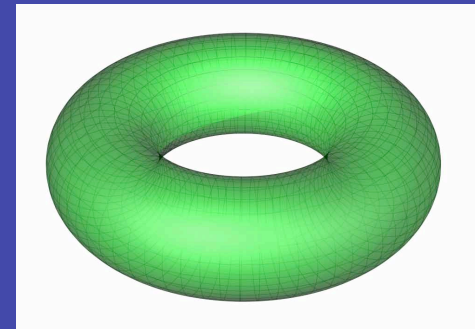
2

Hypertori

3, 4, ...

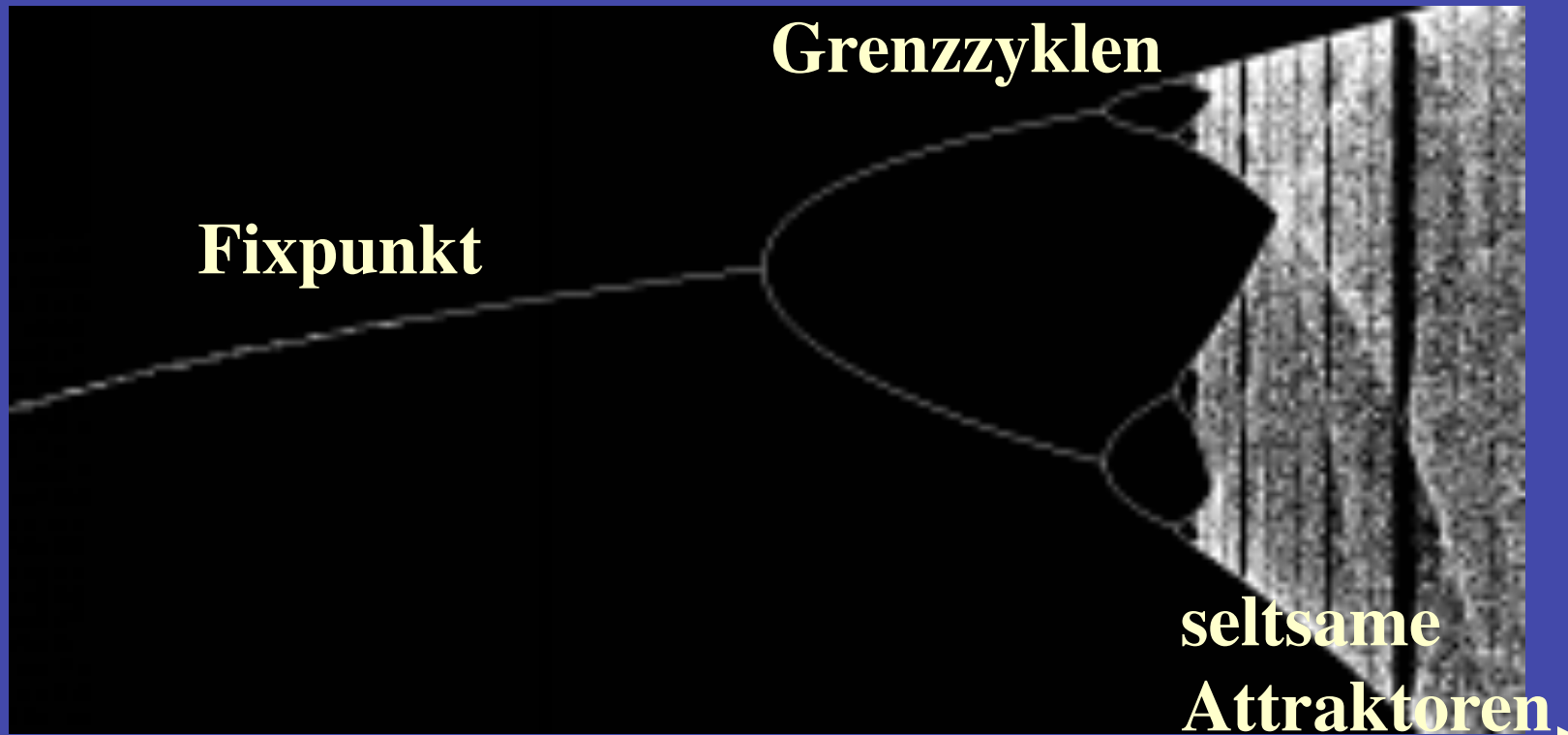
seltsame Attraktoren

zB 2.6386...



Populationsdynamik in der Biologie: Attraktoren der logistischen map in Abhängigkeit vom Kontrollparameter

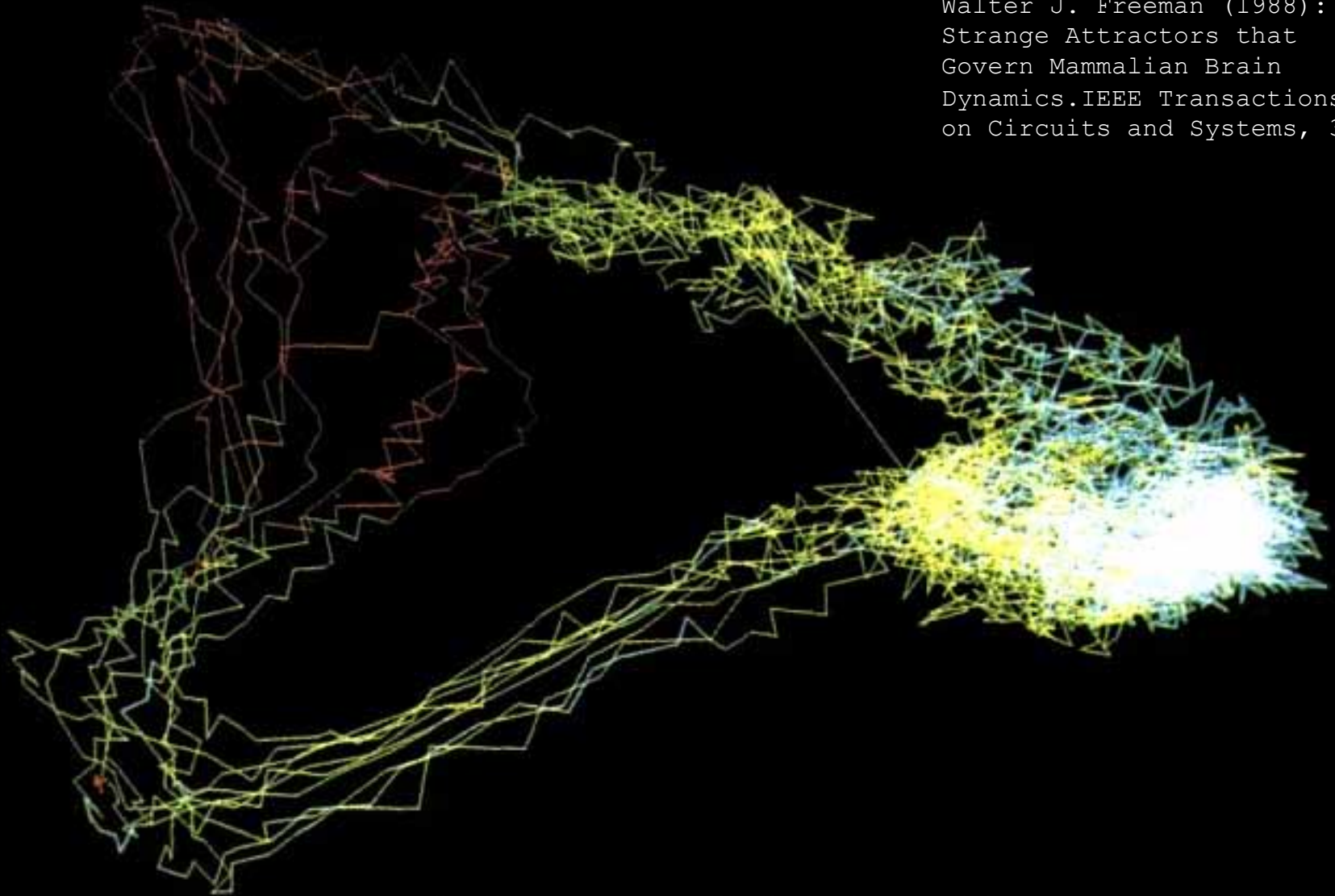
Systemoutput
 x



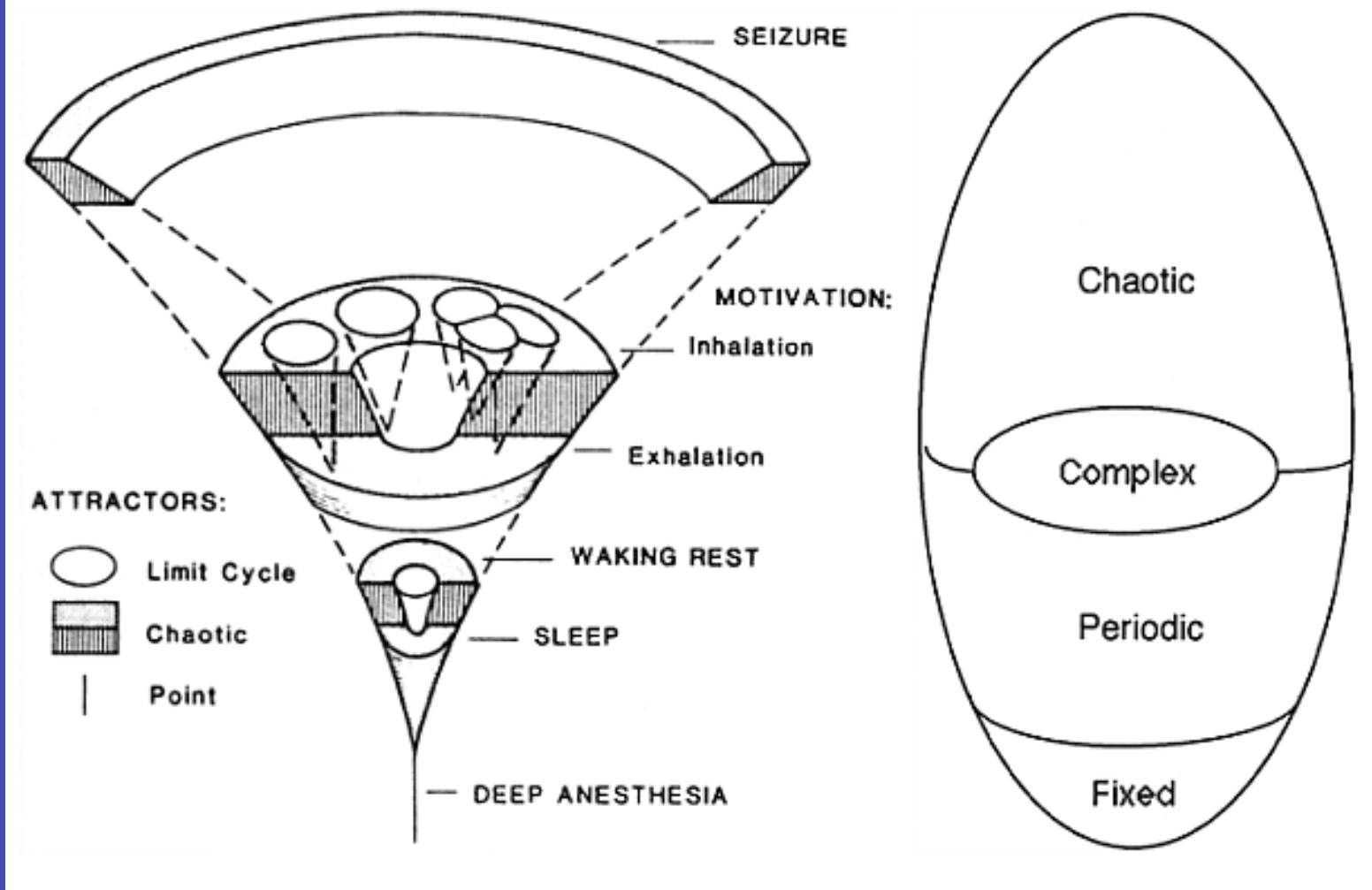
Kontrollparameter a

$$x_{t+1} = ax_t(1-x_t) \quad \text{für } 0 < x_t < 1$$

Walter J. Freeman (1988):
Strange Attractors that
Govern Mammalian Brain
Dynamics. IEEE Transactions
on Circuits and Systems, 35



An EEG trace from the olfactory system of the brain of a rat, during an epileptic seizure. The trajectory of a point moving through this space in time traces the subspace that is occupied by a strange attractor. We have colored it red when the fourth variable is negative and blue-white when it is positive. The Hausdorff dimension is reduced to 2.52, and the structure of the strange attractor appears to be that of a 2-torus.

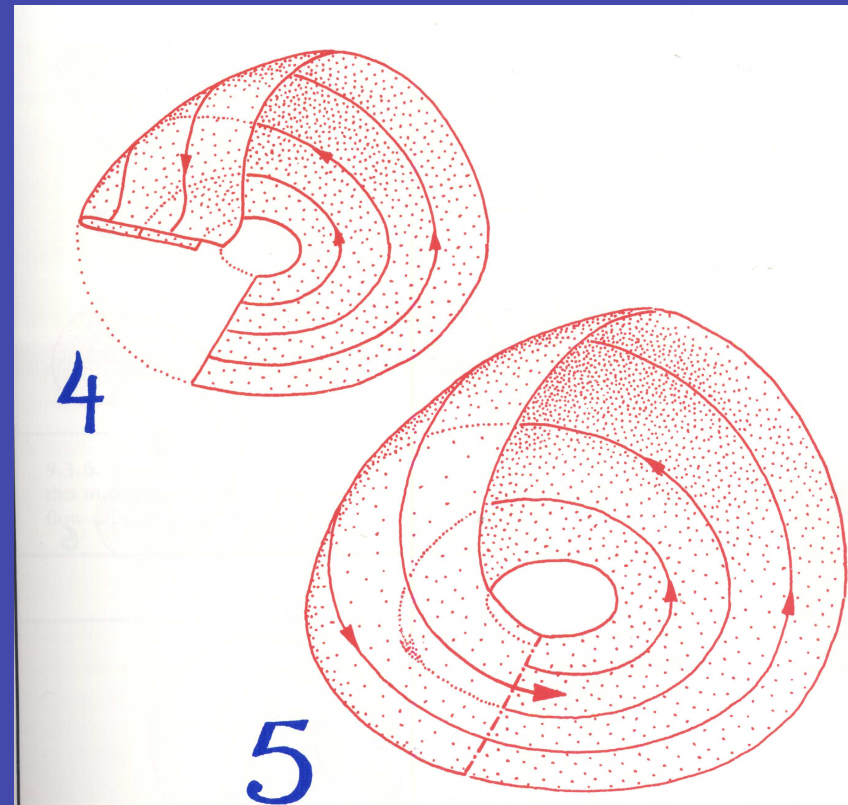
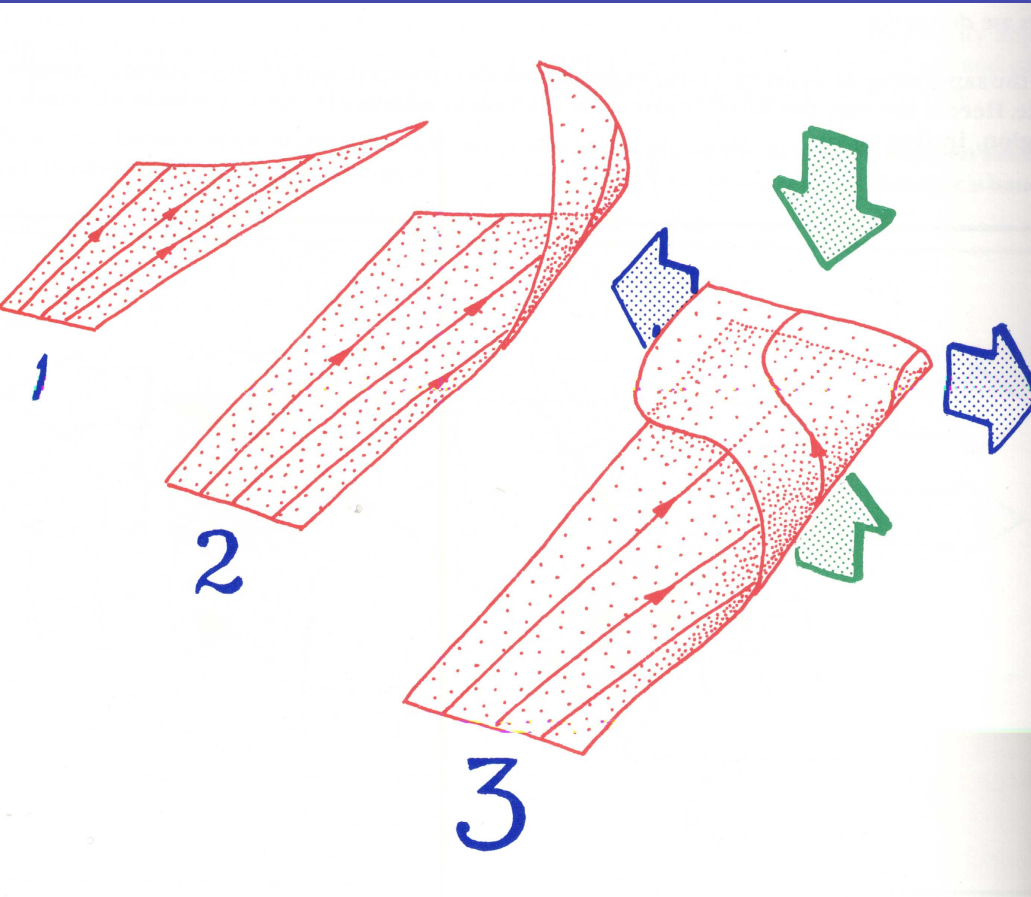


On the left is the [bifurcation diagram](#) corresponding to the [phase portrait](#) of olfactory bulb states.

On the right is Langton's view of information movement in complex dynamical systems such as cellular automata. It represents the four states a complex system can obtain. The bottom is the regime where information is frozen; nothing can live there. Above that is a somewhat more flexible regime where behavior such as crystal growth can be seen; still, the limited movement of information cannot support life. At the very top, information moves so freely that its structure cannot be maintained; the regime is too chaotic to support life. Only in that center "sweet spot" can information be stable enough to support a message structure and loose enough to transmit messages.

The comparison between the two diagrams shows that the four state dynamics found in the olfactory bulb is not unique to that system but instead is part of a more general theory of complex dynamical systems and their information flow.

Rössler-Attraktor: geometrischer "Bauplan"



(Abraham & Shaw, 1992)

Rössler-Attraktor: algebraischer "Bauplan"

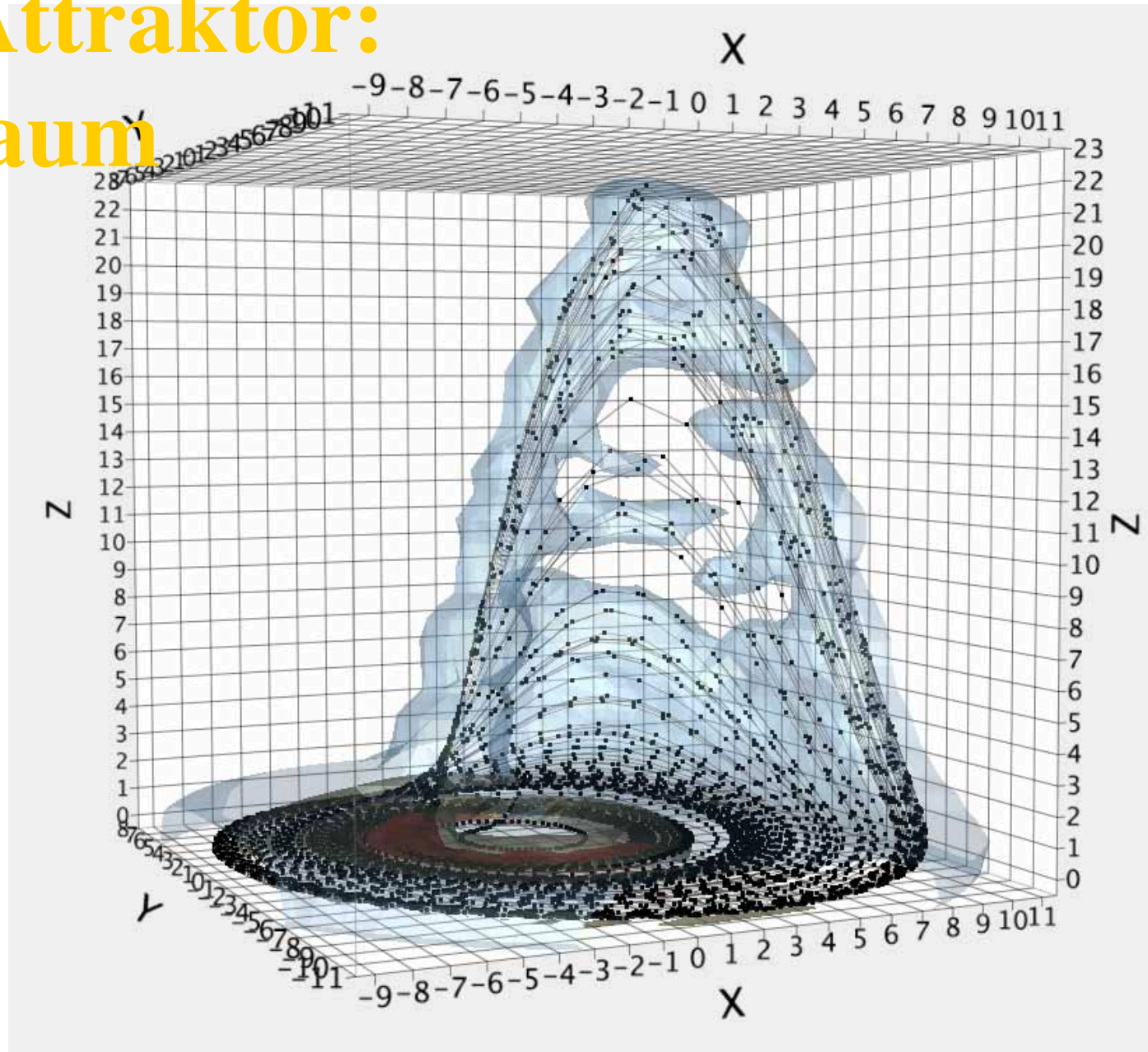
$$dX/dt = -(Y + Z)$$

$$dY/dt = X + Y/5$$

$$dZ/dt = 1/5 + Z(X - 5.7)$$

Rössler-Attraktor: Phasenraum

spinning plot file
>Rösslerdynamik<



Rössler-Attraktor:

topologische Charakterisierung:
ein Orbit, ein Loch, 3-D

quantitative Charakterisierung:
Hausdorff-Dimension $d=2.33$

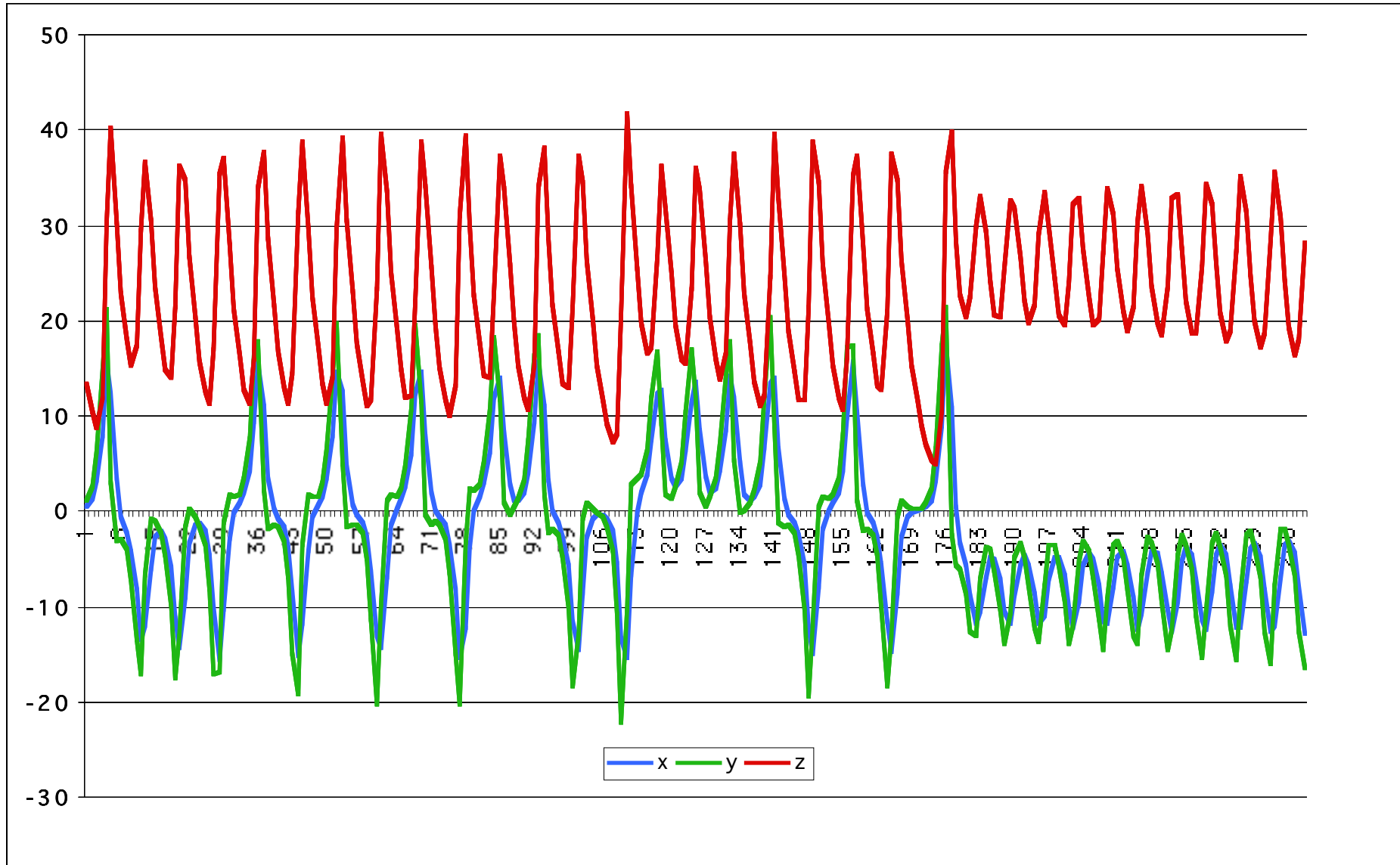
Lorenz-Attraktor: algebraischer "Bauplan"

$$dX/dt = 10(Y - X)$$

$$dY/dt = X(28 - Z) - Y$$

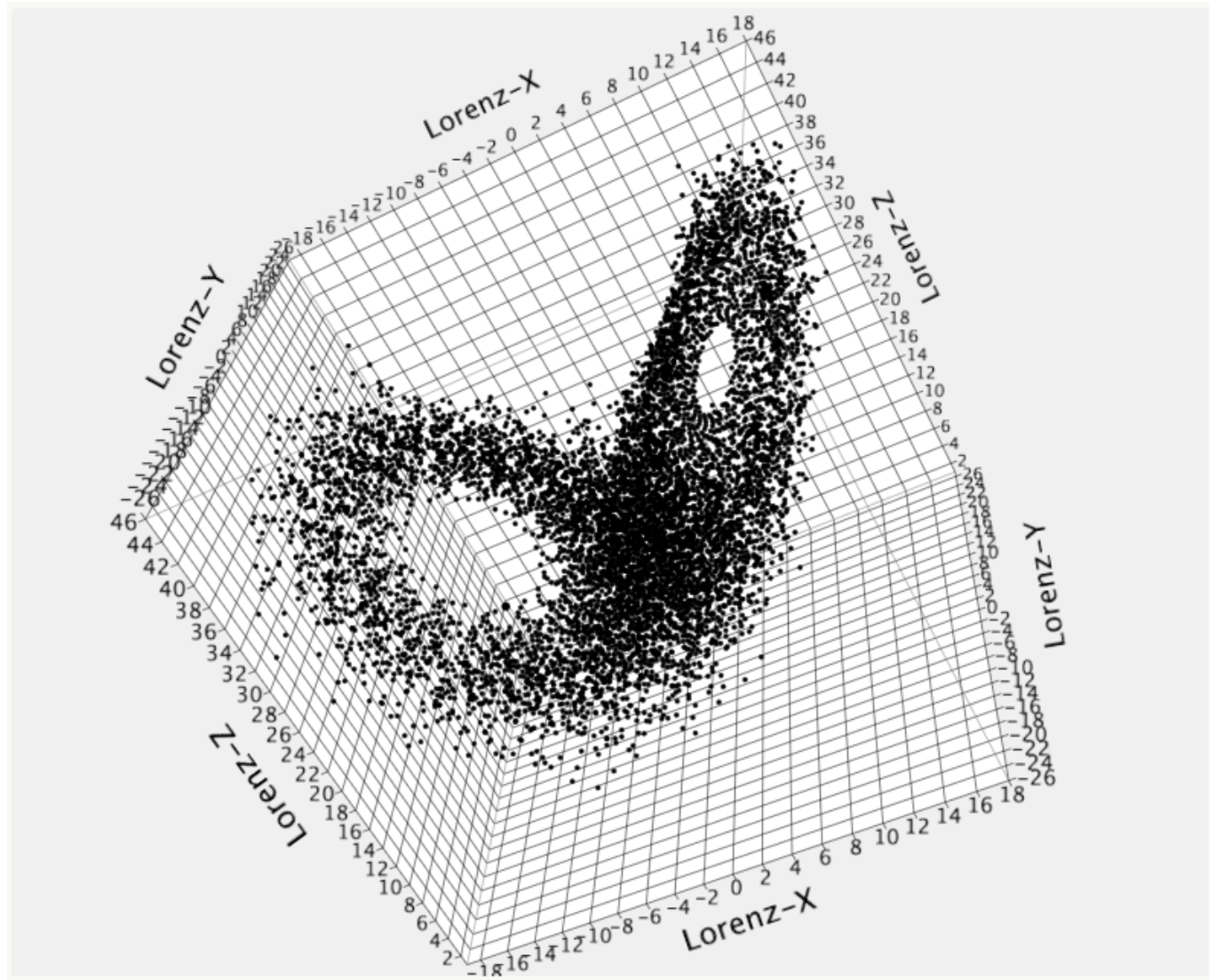
$$dZ/dt = XY - 8/3Z$$

Lorenz-Attraktor: Zeitreihen



Lorenz-Attraktor: Phasenraum

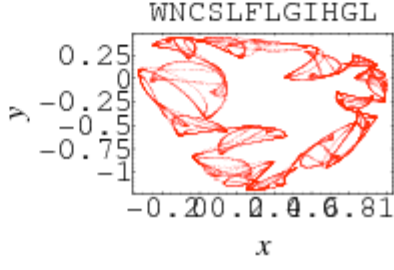
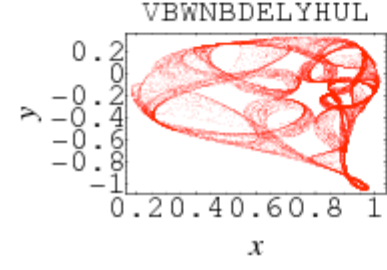
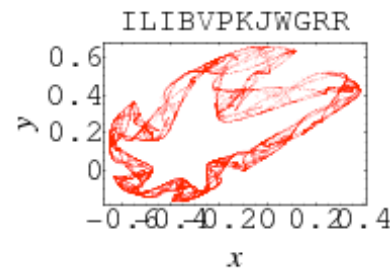
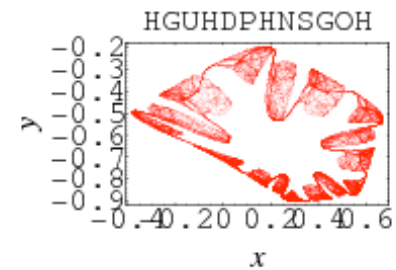
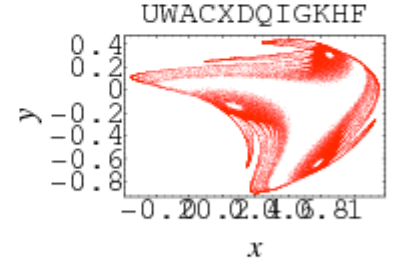
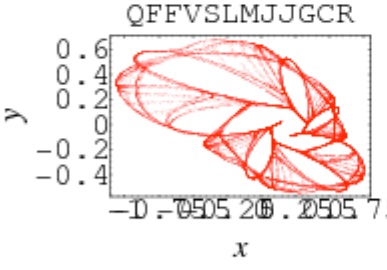
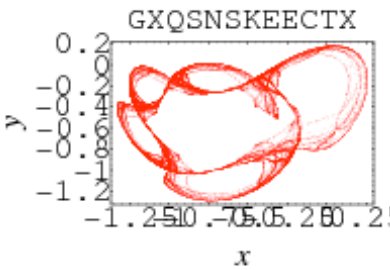
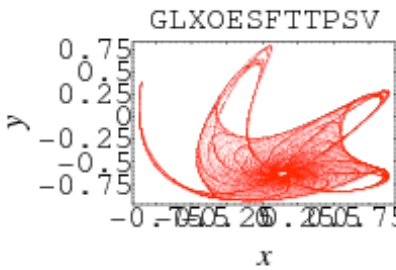
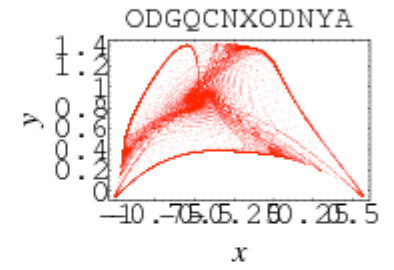
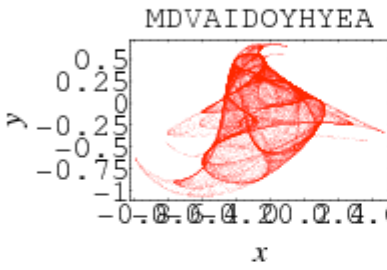
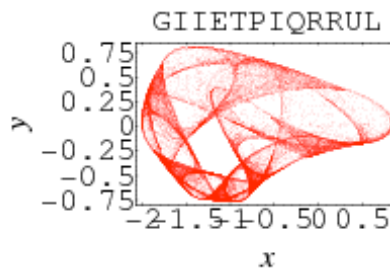
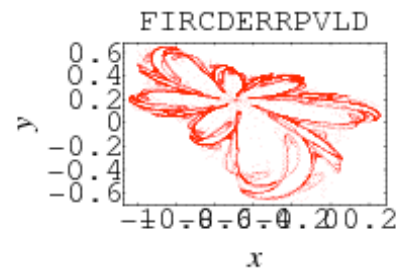
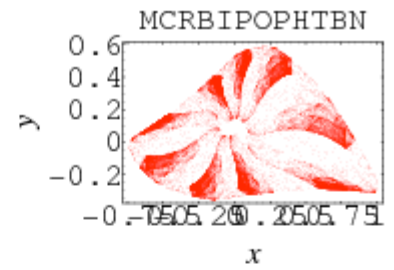
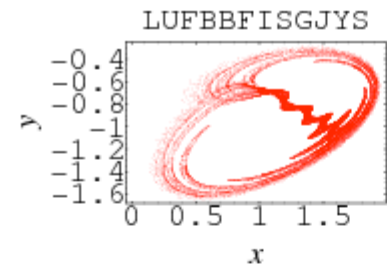
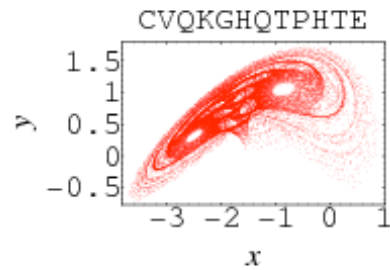
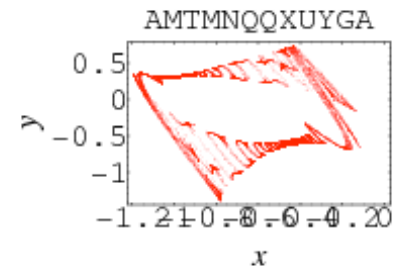
spinning plot file
>Lorenzdynamik<



Lorenz-Attraktor:

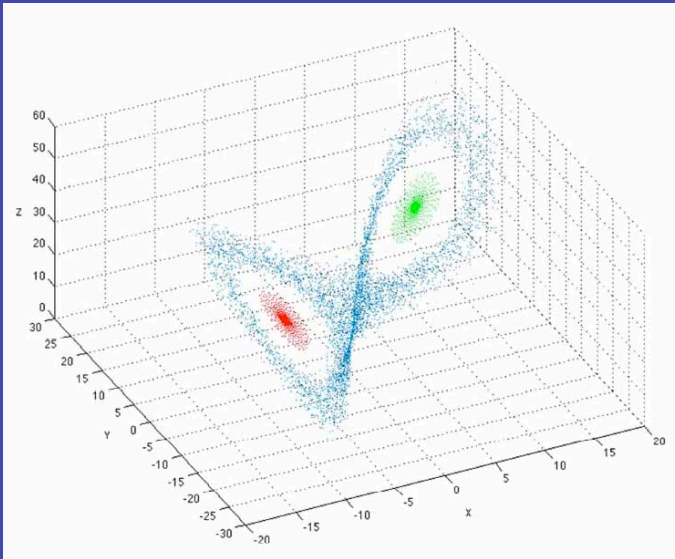
topologische Charakterisierung:
2 Orbits, 2 Löcher, 3-D

Zoo der Attraktoren (aus Wolfram "Mathworld")

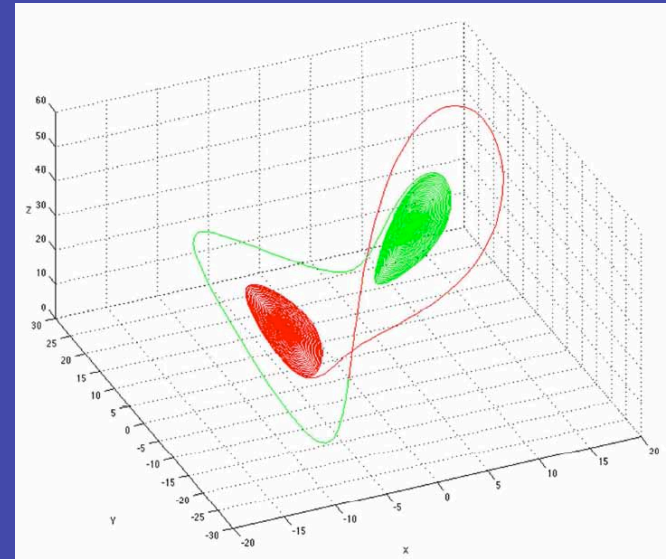


praktische Implikationen solcher Attraktoren?

Kontrollparameter entscheiden über die Dynamik



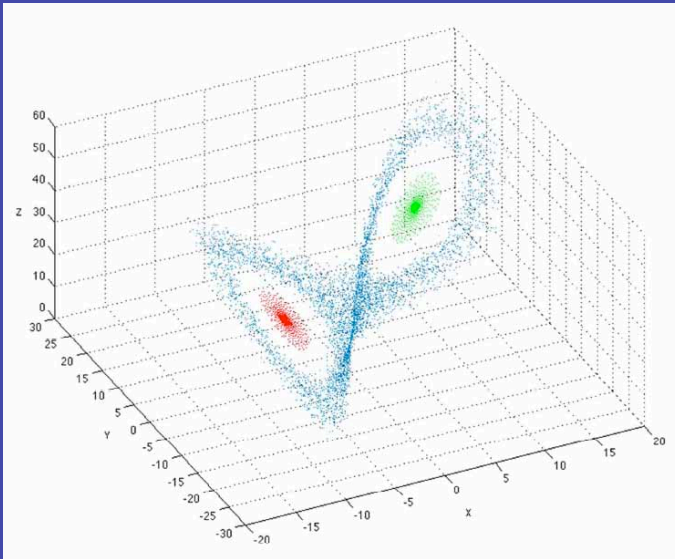
$$\begin{aligned}dX/dt &= 5(Y - X) \\dY/dt &= X(35 - Z) - Y \\dZ/dt &= XY - 8/3Z\end{aligned}$$



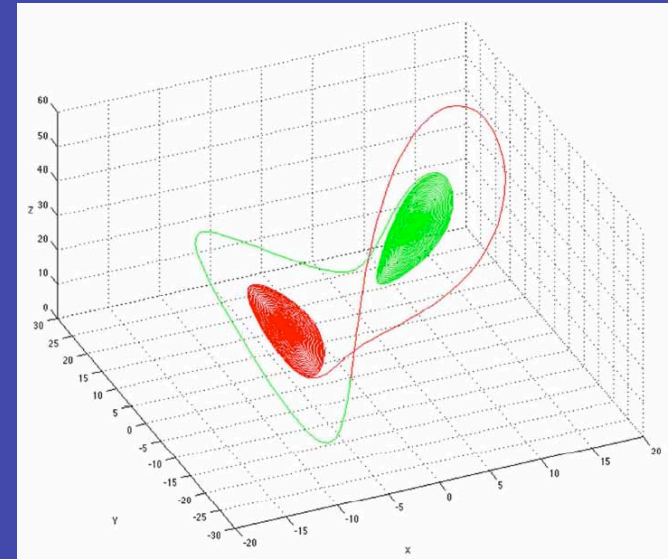
$$\begin{aligned}dX/dt &= 5(Y - X) \\dY/dt &= X(30 - Z) - Y \\dZ/dt &= XY - 8/3Z\end{aligned}$$

praktische Implikationen solcher Attraktoren?

Dynamical diseases: rot=freudig, grün=depressiv



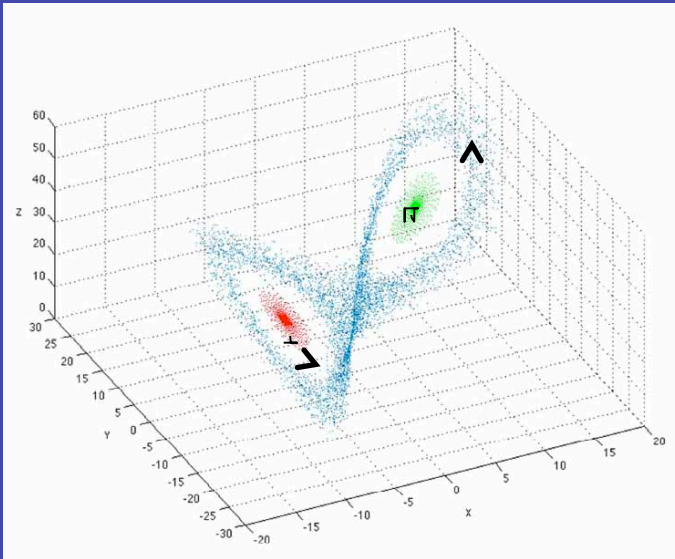
multistabil, "gesunde" Variabilität
auf den blauen Orbits



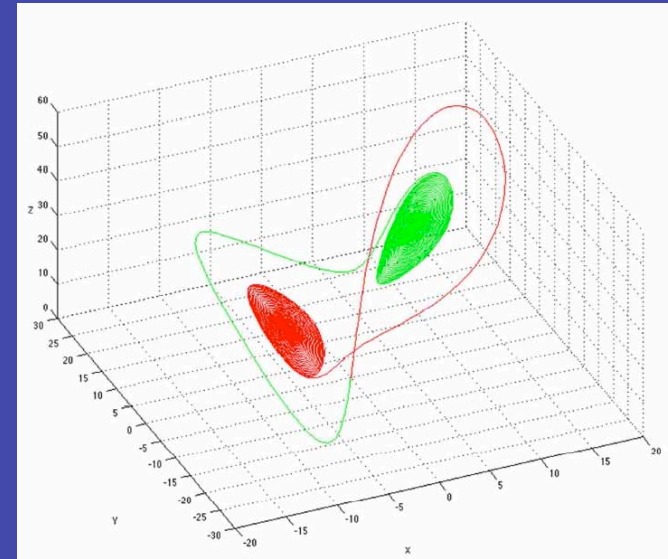
multistabil, System fällt in einen
der beiden Attraktoren:
"bipolares" Steckenbleiben in
Depression *oder* Manie

praktische Implikationen solcher Attraktoren?

Dynamical diseases: therapeutische Intervention?



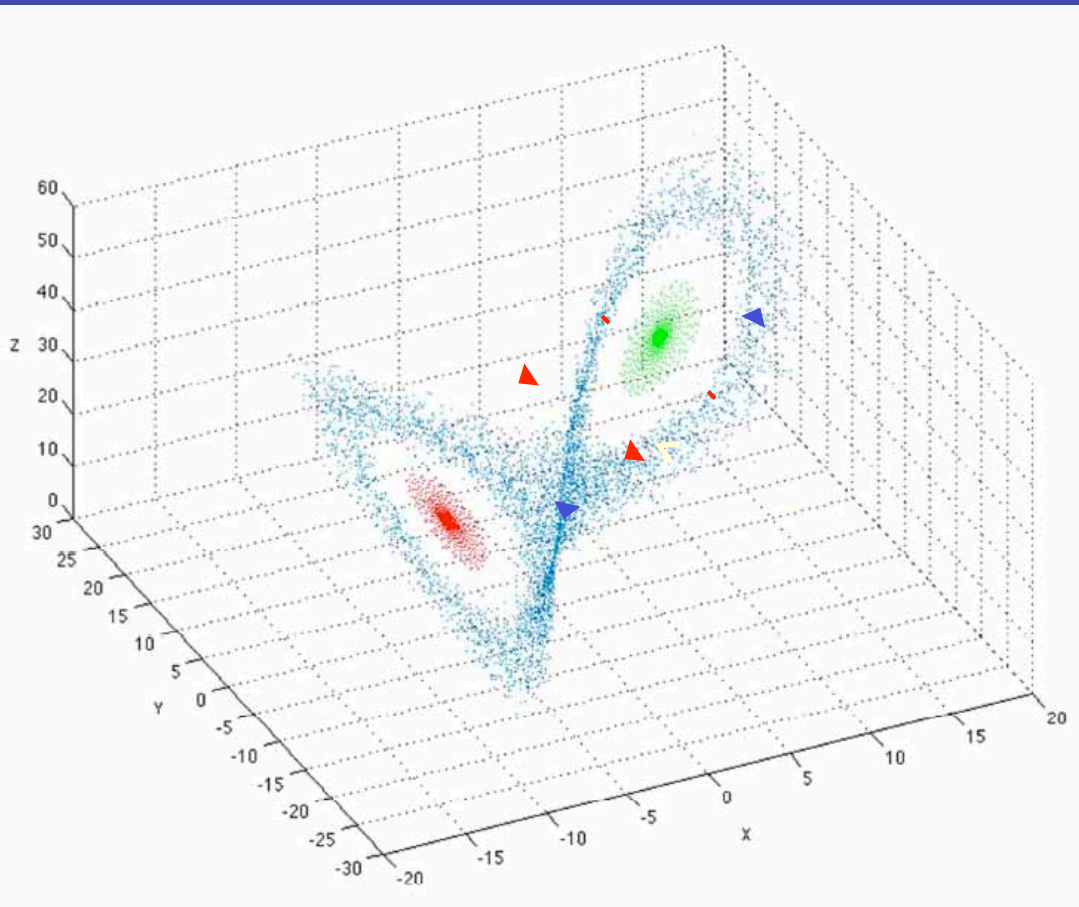
Aus den lokalen Attraktoren (rot oder grün) kann System leicht auf den blauen Orbit zurückgehoben werden



Therapie durch lokale Intervention schwer, erfolgversprechender durch Beeinflussung der Kontrollparameter

praktische Implikationen solcher Attraktoren?

"mit dem System mitgehen"



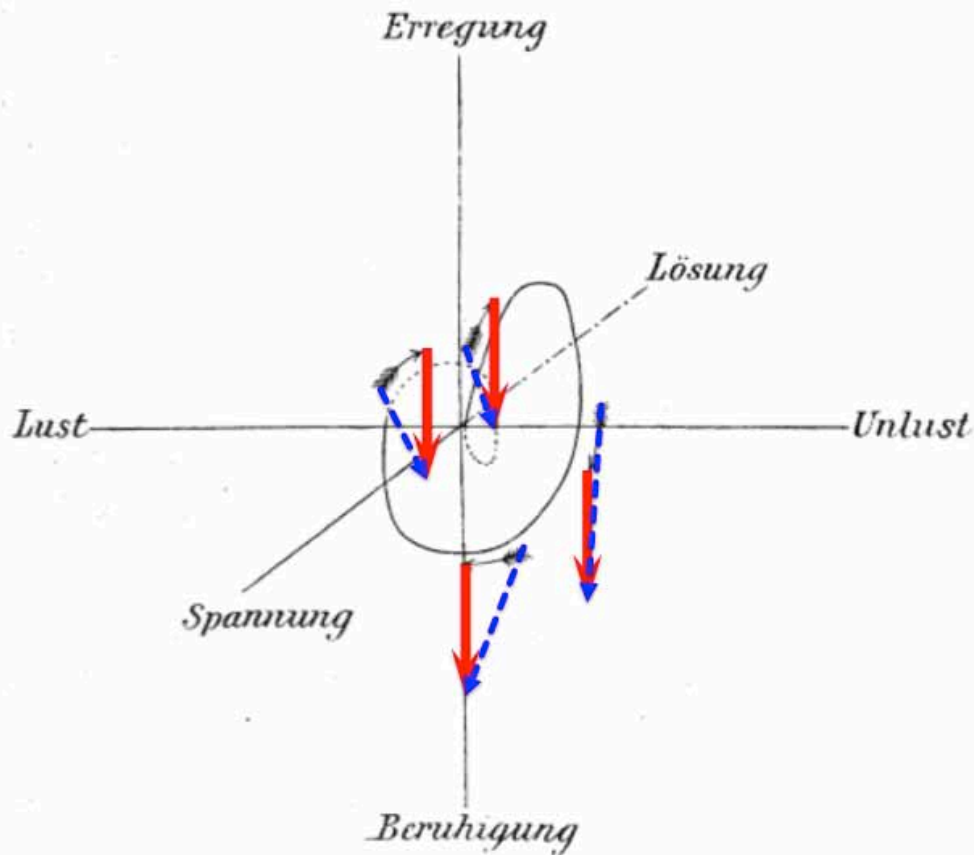
blaue Pfeile: natürliche Trajekturen der Emotionsdynamik, je nach Zeitpunkt/Zustand des Systems.

Rote Pfeile: identische therapeutische Intervention durch Emotionsregulation

Erfolg der Intervention: Resultierende der Vektoren

praktische Implikationen solcher Attraktoren?

"mit dem System mitgehen"



schwarze Pfeile: natürliche Trajekturen der Emotionsdynamik nach Wundt (1863).

rote Pfeile: identische therapeutische Beruhigungs-Intervention.

blaue Pfeile: Erfolg der Intervention = Resultierende der Vektoren