

Volker Herzog

Die Natur organisiert sich selbst

Molekulare Selbstorganisation der belebten Welt

Einleitung

Seit vielen Jahrhunderten bestaunen die Menschen den Vogelzug, ein Phänomen, das fast überall auf der Erde vorkommt und weltweit rund 50 Milliarden Zugvögel erfasst, davon etwa 5 Milliarden in Europa (Berthold, 2008). Die meisten Vogelarten reisen allein, einige im lockeren Verband und ein kleinerer Anteil im Schwarm. Wenn sich im Herbst die Stare auf die Reise in ihr wärmeres Winterquartier begeben, beeindruckt ihre Schwarmbildungen, wobei wir oft Unvergleichliches beobachten können: Die Vögel sammeln sich am Boden und fliegen auf als riesige Gemeinschaft, bestehend aus mehreren tausend bis zu einer Millionen Individuen. Sie bewegen sich am Himmel, als führten sie einen einstudierten Tanz auf, obwohl ein äußerlich sichtbarer Choreograf fehlt. Das „fliegende Ballett“ beginnt mit lockeren, scheinbar ungeordneten Ansammlungen, die sich unvermittelt zu einer Wolke verdichten, Tornado-ähnliche Wirbel bilden, Pirouetten drehen, sich plötzlich wieder ausbreiten und das Spiel in zahlreichen Variationen erneut beginnen können. Das Verblüffende an diesen Flugformationen sind ihre raschen Richtungs- und Formwechsel und die Präzision der Bewegungen, in denen alle Individuen eines Schwarmes synchronisiert erscheinen. Der Beobachter fragt sich unwillkürlich: Wie bringen die Vögel das zuwege? Schwarmverhalten kennen wir auch bei Fischen, Fledermäusen und Insekten. Die Leistungsfähigkeit dieser Tiergesellschaften ist beeindruckend und ein für jedermann beobachtbares Phänomen. Schwarmtheorien zufolge entscheidet der Zufall über diese Flug- und Formänderungen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Schwärme selbstorganisierende Systeme sind und bestimmten Regeln unterliegen.

Phänomene der Selbstorganisation kennen wir auch im mikroskopischen Bereich bei der Bildung von Molekülkomplexen, der Organisation von Zellen und ihren Wechselwirkungen im Organismus. Wir gehen davon aus, dass auch die ersten Zellen, der Ausgangspunkt des Lebens auf der Erde, aus Selbstorganisationsprozessen hervorgegangen sind (Herzog, 2010). Molekulare Selbstorganisation der Zelle ist ein Grundphänomen, das in seiner Bedeutung erst in jüngerer Zeit erkannt wurde. Weil es sich um Wechselwirkungen zwischen den Molekülen einer Zelle handelt, sprechen wir von *Molekularer Selbstorganisation*. Viele Experimente und Beobachtungen zeigen, dass die formgebende und gestaltende Entwicklung eines Systems von dessen Elementen selbst ausgeht und die Materie das aktiv-Handelnde ist. Die Materie verfügt offensichtlich über Informationen zur Bildung komplexer Strukturen. Das betrifft die Mehrheit der molekularen Vorgänge in der unbelebten und der belebten Natur und diese erscheinen deshalb determiniert zu sein. Die Erkenntnis, die Natur organisiere sich selbst, ist das Herzstück unseres Verständnisses von Entstehung und Erhaltung des Lebens und Gegenstand dieses Textes.

Eine kurze Geschichte der Selbstorganisation

Möglichkeiten einer Selbstorganisation der Natur wurden erstmals im 18. Jahrhundert in Philosophie, Physik, Astronomie, Chemie, Biologie und Medizin erwogen. Immanuel Kant (1724–1804) hat in seinem 1790 erschienenen dritten Hauptwerk „Kritik der Urteilskraft“ die Lebensentstehung als Emergenz von Strukturen und Funktionen durch Selbstorganisation beschrieben. Er war der Urheber des Ausdrucks „Selbstorganisation“ und einer der Ersten, die postulierten, dass das Leben der komplexe selbstorganisierte Endzustand der Entwicklung von der unbelebten zur belebten Welt sei (van de Vijver, G, 2006). Er führte den Begriff zur Unterscheidung zwischen Organismen und mechanischen Maschinen ein: Ein Organismus ist im Gegensatz zur Maschine ein „organisiertes und sich selbst organisierendes Wesen“. Für diese fundamentale biologische Funktion setzte Kant eine „bildende Kraft“ voraus. Friedrich Wilhelm Joseph Schelling (1775–1854), Philosoph, Naturwissenschaftler und Hauptvertreter des Idealismus, ging noch einen Schritt weiter, indem er mit der Kenntnis neuer Forschungsergebnisse den Be-