

Ordnung der Unordnung

Rapos Rapport. Ein rätselhaftes Wort, drei Bedeutungen: Regie der Entropie (Teil 1)

Von Daniel H. Rapoport

In meiner Kindergartenzeit empfand ich eine durchaus sinnlose, aber desto vergnügtere Faszination für Fremdwörter, weswegen ich das Wort »Entropie« früh kannte und auch gleich in Erfahrung gebracht hatte, dass es »ein Maß für die Unordnung« bezeichnet.

Unordnung war (und ist) kein Fremdwort für mich; warum die Wissenschaft aber eines Maßes dafür bedurfte, leuchtete mir nicht ein. Nun bedrückte mich das Uneinleuchtende keineswegs, es gab schließlich vieles, das ich nicht verstand – noch nicht! Ich hatte unendliches Vertrauen, dass sich alles, was die Wissenschaft heraus hatte, peu à peu für mich klären und ich irgendwann mit großer Befriedigung auch in betreff der Entropie sagen können würde: »Alles klar! Leuchtet ein!«

Tatsächlich lief sie mir in den folgenden Jahren mehrfach über den Weg. Sie begegnete mir im Physikunterricht der Polytechnischen Oberschule, ich rang mit ihr während der Abiturzeit, und während des Studiums las ich im fünften Band der berühmten »Vorlesungen über theoretische Physik« von Arnold Sommerfeld: »Im Riesenbau der Naturprozesse nimmt das Entropieprinzip die Rolle des Regisseurs ein, der Energiesatz aber nur die des Buchhalters.« Dieser Satz hat sich mir aus unbekanntem Gründen ins Gedächtnis gebrannt, und während die Wissenschaft dieser Tage über die Unwägbarkeit von Neutrinos streitet oder dunkler Energie nachjagt, hänge ich immer noch an der vorgeblich längst geklärten, fast zweihundert Jahre alten Entropie fest und grübele, was genau mit ihr gemeint sei, warum man ihr diesen höchsten Rang vor der Energie einräumt, wie real sie tatsächlich Regie führt und wieso überhaupt sie allerorten auftaucht.

Das tut sie wirklich. Hier wären ein paar Phänomene, als deren Urheberin die Entropie gilt: dass keine zyklisch arbeitende Maschine einen Wirkungsgrad von 100 Prozent erreichen kann, dass die Zeit eine Richtung hat (die Vergangenheit also etwas anderes als die Zukunft ist), dass Ordnung und damit Leben im Universum prinzipiell möglich ist, dass schwarze Löcher vielleicht im großen Stil die Erinnerung an die Vergangenheit löschen und schließlich (vielleicht am wichtigsten), dass Milch und Kaffee sich spontan mischen, sich danach aber nie spontan wieder entmischen können. Ich habe Gründe, aus denen ich meinen Kaffee lieber abgrundscharf trinke.

Teil der Zusammenhanglosigkeit, die zwischen diesen Phänomenen herrscht, ist, dass es mindestens drei Entropiekonzepte gibt, die zu unterschiedlichen Zeiten von unterschiedlichen Menschen beim Verfolgen unterschiedlicher Fragen erdacht wurden: ein thermodynamisches, ein statistisches und ein

informationstheoretisches. Es ist nach wie vor nicht einwandfrei heraus, inwiefern diese Konzepte, die sämtlich »Entropie« heißen, auf dasselbe verweisen. Beziehungsweise, worin genau sie sich unterscheiden. Das ursprüngliche Entropiekonzept entstand in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Das theoretische Verständnis nämlich hinkte der Praxis, der damals wichtigsten technischen Neuerung – der Dampfmaschine –, gut fünfzig Jahre hinterher, schloss dann aber desto mächtiger und unwälzender auf. Zunächst ging es lediglich um die Frage, wieviel Wärme sich im besten Fall in mechanische Arbeit umwandeln lasse (und angelegentlich auch, was Wärme überhaupt sei).

Die Erforschung dieser simpel anmutenden Fragen führte zum 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Mächtige Sätze, die nicht weniger als das ganze Universum betreffen. Der erste Hauptsatz ist der Energieerhaltungssatz. Er besagt, dass die Energie in einem geschlossenen System konstant ist. Der zweite Hauptsatz postuliert, dass Wärme nur von einem warmen auf einen kalten Körper fließen kann, nicht umgekehrt. Dieser zweite Satz hat offenbar eine Richtung zum Inhalt. In ihm nun steckt der Entropiebegriff.

Derjenige, der die Frage nach der idealen Wärmekraftmaschine theoretisch beantwortete, war ein junger französischer Militär mit dem klangschönen Namen Nicolas Léonard Sadi Carnot. Er bewies theoretisch, dass selbst die bestdenkbare, ideale Wärmekraftmaschine nicht in der Lage wäre, die gesamte aufgewandte Wärme in mechanische Arbeit umzuwandeln. Das war 1824. 1850 nahm der deutsche Physiker Rudolf Clausius diesen Faden in seiner Schrift »Über die bewegende Kraft der Wärme« auf und formulierte nicht nur den ersten und zweiten Hauptsatz, er erfand in der Folge auch den Begriff »Entropie«, sprachlich gebildet nach den altgriechischen *en* (innerhalb) und *trope* (Umkehr). Es geht um ein Wandlungspotential, die klangliche Nähe zu »Energie« scheint beabsichtigt. Entropie bezeichnete zunächst ein Maß für die Verwandelbarkeit von Wärme in technische Arbeit (in Clausius' Worten: »Äquivalenzwert der Verwandlung«), wobei sich herausstellt, dass dieselbe Wärmemenge bei höherer Temperatur mehr Arbeit verrichten kann als bei niedrigerer.

Das zweite, vermutlich einleuchtendere Konzept der Entropie entstand dann Ende des 19. Jahrhunderts, als sich (vornehmlich aus der Chemie) die Ansicht durchsetzte, dass Materie aus kleinen Teilchen bestehen muss, Atomen und Molekülen. Es lag nahe, Wärme als Bewegungsenergie dieser Teilchen aufzufassen. Da klar war, dass der Dampf in einer Dampfmaschine (oder das Wasser einer Tasse Kaffee) aus enorm vielen Teilchen bestehen müsse, war gleichfalls klar, dass es hoffnungslos ist, Wärme theoretisch als Bewegungsgleichung jedes einzelnen Teilchens zu behandeln. Man behalf sich, indem man vom einzelnen Teilchen absah und statt dessen die Mittelwerte und Verteilungen der Bewegungsgrößen – Impulse und Geschwindigkeiten etc. – betrachtete, also Statistiken über die Teilchen erhob. So entstand die »statistische Thermodynamik«, die Wissenschaft, die das mikroskopisch Kleine (Atome, Moleküle) mit dem makroskopisch Sichtbaren (Temperatur, Druck usw.) verbindet.

Der Vater der statistischen Thermodynamik war Ludwig Boltzmann. Von ihm stammt die Deutung der Entropie als Anzahl der mikroskopischen Zustände,

die denselben makroskopischen Zustand verwirklichen. So etwa die Zahl der Möglichkeiten, die verschiedene Geschwindigkeiten der Teilchen so zu verteilen, dass sie denselben Mittelwert bilden. Davon, wie aus diesem Modell der Regisseur jeglicher Naturprozesse wurde, in meiner nächsten Kolumne.

<https://www.jungewelt.de/artikel/524376.universum-ordnung-der-unordnung.html>