

Der Belousow-Zhabotinsky-Attraktor. Eine kleine Geschichte zum Logo der Zeitschrift systeme

Guido Strunk und Günter Schiepek

Es gibt so einiges, woran wir Nicht-Naturwissenschaftler (man verzeihe uns das den Leser und die Leserin einbeziehende “wir”) uns gewöhnt haben. Wer weiß schon wirklich, warum ein Flugzeug fliegt oder wie ein Nachrichtensprecher in den Fernseher und der Strom in die Steckdose kommt? Wissenschaftliche Entdeckungen lassen sich nach ihrer Wirkung auf Laien und Fachleute in verschiedene Kategorien einteilen. Eine Kategorie, die der Alltäglichkeiten, wurde schon erwähnt. Eine andere findet sich in Tageszeitungen unter “Aus aller Welt”, füllt zehn Zeilen, in denen zu erfahren ist, daß es - weitere Forschung vorausgesetzt - möglich wäre, Solarzellen auf rein pflanzlicher Basis herzustellen, “Sustainable Development”, sehr günstig und biologisch abbaubar, gäbe es da nicht noch das Problem, daß sich die Dinger nach ca. zwei Stunden Betriebszeit ganz plötzlich von alleine biologisch abbauen. Das geht noch beide an, den Fachmann und den Laien. Und direkt gegenüber der “Das hätte meine Großmutter auch schon gewußt”-Kategorie, gibt es eine, in die Entdeckungen fallen, die nur noch den Fachmann staunen lassen. Wenn sich ein Laie da noch wundert, dann über den begeisterten Forscher. Ein solcher Forscher war Boris Pawlowitsch Belousow. Er entdeckte eine - in seinen Augen - recht interessante chemische Reaktion, die weder Kollegen noch Laien interessierte. Damit erging es ihm so wie 30 Jahre zuvor William Bray mit ähnlichen Experimenten. Die Ergebnisse seiner Forschungsbemühungen seien nicht möglich und wahrscheinlich das Ergebnis mangelhafter Versuchsbedingungen, nämlich schlecht geputzter Reagenzgläser, lautete der abwertende Kommentar der Scientific Community.

Was da nach Meinung aller Fachkreise nicht möglich sein konnte, erscheint heute in einem ganz anderen Licht, je nach Standpunkt des Betrachters. Aus dem Chemieunterricht der Schulzeit hat wohl jeder eine mehr oder minder konkrete Vorstellung von chemischen Reaktionen: Man gießt eine Flüssigkeit zu einer anderen, wählt einige Gramm von diesem und mengt ein wenig von jenem Pulverchen bei, erhitzt das Ganze und wenn man alles richtig gemacht hat, ändert sich die Farbe der Flüssigkeit, knallt es, brodeln oder stinkt es (meistens beides), oder brennt ein Labor ab. Belousows Reaktion führte zu einer “farbig oszillierenden Flüssigkeit”. Regelmäßig, wie eine Uhr, wechselte die Mischung im Reagenzglas die Farbe, von völlig farblos zu gelb. “Was ist daran so besonders?” würden wir vielleicht fragen, und ein Kollege Belousows hätte wohl geantwortet: “Nichts, es ist nämlich gar nicht möglich.” Heute findet sich die Reaktion in jedem Artikel über Chaosforschung und Selbstorganisation mit dem Hinweis, daß alles, was in der Natur

wirklich interessant sei, nach solchen Prinzipien funktioniere. So unterschiedlich können die Einschätzungen über Farboszillationen in Flüssigkeiten sein.

Was aber zeichnet die verschiedenen Perspektiven aus? Warum der Streit der Fachleute? Er hat mit der Entdeckung der Zeit für die Naturwissenschaften zu tun. Denkt man die Gesetze der klassischen Mechanik bis in die letzte Konsequenz zu Ende, so gibt es genau genommen keine Zeit. Zeit, wie sie jeder Mensch im Erleben von Wachsen und Werden kennt, aber auch als Vergänglichkeit, als nagenden "Zahn der Zeit", existierte für viele Physiker nicht. Sie löst sich zu einer Illusion auf, wenn es gelingt, zu leugnen, daß etwas überhaupt vergänglich sein oder etwas wirklich Neues entstehen kann. Dieses Leugnen der Zeit ist physikalisch gar nicht so schwer, wie es zunächst erscheinen mag. Wenn jedes Ereignis eine kausale Folge vorheriger Ereignisse ist, so bleibt kein Platz für freien Willen, für die Entstehung von wirklich Neuem. Alles ist in einer - wenn auch sehr langen - Kausalkette vom Urknall bis heute und in alle Ewigkeit festgelegt. Und da diese Kette niemals reißt, gibt es auch keine Vergänglichkeit. Da jedes Ereignis nach unveränderlichen Naturgesetzen kausale Folge einer Ursache ist, ist jedes Ereignis nach den gleichen Gesetzen reversibel. Noch Einstein hält sich an diese Vorstellung, wenn er 1955 zum Tode seines lebenslangen Freundes und Vertrauten Michelangelo Besso bemerkt, daß der Tod nicht endgültig sein könne, "denn für uns überzeugte Physiker ist die Unterscheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur eine Illusion, wenn auch eine hartnäckige." Diese Auflösung der Zeit zu einer Illusion kann man mit einem Kino-Film vergleichen, der vorwärts und rückwärts vorgespielt gleich plausibel erscheint. Für einfache mechanische Vorgänge trifft dies tatsächlich zu. Ineinandergreifende Zahnräder und Hebel erscheinen vor und rückwärts laufend gleichermaßen logisch und richtig. Dem gegenüber standen bald die Gesetze der Thermodynamik. Tatsächlich ist es ja so, daß entgegen dem Dogma der Energieerhaltung, eine Uhr stehenbleibt, wenn man sie nicht aufzieht. Alle Prozesse verlieren beständig an Energie, ohne daß diese tatsächlich verloren gehen kann. Da niemals ein physikalisches Gesetz wirklich aufgegeben wird, stellte man dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik, der die Energieerhaltung postuliert, einen zweiten Hauptsatz zur Seite: Jede Bewegung verbraucht die ihr mitgegebene Energie, indem sie sie umwandelt in für sie unnütze Energie, z.B. durch Reibungsverluste in Wärme. Die so in die Physik eingeführte Zeit läßt sich einfach zusammenfassen mit dem Satz: Alles bleibt einmal stehen.

Aber eben dies geschieht bei der von Belousow beobachteten chemischen Reaktion nicht. Etwas reagiert, erzeugt damit eine neue Verbindung, die die Flüssigkeit gelb färbt, überlegt es sich dann anders, macht die gesamte Reaktion rückgängig und fängt dann unverzagt von vorne an. Dachten sich die Naturwissenschaftler der klassischen Mechanik die Welt als ewiges komplexes Uhrwerk, und die der Thermodynamik als Zerfall von Komplexem zu immer Einfacherem und schlußendlichem Stillstand, so nimmt Belousows Reaktion den umgekehrten Weg, von der einfachen Konstanz zur komplexen Bewegung. Aber auch das gilt natürlich nur, solange der (Energie)-Vorrat reicht.

Es handelt sich hier um ein Phänomen der Selbstorganisation. Wirken nämlich in einem System viele Variablen (mindestens drei) auf nichtlineare Weise zusammen, und besitzt das System eine Umwelt, die ihm wohlgesonnen ist, d.h. mit genügend Energie versorgt, so wird es sich selbstorganisiert verhalten können. Das klingt ein wenig undurchsichtig und ist auch tatsächlich nicht leicht nachzuvollziehen; zu sehr denken wir noch im Weltbild der klassischen Mechanik. Eine Pflanze zum Beispiel benötigt zu ihrer Evolution eine solch wohlwollende Umwelt, die sie mit der nötigen Energie (z.B. Sonnenlicht) versorgt. Diese Umwelteinflüsse legen jedoch nicht fest, wie aus einem Keim ein Gänseblümchen wird, sie schaffen nur die Bedingungen dafür, daß das Pflänzchen nicht dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik anheim fällt. Die Pflanze organisiert sich selbst: aus ihr selbst heraus entsteht Neues. Dies gelingt ihr aber nur, weil sie nicht aus einfacher trivialer Mechanik aufgebaut ist. Das Zusammenwirken der Zellen und deren Bestandteile ist nichtlinear gekoppelt.

Heute gilt die von Belousow entdeckte chemische Reaktion als ein Paradebeispiel für Selbstorganisation. Er starb jedoch 1970, neun Jahre vor der Anerkennung seiner Entdeckung durch ein weltweites wissenschaftliches Gutachten. Zu der Anerkennung hatten vor allem Arbeiten von Anatoli Zhabotinsky beigetragen, der 1960 begann, die Untersuchungen von Belousow weiterzuführen. Inzwischen lassen sich fast schon Bibliotheken mit Arbeiten über diese und ähnliche chemische Reaktionszyklen füllen. Viele später entwickelte Varianten werden unter dem Namen "Belousow-Zhabotinsky-Reaktionen" (kurz BZ-Reaktionen) zusammengefaßt. An diesen Reaktionszyklen sind bis zu 30 chemische Reaktionen beteiligt. Einige werden durch Licht zur Selbstorganisation angeregt. Wird die Anregung groß genug, so kann das Verhalten seine Komplexität weiter steigern und chaotisch werden. Solch chaotisches Verhalten ist die komplexeste Form von Ordnung, die sich Physiker heute vorstellen können. Nur auf den ersten Blick erscheint das Verhalten bizarr und wie vom Zufall bestimmt. Bei genauer Betrachtung kann es jedoch als hochgeordnete und klare Gestalt erkennbar werden. Dies gelingt, wenn man das zeitliche Verhalten der Systemvariablen in einem sog. Phasenraum gegeneinander aufträgt. Die so erzeugten Graphiken zeigen eine einfache und doch komplexe Gestalt, in der das gesamte selbstorganisierte Systemverhalten auf einen Blick erkennbar wird. Ein solches Bild für die Belousow-Zhabotinsky-Reaktion ist das Emblem der *systeme*. Es ist eines der schönsten bekannten Phasenraumbilder und es entsteht bei einer chemischen Reaktion, die prototypisch ist für das Phänomen der Selbstorganisation, für komplexe, nichtlineare Systeme, die in einer "wohlgesonnenen" Umwelt existieren. Es steht ebenso symbolisch für die Entstehung von Neuem, für Entwicklung von komplexer Ordnung aus einfachen Strukturen.

Aus diesem Grund erschien uns der BZ-Attraktor besonders geeignet, auch für persönliche und psychotherapeutische Entwicklungsprozesse als Symbol zu dienen. Systemische Praktiker und Praktikerinnen sind schließlich Entwicklungskatalysatoren in unterschiedlichen Anwendungsfeldern.

Da "seltsame" Attraktoren wie eben der BZ-Attraktor auf dem Logo der Zeitschrift *systeme* aus dem gemessenen oder computersimulierten Verhalten komplexer

Systeme rekonstruiert werden, steht das Logo auch für eine empirisch-wissenschaftliche Orientierung der Systemischen Therapie. Es macht deutlich, daß sich die Grundlagen systemischer Praxis nicht in konstruktivistischen Bekenntnissen erschöpfen, sondern in einer empirischen Systemwissenschaft, konkret in der Anwendung der Chaostheorie, der Synergetik und anderer Selbstorganisations-theorien bestehen.

In diesem Sinne steht die Zeitschrift *systeme* für eine interdisziplinäre wissenschaftliche Orientierung mit konkretem Praxisbezug. Dies war Idee und Anspruch, als Ende der 80er Jahre das Konzept und das Outfit der Zeitschrift neu gestaltet werden sollte. Seit 1991 liegt die Zeitschrift mit neuer Umschlaggestaltung mit dem BZ-Logo vor. Die neue Konzeption - damals realisiert durch das Redaktionsteam Brandl-Nebehay, Klammer, Rössler, Schiepek, Steiner und Wolf - lag damit im Trend einer umfassenden Aufbruchsstimmung in Richtung Empirie und Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme, die seit den 80er Jahren vielerorts und in vielen Kontexten zu spüren war. So diente der BZ-Attraktor beispielsweise auch als Logo auf den Programmheften der Herbstakademien zum Thema Selbstorganisation in Psychologie und Psychiatrie, die im Jahr 1990 an der Universität Bamberg begannen und seitdem zu einer regelmäßigen Einrichtung wissenschaftlichen Austauschs wurden. Daß der BZ-Attraktor hier und dort auftauchte, war natürlich kein Zufall - Günter Schiepek hatte ihn sowohl für die *systeme* als auch für die Herbstakademie-Programmhefte ausgesucht. Die Abbildung entstammt übrigens dem 1987 erschienenen Buch von G. Nicolis und I. Prigogine mit dem Titel "Die Erforschung des Komplexen". Im Jahr 1993 erschien der BZ-Attraktor auch auf dem Programmheft des "Philosophischen Meisterkurses" in Bamberg zum Thema "Philosophie der Zeit" - wie passend. In Ausschnitten und in Variationen ist er auch auf den Programmheften der ÖAS-Tagung "Tanz an der Grenze" zu finden.

Bleibt zu hoffen und zu wünschen, daß der BZ-Attraktor auch in den nächsten zehn Jahren Symbol für Qualität, Wachstum und Erfolg der ÖAS und der Zeitschrift *systeme* bleibt.

Guido Strunk und Günter Schiepek
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Rosenstraße 9
D-48143 Münster