

Liebe Freunde!

Der eindringliche Aufruf "Möbius darf nicht sterben" ist für mich der Anlaß, trotz chronischen Zeitmangels das zu tun, was ich schon seit längerem tun wollte: Meine an Grundsatzfragen interessierten Kollegen auf einige Gedankengänge hinzuweisen, über die nachzudenken meiner Ansicht nach lohnend sein kann.

In diesem "Möbius" ein erstes Thema:

Entropie, selbstorganisierende Systeme und ein anderer Gesichtspunkt

Vor wenigen Jahren wurde ich mit der Aussage konfrontiert, daß es Systeme gibt, für welche der gut bekannte Satz "In einem realen abgeschlossenen System sind nur Veränderungen möglich, welche die Entropie des Gesamtsystems erhöhen" nicht gilt. Es handelt sich um "selbstorganisierende" Systeme. Ich möchte sie als "lebende" Systeme bezeichnen, da alles Leben ein Prototyp für das ist, was man mit der klassischen Thermodynamik nur sehr begrenzt beschreiben kann. Denn aus dem Ei wird ein Kücken und dieses besteht aus derart speziell angeordneten Atomen, daß sich rechnerisch wegen des hohen "Ordnungsgrades" (wenn man "Entropiezunahme" als "Erhöhung der Unordnung des Systems interpretiert) ganz bestimmt beim Kücken eine wesentlich geringere Entropie als beim Ei ergeben würde, so argumentierte man.

Nachdem sich der belgische Chemie-Nobelpreisträger Prigogine bereits eingehend und vor allem quantitativ mit "selbstorganisierenden" Systemen beschäftigt hat, möchte ich mich auf ein paar grundsätzliche Bemerkungen beschränken:

Das Grundsätzliche an selbstorganisierenden Systemen erscheint weder neu, noch in einem rechten Widerspruch zur Thermodynamik, wenn man sich darauf besinnt, daß die Entropie mit der Wahrscheinlichkeit gekoppelt ist: $S = k \cdot \ln W$, oder besser: $\Delta S = k \cdot \ln \frac{W_2}{W_1}$, und W_1 sind dabei die Wahrscheinlichkeiten der beiden Zustände, deren Entropiedifferenz man berechnet. Das Pendant zu

oben zitiertem 2. Hauptsatz wäre demnach der Satz, daß in einem abgeschlossenen System derart nur Veränderungen stattfinden, die zu einem "wahrscheinlicheren" Zustand führen.

Dieser letzte Satz scheint mir generell, also auch für "lebende" Systeme, gültig zu sein. Ich sehe ihn als das "übergeordnete" Prinzip, aus welchem der Satz von der Zunahme der Entropie reduziert wurde. Würde man dieses als "2. Hauptsatz der Thermodynamik" betrachten dann gäbe es keinen "Widerspruch", auch im Falle der selbstorganisierenden Systeme.

Zur Begründung, warum ich die Wahrscheinlichkeit als den "übergeordneten" Begriff betrachte:

"Wahrscheinlichkeit" ist eigentlich ein höchst philosophischer Begriff, der durch sein prinzipielles Wesen für alle Bereiche des Lebens und der Naturwissenschaften Gültigkeit hat. Den Begriff "Wahrscheinlichkeit" sehe ich als Produkt des menschlichen Wunsches zur Aufrechterhaltung der Kausalität. Genauso, wie das Begriffspaar Kraft/Inertialsystem eine Hypothese (Annahme) ist, die in die Bewegung der Materie die Kausalität einführt (wir sehen "Kräfte" als "Ursache" für die beobachteten Bewegungen an), so ist auch das Begriffspaar Wahrscheinlichkeit/Wahrscheinlichkeitsraum eine Hypothese (die zugrunde liegende "Wahrscheinlichkeit" sehen wir als "Ursache" für die beobachteten Häufigkeitsverteilungen).

Der Unterschied ist nur, daß die Kraft/Inertialsystem-Hypothese auf die

Systeme der klassischen Mechanik mit vollständig definiertem Anfangszustand anzuwenden ist, während sich die Wahrscheinlichkeit/W.-raum-Hypothese auf Systeme mit nicht vollständig definierten Ausgangszustand bezieht, mag der Ausgangszustand in den Begriffen, in denen man ihn beschreiben will, nun prinzipiell undefinierbar (Ort und Impuls von Quanten) oder nur unbekannt sein (Würfel in der Hand des Spielers).

Wie man aus den beobachteten Vorgängen auf die zugrunde liegenden Kräfte bzw. Wahrscheinlichkeiten schließt, haben wir nicht erst auf der Hochschule gelernt. Und jeder weiß, daß häufiger das eintritt, welches wahrscheinlicher ist, ja es ist eben deshalb wahrscheinlicher, weil es häufiger eintritt.

Die letzte Bemerkung ist nicht ganz banal, zumindest hat sie Konsequenzen

(um nun zum "Roten Faden" zurückzukommen): Denn jeder weiß, daß es wahrscheinlicher ist, daß sich ein System von selbst vermehrt, das die Fähigkeit dazu hat, als daß es zerfällt. Ich meine konkret das DNS-Molekül, das aufgrund seiner Fähigkeit zur Selbstverdoppelung

und Selbstreparatur im Milieu seiner selbstgeschaffenen Umwelt (Zelle, Körper des Lebewesens, nähere Umwelt) ein selbstorganisierendes System darstellt, dessen Wert $k \cdot \ln W$ im allgemeinen positiv ist (W_1, \dots Wahrscheinlichkeit des Zustandes vor, W_2, \dots nach der Selbstverdoppelung) und zwar auch im Falle des Vorliegens eines abgeschlossenen Systems (Küken im Ei, eingepackt in Schaumstoff, der die Temperatur halten soll).

Würde man nun $\Delta S \equiv k \cdot \ln W$ auch im Falle selbstorganisierender Systeme definieren, so erhält man einen erweiterten Entropiebegriff, mit dessen Hilfe sich der wahrscheinlichste Werdegang auch komplexer "lebender" Systeme errechnen lassen sollte.



Rudolf Ziegelbecker

Literatur für Interessierte:

Ilja Prigogine / Isabelle Stengers:
„Dialog mit der Natur“ , Piper

Ilja Prigogine:
„Vom Sein zum Werden“ , Piper

(Empfehlung der Red.)