

Fritz B. Simon



# Formen (reloaded)

Zur Kopplung von Organismus,  
Psyche und sozialen Systemen

Band 1 • Sätze 1–28

Erkenntnis- und systemtheoretische Grundlagen

Carl-Auer 

# 16 Selbstorganisation

Es gibt Prozesse, in denen Ordnungen entstehen, ohne dass es irgendwelcher »Macher« oder »Ordner« bedürfte, die dafür verantwortlich sind oder gemacht werden könnten. Es sind charakteristische **Funktionen** – formale Relationen und Wirkungsgefüge –, die zu solchen Ordnungen, **Schöpfungen ohne externen Schöpfer**, führen. Organisierte Prozesse, die sich selbst als abgegrenzte Einheiten hervorbringen und erhalten ...

Only a functional logic and language can cover functional natural phenomena (Korzybski). Such logic and language have been built by modern mathematical discoveries (Whitehead, Russell, Keyser, etc.).

Korzybski, Alfred (1924): Time-Binding: The General Theory. In: ders. (1990): Alfred Korzybskis Collected Writings 1920 – 1950. Englewood, New Jersey (International Non-Aristotelian Library, Institute of General Semantics), S. 62.

**16.1** Wenn das **Herstellen** (Kreation, Strukturbildung, Produktion, Konstruktion ...) einer zusammengesetzten Einheit/eines Systems den eigenen Operationen dieser Einheit kausal (= selbstbezüglich) zugeschrieben werden kann, soll dieser Prozess **Selbstorganisation** genannt werden.

Beispiele für selbstorganisierte, zusammengesetzte Einheiten sind im Bereich unbelebter, vor allem aber lebender Systeme zu finden: die Bildung von Wolken, Strömungen, Landschaften, die Formung von Kristallen, Schneeflocken usw.

Lebewesen jeder Art werden nach diesem Modell nicht von einem Schöpfer aus Lehm geformt und dann beseelt, sondern sie schaffen sich selbst, indem ihre internen Prozesse für die Bildung und den Erhalt ihrer Struktur sorgen, dabei in ihren Möglichkeiten begrenzt durch die von ihren Umwelten gesetzten Bedingungen (welche sich aber in der Interaktion verändern können).

Auch soziale Systeme sind in der Regel selbstorganisiert, allerdings kann man versuchen, sie im Sinne des Erreichens kollektiver Ziele zu steuern bzw. zu organisieren.

Selbstorganisation ist das dynamische Prinzip, das der Entstehung der reichen Formenwelt biologischer, ökologischer, gesellschaftlicher und kultureller Strukturen zugrunde liegt.

Jantsch, Erich (1979): Die Selbstorganisation des Universums. München (Hanser) 1992, S. 49.

Ganz gewöhnliche Systeme wie eine Flüssigkeitsschicht oder eine Mischung chemischer Reagenzien können unter gegebenen Umständen *Selbstorganisationsphänomene* makroskopischer Dimensionen in der Form räumlicher Strukturen oder zeitlicher Rhythmen hervorbringen. Kurz gesagt, komplexes Verhalten ist nicht mehr allein auf die Biologie beschränkt. Es ist

dabei, in die physikalische Wissenschaft einzudringen und erscheint ganz tief verwurzelt in den Gesetzen der Natur.

Nicolis, Grégoire, Ilya Prigogine (1987): Die Erforschung des Komplexen. Auf dem Weg zu einem neuen Verständnis der Naturwissenschaften. München (Piper), S. 20.

**16.2 Die Einheit der Beobachtung** (= Form) besteht aus einer zusammengesetzten Einheit/ einem System und seinen spezifischen Umwelten (wobei den **Umwelten** bzw. dort verorteten Ereignissen **nicht** die »**Ursache**« für beobachtete Strukturierungen und Veränderungen der unterschiedenen Einheit zugeschrieben wird, sondern lediglich die **Eröffnung** und **Begrenzung** von **Möglichkeiten** der Strukturierung und Veränderung).

Selbstorganisation heißt immer auch **Selbstregulation**, d.h. ein solches System zeigt ein nicht ohne weiteres von außen steuerbares Verhalten (obwohl es da graduelle Unterschiede gibt, vor allem zwischen technischen und lebenden Systemen).

Bezogen auf die Untersuchung des Menschen als »problemlösendes System« und seine Beziehung zu seiner Umwelt, die ihn vor Probleme stellt, ist vor allem auf die Arbeiten von Allen Newell und Herbert A. Simon hinzuweisen, die ebenfalls mit Konzepten der Selbstregulation und -organisation arbeiten und so die Grundlagen für die heute so beeindruckenden (und teilweise auch beängstigenden) Fortschritte der KI gelegt haben (wenn – in naher Zukunft – der Toaster intelligenter sein wird als sein Bediener).

Thus, the environment per se does not make demands: rather the problem or goal makes them via the problem solver's commitment to attain it. The features of the environment that give rise to these demands constitute the relevant structure or texture of the environment (...)

These examples suggest that a suitable way to fix the boundary is to regard possibilities of actual physical actions as part of the description of the environment, but to regard the information processing activities of the problem solver – the process for searching through his internal problem space – as describing him.

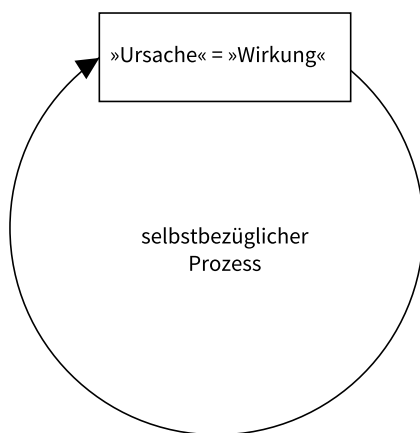
Newell, Allen, Herbert A. Simon (1972): Human Problem Solving. Brattleboro, Vermont (Echo Point Books & Media) 2019, S. 79 und S. 81.

Viele selbstregulierende Systeme waren auch bereits bekannt. Das heißt, man kannte einzelne Fälle, aber das Prinzip war noch nicht entdeckt. In der Tat zeigt sich die Rigidität der abendländischen Erkenntnistheorie gerade in der wiederholten Entdeckung von Fällen in der Unfähigkeit, das zugrundeliegende Prinzip wahrzunehmen. Zu den Entdeckungen und Wiederentdeckungen des Prinzips gehören Lamarcks Transformismus (1809), James Watts Erfindung des Reglers für die Dampfmaschine (spätes achtzehntes Jahrhundert), Alfred Russel Wallaces Wahrnehmung der natürlichen Selektion (1856), Clark Maxwells mathematische Analyse der Dampfmaschine mit Regler (1868), Claude Bernards milieu interne, hegelianische und marxistische Analysen des sozialen Prozesses, Walter Cannons Wisdom of the Body (1932) und die verschiedenen wechselseitig voneinander abhängigen Schritte in der Entwicklung der Kybernetik und Systemtheorie während und unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg.

Schließlich zeigte der berühmte Aufsatz von Rosenblueth, Wiener und Bigelow in der Philosophy of Science, daß der selbstregulierende Kreislauf und seine vielfältigen Varianten Möglichkeiten boten, um die Anpassungsfunktionen von Organismen zu modellieren. Das zentrale Problem der griechischen Philosophie – das Problem der Zwecksetzung, das für zweitausendfünfhundert Jahre ungelöst blieb – wurde nun einer strengen Analyse zugänglich. Es wurde sogar möglich, so wunderbare Abfolgen zu modellieren, wie den Sprung einer Katze, der so kalkuliert und gerichtet ist, daß die Katze da landet, wo die Maus bei der Landung sein wird.

[1] Rosenblueth, Arturo Norbert Wiener, Julian Bigelow; Behavior, Purpose and Teleology. *Philosophy of Science* 10 (1943), 18 – 24.  
Bateson, Gregory (1979): Geist und Natur. Eine notwendige Einheit. Frankfurt (Suhrkamp) 1982, S. 132f.

**16.3** Die Erklärung für die Entstehung selbstorganisierter Strukturen folgt einem **zirkulären Ursache-Wirkungs-Schema**: »Ursache« (= Operationen der Einheit, innen) »Wirkung« (= Struktur der Einheit, innen).



Zirkulär sind allerdings diese Prozesse immer nur dann, wenn von der Zeit abstrahiert wird. Dann lässt sich nicht mehr zwischen Ursache und Wirkung unterscheiden, da die (vermeintliche) Wirkung jeweils die (vermeintliche) Ursache produziert usw. – d.h. es handelt sich um die klassische Henne-Ei-Frage, und je nachdem, wie man diesen Prozess zeitlich interpunktiert, erhält man eine andere Zuschreibung von Ursache und Wirkung. Dies gilt für Wirkungsnetze im Allgemeinen, die zu – vorübergehend – dem Beobachter stabil erscheinenden Zuständen führen. Aber auch die Interaktionsmuster zwischen (z.B.) streitenden Parteien, folgen diesem Muster – am Ende ist nicht zu sagen, wer denn »wirklich« angefangen hat ...

Figur 26

**16.3.1 Rekursive Funktionen:** Operationen werden repetitiv auf ihr Resultat angewendet:  $x = f(x)$ , was formal einer zirkulären Kausalität analog ist.

Beginnen wir, um das Prinzip zu verdeutlichen, bei einer ersten Operation (Op) an einem Ausgangswert ( $x_0$ ), was sich formelmäßig darstellen lässt als Op ( $x_0$ ). Das Ergebnis dieser Operation ist  $x_1$ . Als Gleichung ausgedrückt, sieht das dann so aus:

$$x_1 = \text{Op} (x_0)$$

d.h.,  $x_1$  ist das Ergebnis der Operation an  $x_0$ . Wenn nun derselbe Typ von Operation (Op) an dem Ergebnis der ersten Operation vollzogen wird, d.h. Op ( $x_1$ ), was ja seinerseits das Ergebnis der Operation an der Operation an  $x_0$  war, d.h. Op (Op ( $x_0$ )), dann ergibt sich als Resultat  $x_2$ . Wieder als Gleichung dargestellt:

$$x_2 = \text{Op} (x_1) = \text{Op} (\text{Op} (x_0)).$$

Dieses Prinzip, dass nämlich die Operationen am Ergebnis der Operationen anschließen, charakterisiert rekursive Funktionen. Setzt man die Reihe fort, so stellt sich dies folgendermaßen dar:

$$x_3 = \text{Op} (x_2) = \text{Op} (\text{Op} (\text{Op}(x_0)))$$

...

$$x_n = \text{Op} (\text{Op} (\text{Op} (\text{Op} (\text{Op} \dots (x_0)))).$$

Wenn nun die unendliche Folge von Operationen an Operationen an Operationen ... durch  $x$  bezeichnet wird, so ergibt sich die selbstbezügliche Funktion:

$$x_\infty = \text{Op} (x_\infty).$$

Auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens steht derselbe Wert, vor der Operation ist nach der Operation. Es ist ein iterativer (lat. iterare = wiederholen) Prozess.

Ein Experiment, das die Wirkung rekursi-

ver Funktionen illustriert, stammt von Heinz von Foerster (ihm vielfach in gemeinsamen Seminaren abgeschaut). Nehmen Sie einen Taschenrechner und geben Sie irgendeine Zahl ein (nutzen Sie ruhig die ganze Bandbreite des Displays aus und geizen Sie nicht mit den Milliarden), dann betätigen Sie die Taste zum Ziehen der Quadratwurzel (Op ( $x_0$ )). Wenn Sie das Ergebnis ( $x_1$ ) sehen, dann betätigen Sie erneut die Taste zum Wurzelziehen:  $x_2 = \text{Op} (x_1)$ . Dann machen Sie immer so weiter. Es dauert nicht lange, dann landen Sie bei der Zahl 1 – und wie lange Sie dann weiter Wurzel ziehen, es bleibt bei der 1.

Die so erlangte 1 liefert ein schönes Bild für das – scheinbar – stabile Resultat rekursiver Funktionen. »Scheinbar« deswegen, weil selbstorganisierte Systeme ihre Struktur zwar auf eine analoge Weise durch rekursive Funktionen bzw. eine Wirkungsnetz rekursiver Funktionen herstellen und erhalten, aber sie bedürfen eben – anders als die Zahl 1 – der Fortsetzung dieser Aktionen bzw. Funktionen, damit die dem Beobachter stabil erscheinende Struktur erhalten bleibt ... (Quelle: Heinz von Foerster nutzte dieses Beispiel gern in Seminaren).

Conceptualizing the technical mathematical concept of recursion makes use of the everyday concept of a repeated action.

Lakoff, George Rafael E. Núñez (2000): Where Mathematics Comes From. New York (Basic Books), S. 28.

**16.3.2 Eigenwert, Eigenstruktur, Attraktor:** Das als **stabil** beobachtbare **Resultat** rekursiver Funktionen, das sich auch bei Wiederholung der auf ihr Resultat angewandten Operationen nicht mehr verändert (= **Fixpunkt**) oder in einem speziellen zeitlichen Muster zwischen bestimmten Punkten **oszilliert**, soll **Eigenwert**, **Eigenstruktur** oder **Attraktor** genannt werden.

Auch die Konstruktion einer stabilen Realität durch einen Beobachter erfolgt in Form einer rekursiven Funktion. Heinz von Foerster bezeichnet dies als »Errechnen einer Realität«. Es erfolgt in einem Prozessmuster, das als »operationale Schließung« charakterisiert werden kann: als Anschließen von Operationen an Operationen an Operationen usw., was schließlich zu einem Eigenwert, einer Eigenstruktur, einem Eigenverhalten, dem Attraktor komplexer Systeme führt – oder auch ins Chaos.

Der Prozess der **Eigenwertbildung** in seiner Logik ist durch das unter 16.3.1 präsentierte Experiment mit dem Taschenrechner und dem Wurzelziehen ganz gut illustriert. Die bei dieser Rechnung schließlich stabil erscheinende »1« ist der **Eigenwert** oder **At-**

**traktor** der dort gegebenen rekursiven Funktion. Wobei deutlich wird, wie es zu dem Begriff Attraktor gekommen sein mag, denn dieser Prozess erweckt ja den Eindruck, als ob irgendeine geheimnisvolle Kraft die Rechnung bzw. die Dynamik an einen bestimmten Punkt (»1«) ziehen würde (was nicht der Fall ist, deshalb ist der Begriff Eigenwert weniger missverständlich, um dieses Merkmal rekursiver Funktionen zu charakterisieren).

Ich fasse zusammen: Mein Vorschlag besteht darin, kognitive Prozesse als nie endende rekursive Prozesse des (Er-)Rechnens aufzufassen.

Foerster, Heinz von (1973): Über das Konstruieren von Wirklichkeiten. In: H. von Foerster (1985): Sicht und Einsicht. Versuche zu einer operativen Erkenntnistheorie. Heidelberg (Carl-Auer) 1999, S. 31.