

Bootstrapping oder das Henne-Ei-Dilemma.

Anton Reutlinger
München 2011

Es ist eine Kinderfrage: was war zuerst, die Henne oder das Ei? Zur Beantwortung gibt es zwei Möglichkeiten: Konstruktion oder Evolution. Die Konstruktion erfordert einen Konstrukteur. Das könnte allgemein ein Gott oder der Mensch sein. Diese einfachen Antworten sind aber nicht immer zutreffend oder befriedigend. Schon die Philosophen der griechischen Antike haben sich darüber Gedanken gemacht.

Wie entstehen komplexe Dinge aus sich selbst heraus, ohne Lenkung von außen?

- Wie entstand das erste Leben?
- Wie entstanden der Mensch und die anderen Arten?
- Wie entstand die erste Sprache?
- Wie erwerben Kleinkinder die Sprache?
- Wie entstand unser Heimatplanet?
- Wie entstehen Ameisen- und Bienenstaaten?

Manche Leser werden schon das moderne Zauberwort kennen, das in den Antworten fast immer enthalten ist: Selbstorganisation. Der Begriff gibt zwar einen Eindruck vom Bildungsstand des Antwortenden, aber nicht von der dahinter stehenden Wirkungsweise. Insbesondere bezieht sich die Selbstorganisation auf das Verhalten eines vorhandenen und fertigen Systems. So abstrakte, unklare und vielversprechende oder alleserklärende Begriffe wie Selbstorgani
Emergenz rufen leider auch immer die Geschäftemacher und Esoteriker auf den Plan, so dass die wissenschaftliche Aussagekraft allmählich ruiniert wird. Selbst manche Naturwissenschaftler sind sich nicht zu schade, die Grenzen zur spekulativen Metaphysik zu überschreiten und der Phantasie freien Lauf zu lassen.

Für die Biologie haben Maturana und Varela den Begriff der Autopoiese geprägt, der das Charakteristikum des Lebens bezeichnet. Lebewesen halten sich selbst nicht nur für eine gewisse Zeitdauer am Leben, bewerkstelligen also die Selbsterhaltung als Identität und sogar die Selbstreparatur, sondern reproduzieren sich auch selber und vermehren sich dadurch. So bleibt die Art über viele Generationen erhalten.

Eine andere Frage ist die Entstehung und Entwicklung eines Systems aus Anfängen und aus sich selbst heraus, um die es beim Henne-Ei-Problem eigentlich geht. Offensichtlich ist es das Anfangsproblem in der Autopoiese. Das Entscheidende an der Entstehung ist der umfassende und gerichtete Struktur- und Funktionswandel des betrachteten Systems, ohne steuernde oder lenkende Eingriffe von außen.

Dieser Vorgang soll hier als Bootstrapping-Prozess dargestellt werden. Den Computerfachleuten ist der Begriff des Bootstrapping bekannt, denn damit wird das Hochfahren eines Computers beschrieben. Dabei wird beim Einschalten zunächst ein kleines Programm aus dem nichtflüchtigen Read-only-Memory gestartet, das dann seinerseits die erste Stufe des eigentlichen Betriebssystems von der Festplatte in den flüchtigen und deshalb noch leeren Arbeitsspeicher lädt und startet und diese Stufe lädt dann wiederum die nächste Stufe.

Als anschauliches Beispiel soll hier ein Solobergsteiger dienen, der ohne fremde Hilfe einen Felsen hochkraxelt und sich selber sichern muss. Die Klettertour beginnt am Fuß des Felsens. Die ersten Schritte könnte sogar ein Kind machen. Das heißt, es müssen die notwendigen oder günstigen Bedingungen und eine Motivation oder Tendenz als Triebkräfte oder Ziele gegeben sein, um den Prozess erstmals zu beginnen.

Der Kletterer kennt seine körperlichen Ressourcen und er schaut sich den Felsen und auch das Wetter genau an. Er verfügt somit über innere und äußere Informationen. Diese Informationen bestimmen sein Vorgehen. Er tastet den Felsen ab nach Kanten und Spalten. Je rauher der Fels, desto mehr alternative Griffmöglichkeiten bietet er. Das bedeutet Redundanz, denn er kann nur eine der vielen Griffmöglichkeiten nutzen, aus denen er selber den relativ besten Griff auswählt, um ihn nach oben zu bringen. Da der Anblick allein keine vollständige Information über die Sicherheit der Griffmöglichkeiten liefert, muss er probieren. Je mehr Griffmöglichkeiten, desto mehr unterschiedliche Kletterpfade als Varianten sind möglich, wobei dann auch Irrtümer nicht ausgeschlossen sind. Ein glatter Fels bietet vielleicht nur eine einzige Griffmöglichkeit, dann ist der Kletterpfad eindeutig vorbestimmt oder determiniert. Falls überhaupt keine Griffmöglichkeit gegeben wäre - nun, dann wäre die Kletterei und der ganze Prozess zuende.

Eine zweite Redundanz muss genannt werden, die entscheidende Bedeutung hat: der Kletterer hat zwei Füße und zwei Hände, so dass er sich im Fels halten und gleichzeitig nach dem nächsten Griff tasten kann. Ohne diese Redundanz wäre das Klettern offensichtlich nicht möglich. Somit ist eine Vollständigkeit der Information und eine Redundanz der Struktur des Kletterers und somit der Funktion notwendig und bestimmend für den jeweils nächsten Schritt oder Kletterabschnitt. Die Auswahl der unteren Stufen bestimmt jeweils über die oberen Stufen, die Anzahl der Alternativen vervielfältigt die möglichen Kletterpfade.

Nach einigen Schritten wird sich der Kletterer zu einer Sicherung entscheiden. Der Drang des Kletterns interferiert mit dem Drang des Sicherns zur Stabilisierung des erreichten Zustands. Mal ist der eine stärker, mal der andere. Also wird das Klettern gestoppt, um einen Sicherungshaken einzuschlagen und das Seil einzuhängen. Dafür muss genügend Zeit und ein sicherer Standort vorhanden sein. Danach kann der nächste Zyklus des Kletterns beginnen, nicht anders als beim ersten Schritt, aber auf einem höheren Niveau. Zyklen sind notwendig, um verbrauchte Energie wieder aufzutanken oder um aufgebaute Ordnung wieder abzubauen, da beides nicht unbegrenzt fortgesetzt werden kann, ohne gegen Gesetze der Physik zu verstoßen.

Auf jeder Stufe ändert sich die Information des Kletterers, sowohl die innere seines Körperzustandes als auch die äußere des Standortes.

Der Wechsel der Sicherungsposition ist eine spieltheoretische Aufgabe mit einer alles-oder-nichts-Entscheidung bei Erreichung eines Schwellenwertes. Der Bergsteiger befindet sich stets in einem Dilemma: er muss die sichere Position verlassen, wenn er sein Ziel erreichen will, andererseits erreicht er sein Ziel ebenso wenig, wenn er abstürzt, weil er die sichere Position verlassen hat. Die Erfolgsstrategie ist also nicht die Direttissima, sondern der räumliche Zickzack-Kurs zur jeweils nächsten sicheren Position oder der zeitliche Zickzack-Kurs sicherklettern oder stop-and-go. Der Grund dafür ist die notwendige Aneignung von Information aus der Umwelt sowie aus der eigenen Systemkonfiguration zur Bestimmung des nächsten und am besten geeigneten Kletterabschnitts. Es ist also nichts anderes als eine Evolutionsstrategie mit - in diesem Fall richtungs- und zielgerichteter - Variation und Selektion.

In der Zielbestimmung steckt eine Bedingung: für den kognitiven Bergsteiger ist der Gipfel mit einem überwältigenden Ausblick das Ziel, dem physisch-biologischen Kletterer geht es um die Überwindung der Schwerkraft, damit der emotionalen Überwindung der Angst und der körperlichen Überwindung der Gefahren durch Aktivierung aller verfügbaren Ressourcen. Letztlich wirken positive Gefühle wie das Gefühl der Selbstbestätigung als Belohnung und als Motivation für die Anstrengung und für den nächsten Trip.

Die Natur kennt keine bestimmten Ziele, aber sie hat Richtungen, die von der Bewegung des Universums und den Naturgesetzen vorgegeben sind.

Es sind die Kräfte und die Erhaltungssätze der Physik und es ist die Entropie als Zunahme von Unordnung im Universum, die auf jedes System zu jeder Zeit einwirken. Kein System ist vollständig isoliert von seiner Umgebung, nimmt Energie, Reize und Informationen aus der Umgebung auf. Da die verschiedenen Kräfte als Anziehung oder Abstoßung entgegengesetzt gerichtete Wirkung, sowie unterschiedliche Stärken und Reichweiten haben, können sich bei Überlagerung Kräftegleichgewichte als temporär stabile Zustände bilden. Der Wille und die Körperkraft des Bergsteigers wirkt der Schwerkraft entgegen. Die leichteren Atomkerne bilden einen äußerst stabilen Gleichgewichtszustand, der nur durch Aufwendung hoher Energien beseitigt werden kann. Das ist das Prinzip der Kernkraft und der Atombomben. Die Atomhüllen aus Elektronen bilden schwächere Gleichgewichtszustände und somit die Grundlagen der Chemie und des Lebens. Jedes Molekül ist bereits eine Form von Selbstorganisation und Stabilität im Kräftegleichgewicht.

Gleichgewichtszustände benötigen kybernetische Rückkopplung von Information, vom Ausgang des Systems zum Eingang. Der Thermostat ist das bekannteste Modell dafür. Physikalische Systeme im Gleichgewichtszustand brauchen eine Energiequelle zur Erhaltung des Zustandes. Selbstorganisation bedeutet periodische Übergänge zwischen Stabilität und Instabilität, hervorgerufen durch Aufbau und Abbau von Energie oder Ordnung. Zustandsübergänge können als Störung des Gleichgewichts von außen oder von inneren Prozessen induziert sein. Die Phasen der Instabilität können in Chaos münden, wenn Information und Redundanz nicht ausreichend sind, wenn keine Selektionsmöglichkeit oder kein Pfad zu einem quasi stabilen Zustand vorhanden ist.

Aus struktureller Redundanz kann sich Komplexität bilden, als Folge von Varianz und Divergenz ursprünglich gleichartiger Teile infolge Interaktionen mit unterschiedlichen Umwelten und untereinander. Aus einer einzigen Eizelle und unzähligen Teilungen in gleiche Tochterzellen entstehen die Lebewesen wie auch der Mensch mit mehreren hundert verschiedenen Zelltypen. Daraus ergeben sich Komplexität durch kombinatorische Vielfalt und hierarchisch gegliederte Strukturen durch Interaktionen. So können sich eineiige Zwillinge im Verlauf unterschiedlicher Lebensläufe immer unterschiedlicher werden und sich gerade dadurch gegenseitig ergänzen. Die Entstehung und Erhaltung von Komplexität gilt als eines der großen Rätsel in allen Wissenschaften, weil komplexe Systeme durch Kontingenz, Individualität und Historie, sowie durch scheinbare Zweckmäßigkeit charakterisiert sind.

Selbstorganisation ist kein mystisches oder geheimnisvolles Phänomen, sondern eine logische Folge der bekannten Naturgesetze.

Offensichtlich können komplexe Strukturen temporär stabile Zustände oder Gleichgewichtszustände erreichen, anders wäre Selbstorganisation nicht möglich. Die Grundlage dafür liefern die einfacheren stabilen Strukturen sowie die interagierende Umwelt mit Energie, Information und Redundanz. Das sind Strukturierungs- und Deutungskonzepte des Menschen - als Gesetzmäßigkeiten der Natur oder der Welt - auf der Grundlage seines Wahrnehmungs- und Denkvermögens. Hierin liegt die Reflexivität oder Selbstreferentialität sowohl des Solobergsteigers als Bewusstsein der Eigenexistenz, wie definitionsgemäß auch aller selbstorganisierender Systeme aus der Perspektive des Beobachters.

Information gründet auf der Wahrnehmung von Differenzen, zum Beispiel unterschiedliche Farben, dank der Vermögen unserer Sinnesorgane, die auf Differenzen von außen differenziert reagieren. Unterschiedliche Differenzen als Wirkungen der Naturkräfte bilden die Grundlage für das Erkennen von Strukturen oder Ordnungen als Information. Das Zusammenspiel von unveränderlichen und veränderlichen Strukturen, von Zuständen und Ereignissen, formt unser Weltbild. Die Welt ist das, was wir wahrnehmen und wie wir die Wahrnehmungen aus Erleben und Erfahrung deuten. Wer farbenblind ist, sieht die Welt anders, aber die Mehrzahl sieht die Welt sehr ähnlich.

Es gibt keine objektive, vom Bewusstsein unabhängige Welt. Über die Verfügbarkeit und Redundanz verschiedener Sinnesmodalitäten und über die Fähigkeit der Kommunikation miteinander können wir die wahrgenommene Welt über die Sprache vergleichen und objektivieren und uns stufenweise durch bootstrapping, sowohl als individuelle wie als kollektive Entwicklung, ein zunehmend reichhaltigeres und zuverlässigeres Bild von der Welt machen.

Selbstorganisation und Bootstrapping ist Evolution. Die Lösung des Henne-Ei-Dilemmas ist Evolution in Form eines Bootstrappingprozesses mit Variation und Selektion von Stufe zu Stufe. Die Stufen müssen nicht - und können meist nicht - horizontal und vertikal aufeinander stehen, sondern werden abwechselnd flach und steil, in Schüben verlaufen. Henne und Ei bilden ein System in einer periodischen Abfolge von Gleichgewichtszuständen als Henne und unterbrechungsfreien Übergängen zur nächsten Generation als Ei, analog einem Solobergsteiger in der Abfolge von Sichern und Klettern. Innere und äußere Information sowie Redundanz sind Parameter für Variation und Selektion. Ein Kleinkind erlernt die Muttersprache

anhand von Sprachlauten und Mundbewegungen der Eltern, Zeigegesten, Spielsachen und Bilderbüchern sowie der auditiven Rückkopplung der gesprochenen Wörter. Anhand der bereits gelernten Wörter lernt es auf einer höheren Stufe neue Wörter, einfache Sätze und stufenweise die Sprache.

Das Paradox der Selbstorganisation ist, dass das menschliche Bewusstsein ein Produkt der selbstorganisierenden Nervenzellen ist, dieses Bewusstsein jedoch die Selbstorganisation für menschliche Gesellschaften zunichte macht, weil es Zukunft selber bestimmt und vorwegnimmt, damit aber ausgerechnet dem Chaos den Weg bahnt. Daher bedürfen menschliche Gesellschaften einer fixierten Organisation mit Regeln, um das Chaos zu vermindern oder zu verhindern. Zielstrebigkeit und Erfolg sind charakteristische Werte der westlichen Erziehung und Bildung. Ist die westliche Kultur also vielleicht Selbstbestätigung und Selbstzweck, Ursache und Wirkung in einem, um die eigentliche und dem Bewusstsein ausgesetzte Ziel- und Sinnlosigkeit des Lebens besser ertragen zu können?
