Aus: V. Becker H. Schipperges (Hrsg.)

Entropie und Pathogenese

Interdisziplinäres Kolloquium
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften

Mit 26 Abbildungen



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
Hong Kong Barcelona
Budapest
1993

Die Begriffe Entropie und Pathogenese beziehen sich auf verschiedene Systemebenen

BERNHARD HASSENSTEIN

Läßt sich das biologisch-medizinische Geschehen der *Pathogenese* durch die Anwendung des Begriffs der *Entropie* theoretisch erhellen? Ich möchte diese Frage mit Hilfe des Begriffs „Schichtenaufbau der Wirklichkeit" (Abschnitt A) und des Begriffspaares „Element und System" (Abschnitt B) behandeln.

Mein Ergebnis wird sein: Auf derjenigen Wirklichkeitsebene, auf der die Begriffe Pathogenese und Tod ihr adäquates Anwendungsgebiet haben, hat der Begriff der Entropie, weil auf einer anderen, weit tieferen Ebene gültig, keine Aussagekraft; er ist dort nicht „niveauadäquat" (siehe Abschnitt B), er „greift" nicht. Wir müssen für die theoretische Interpretation des Prinzips der Pathogenese einen anderen begrifflichen Ausgangspunkt finden, vielleicht einen neuen Begriff bilden.

A.

Zum Schichtenaufbau der Wirklichkeit gibt es zahlreiche Aussagen. Ich nenne drei herausragende Namen: Aristoteles, Goethe und Nicolai Hartmann.

Besonders differenziert ist der gedankliche Entwurf von Goethe: „... jene Tätigkeiten, von der gemeinsten bis zur höchsten, vom Ziegelstein, der dem Dache entstürzt, bis zum leuchtenden Geistesblick, der dir aufgeht und den du mitteilst,

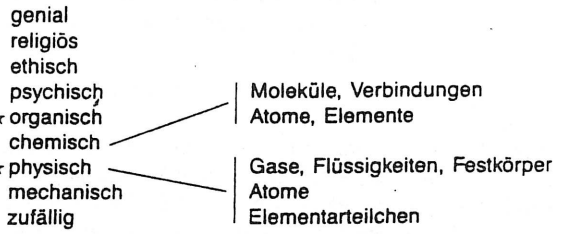


Abb. 1. *Links:* Die von Goethe skizzierten „Tätigkeiten" – so übereinander gezeichnet, daß sie „Seinsschichten" im Sinne einer philosophischen Schichtenlehre andeuten. *Rechts:* Weitere Aufgliederung zweier dieser Schichten, nachdem die Gesetzmäßigkeiten auf den Ebenen der Moleküle, Atome und Elementarteilchen zugänglich geworden sind. – Die beiden Markierungen an der linken Seite kennzeichnen die Ebenen, zu denen die beiden in diesem Beitrag erörterten Begriffe Pathogenese und Entropie gehören.

reihen sie sich aneinander. Wir versuchen es auszusprechen: zufällig mechanisch physisch chemisch organisch psychisch ethisch religiös genial."

Auf Abb. 1 (links) sind diese Begriffe in der von Goethe angedeuteten *vertikalen* Variationsrichtung aufgezeichnet.

Unsere heutigen Kenntnisse legen weitere Differenzierungen nahe. Zwei von diesen sind auf Abb. 1 rechts eingetragen.

- Die Differenzierung der *chemischen* Ebene in die der Atome („Elemente") und die der Moleküle („Verbindungen"); sowie
- die Stratifizierung der *physikalischen* in die unterste der Elementarteilchen („Elemente"), die mittlere der Atome und die höhere der Gase, Flüssigkeiten und Festkörper (Aggregationen und Systeme aus Atomen und/oder Molekülen).

B.

Ich frage nun nach den *Beziehungen* zwischen den übereinanderliegenden Schichten. Eine erste Antwort lautet: Die jeweils niedere Ebene erfaßt gedanklich die Elemente, die in der nächst höheren Schicht in Wechselwirkung miteinander treten, wodurch die für diese höhere Ebene kennzeichnenden „neuen" Eigenschaften sowie in vielen Fällen neue Einheiten („Individuen", Systeme) zustandekommen. Soweit diese Aussage zutrifft, ist jeweils die untere Ebene eine Element-Ebene für die nächsthöhere, die Systemebene. Diese aber kann wiederum die Element-Ebene für die nächste darüberliegende Ebene sein. Die Begriffe Element- und Systemebene gelten also nicht absolut, sondern sie bezeichnen Relationen: Eine Ebene ist Elementebene für die darüberliegende und zugleich Systemebene für die darunter befindliche.

Die Elemente der jeweils tieferen Schicht bilden *durch Wechselwirkungen* Systeme, vielfach neue „Einheiten", die über kürzere oder längere Zeit erhalten bleiben. Die Systeme zeigen Verhaltensweisen und Phänomene – „Systemeigenschaften" –, die den Elementen als isolierten Gegebenheiten nicht zukommen, aber durch deren Zusammenwirken zustandekommen und erklärbar sind. In manchen Fällen lassen sich Elementeigenschaften in der Systemebene nicht wiederfinden.

Ein Beispiel aus der Chemie:

- *Reines Natrium* ist bei Zimmertemperatur ein leichtes, weiches, brennbares Metall;
- *reines Chlor* ist ein gelbgrünes stechend riechendes Gas;
- *Natriumchlorid* aber, entstanden durch Verbindung und Wechselwirkung zwischen beiden Komponenten Natrium und Chlor, bildet durchsichtige Kristalle; es zeigt völlig andere Eigenschaften, die bei Na allein und Cl allein einfach nicht vorliegen, ja nicht einmal anklingen: Am Kochsalz ist nichts Metallisches zu erkennen; und die Farbe, also die Resonanz gegenüber Lichtstrahlen, ist anders als bei Chlorgas.

Die Kombination von Elementen zu Systemen durch Wechselwirkung kann also Erscheinungen hervorbringen, die beim tatsächlichen und gedanklichen Aufstieg

von Ebene zu Ebene neu auftreten. „Neu auftreten" heißt nicht, daß dies nicht *erklärbar* wäre oder sein könnte. Die Begriffe, die zur Erfassung der in diesem Sinne neuen Phänomene der jeweils höheren Schicht gebildet werden und gebildet werden *müssen*, finden dann aber auf der *Element*ebene keine Anwendung: Auf beziehungslos existierende Atome wie in Edelgasen oder in idealen Gasen lassen sich Begriffe der höheren Ebene wie Molekül, Kristall etc. nicht anwenden; dort entspricht ihnen (ihrer Bedeutung) nichts.

Um eine *abstrakte* Beschreibung für die Beziehungen zwischen Element- und Systemebene – gleich in welchem Bereich der Hierarchie – zu geben, formuliere ich das Prinzip der *Nicht-Reziprozität der Beziehungen zwischen Element- und Systemebene* und stelle es in Abb. 2 dar: Zwar sind – wenigstens im Idealfall –

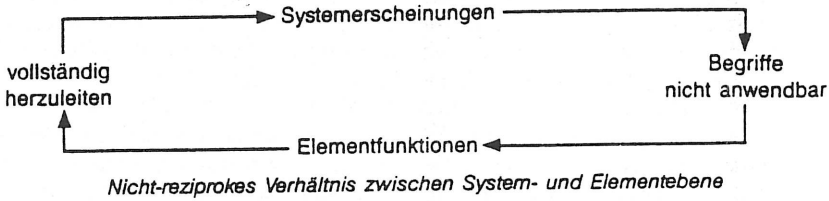


Abb. 2. Graphische Veranschaulichung der Beziehungen zwischen Element- und Systemebene.

die Erscheinungen der *Systemebene* von den Eigenschaften und Wechselwirkungen der *Elemente* lückenlos herzuleiten (Pfeile aufwärts); aber für die adäquaten *Begriffe der Systemebene* fehlen die Voraussetzungen für eine – ihrer Bedeutung gerecht werdende – *Anwendung auf der Elementebene* (Pfeile abwärts).

Für jede Ebene existiert eine eigene, niveauadäquate Terminologie (dies ist eine Ausdrucksweise von Erich von Holst, meinem wissenschaftlichen Lehrer). Ein Beispiel aus der Chemie und Atomphysik: Die für die Ebene von Molekülen niveauadäquaten Begriffe, z. B. kovalente Bindung oder Ionen-Bindung, finden keine Entsprechung auf der tieferen Ebene der Elementarteilchen; wenn sich aus diesen Atomkerne und Atome bilden, werden sie von ganz anderen Kräften beherrscht. Um es pointiert auszudrücken: Der Atomkern läßt sich nicht als *Molekül* aus Protonen, Neutronen und anderen Elementarteilchen verstehen.

C.

Auf welchen Seins- und Geschehensebenen sind nun die Leitbegriffe dieses Symposions *„Entropie"* und *„Pathogenese"* angesiedelt? Die Antwort (siehe Abb. 1) lautet: nicht auf derselben, sondern auf verschiedenen Ebenen.

- Der Begriff der *Entropie* (wie Energie, Temperatur, Gewicht) ist „niveauadäquat" angesiedelt auf Goethes Ebene der Physik;
- der Begriff der *Pathogenese* beschreibt Phänomene auf Goethes „organischer", also der biologischen Ebene.

Sofern diese Ebenen-Zugehörigkeit der Begriffe Entropie und Pathogenese den Tatsachen entspricht, wäre zu folgern, daß zwar Einflüsse von Entropie-Änderun-

gen im Rahmen von Vorgängen der Pathogenese eine Rolle spielen könnten, der Begriff der Pathogenese aber nicht auf den der (zunehmenden) Entropie *reduzierbar ist.*

D.

Anstatt dies *begrifflich* abzuhandeln, erörtere ich es anhand einer *Modellvorstellung* und wähle dazu die Zeichnung von B. Verbeek, die zum graphischen Symbol für das Symposion „Entropie und Pathogenese" gewählt wurde (Abb. 3): Ein wasserstromgetriebenes Mühlrad ist nicht fest in einem Achslager montiert, sondern lagert mit 2 Rädern, die auf seine Achse aufgeschoben sind, auf den Begrenzungsmauern des von rechts oben nach links unten gerichteten Wasserstroms. Die Schaufeln ragen unten in das fließende Wasser. Wenn das Rad dadurch in Drehung versetzt wird (siehe den kleinen Pfeil am rechten Außenrand!), so rollt es wie auf Schienen gegen das Gefälle nach rechts *oben*. Dadurch wird potentielle Energie gewonnen und gespeichert, die – letztlich – dem *Abwärts*strom des Wassers entstammt. Diese Modellvorstellung veranschaulicht die Aussage: Aufwärtsbewegung durch Abwärtsstrom ist möglich.

Dies ist ein sehr einfaches mechanisches Beispiel. Entsprechendes spielt sich im elektrisch betriebenen Kühlschrank ab; und auch im Stoffwechsel der Organismen wird aus dem Abbau und der Verbrennung von energiehaltigen Stoffen (Nährstoffen) ein Anteil von Energie gewonnen, der zum Aufbau anderer energiehaltiger Körpersubstanzen verwendet und dadurch gespeichert wird. Diese Möglichkeit widerspricht keinem der Hauptsätze der Physik, also auch nicht dem

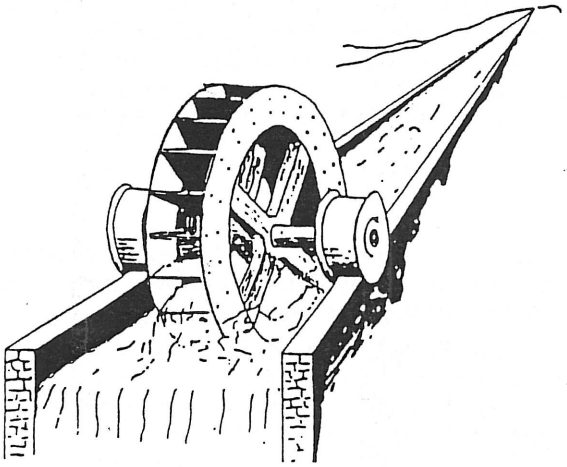


Abb. 3. B. Verbeeks gegen die Strömung bergauf rollendes Schaufelrad. Erklärung siehe Text (aus Verbeek 1990).

„Zweiten Hauptsatz", der vom *Ausgleich* von Potentialunterschieden in abgeschlossenen Systemen handelt.

Das Gemeinsame am Verbeekschen Schaufelrad, am elektrisch betriebenen Kühlschrank und am Energie- und Baustoffwechsel der Organismen ist dies: Durch bestimmte „konservative" Strukturen wird das im Ganzen zum *Ausgleich* von Potentialunterschieden tendierende physikalische Geschehen so gelenkt, daß aus dem Substanz- oder Energiestrom ein Teil der Energie „abgezweigt", „gewonnen" und gespeichert wird; in demjenigen *Teil*bereich des Geschehens, in dem dies geschieht, *nimmt* daher die Entropie *ab*: Es erfolgt „Entropie-Ausfuhr". (Im *Gesamt*geschehen nimmt die Entropie natürlich zu). Die als Beispiele herangezogenen Systeme haben zwei einander zugehörige dynamische Eigenschaften: Sie laufen (als Teilsysteme) dem *allgemeinen* Strom der Entropie*zunahme entgegen*; und sie zehren dabei von diesem allgemeinen Strom und gewinnen aus ihm ihre zur „Gegen-Entwicklung" nötige Energie. (Hierzu noch ein weiteres, in diesem Zusammenhang von Verbeek angeführtes Beispiel: Durch Verwendung der Energie des Windes kreuzen Segelschiffe *gegen* die Richtung des Windes.)

Durch diese Erörterung sollte deutlich werden, in welcher Hinsicht Verbeeks Schaufelrad das Modell einer für den Lebensprozeß konstitutiven Eigenschaft darstellt: Der auf Abb. 3 dargestellte *mechanische* Aufbau ist das Modell-Äquivalent für die zellulären und biochemischen Substanz- und Strukturvoraussetzungen, die dort den „Entropie-Export" möglich machen. *Pathogenese* ist dann – zumindest zum Teil – gleichbedeutend mit einer Schädigung dieser Strukturen. Sofern dies zutrifft, ließe sich Verbeeks Gedankenexperiment folgendermaßen „in Richtung Pathogenese" fortsetzen:

Das Schaufelrad würde nach und nach seine entscheidende Modell-Eigenschaft verlieren, wenn seine Platten – z. B. durch Korrosion – ihre Festigkeit verlören, biegsam würden, teilweise abbrächen oder Löcher bekämen; bei einer Häufung dieser Mängel würde dann schließlich das Schaufelrad mit der Stromrichtung abwärts rollen. Ich stelle nun die Frage: Wäre diese Beeinträchtigung des Verbeekschen Schaufelrades durch Strukturveränderungen ein Modell für Pathogenese? Ein, wenn man es mathematisch formulierte, notwendiges? Oder ein hinreichendes? Oder kein hinreichendes? Ich versuche keine Antwort, sondern formuliere folgenden Schlußgedanken:

Falls das Verbeeksche Schaufelrad eine notwendige Einzelbedingung des Lebens *hinreichend* wiedergäbe, dann könnte sich ein physikalisch oder mathematisch formalisierter Begriff, der den *Grad der Funktionsfähigkeit* eines solchen Systems quantitativ angibt, womöglich als die von Wilhelm Doerr gesuchte *begriffliche Basis* für eine Theoretische Pathologie eignen. Der Begriff der *Entropie* dagegen enthält, wie man ihn auch formuliert, nach meiner derzeitigen Einsicht keinen Ansatzpunkt, keine „Valenz", um gerade diese gesuchte Eigenschaft quantitativ auszudrücken. Er steht in Goethes Sphären-Hierarchie zu tief. Die hiermit angeregte Suche nach einem neuen Begriff wäre, meine ich, des Schweißes der Edlen wert.

Literatur

Goethe JW von Weimarer Ausgabe, Naturwiss Schriften, Band 5, S 403
Hartmann N (1950) Philosophie der Natur. Berlin
Hassenstein B (1984) Entropie und ihre Rolle in der Biologie. In: Lexikon der Biologie, Bd III. Herder Verlag, Freiburg, S 138–141
Holst E von (1969) Komplexe Verhaltensfolgen; das Postulat niveauadäquater Terminologie. In: Gesammelte Abhandlungen, Bd 1. Piper Verlag, München, S 228
Verbeek B (1990) Die Anthropologie der Umweltzerstörung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt