

## Vorwort.

---

*„Doch ein Begriff muß bei dem Worte sein.“*

Die Thermodynamik beruht auf zwei Hauptsätzen, die man kurz „Satz von der Energie“ und „Satz von der Entropie“ benennen kann. Die beiden Namen sind heutzutage Schlagworte, deren sich viele im sprachlichen Gedankenausdruck gleichwie der Scheidemünzen im Geldverkehr bedienen. Während aber der Wert der Scheidemünzen sehr genau bekannt ist, schwankt die Bedeutung der Begriffe, welche die Schlagworte kennzeichnen sollen, in unsicheren Grenzen hin und her. Von dieser Tatsache kann sich jeder überzeugen, der sich die Mühe nimmt, etwa ein Dutzend der gangbaren Handbücher über Wärmelehre durchzublättern und dabei festzustellen, in welcher Bedeutung die verschiedenen Autoren die Worte „Energie“ und „Entropie“ verstanden haben wollen, und an welche Definitionen ihre Erläuterungen geknüpft sind.

Die Bequemlichkeit vieler Autoren, sich bei ihren Auseinandersetzungen mit Vorliebe der mathematischen Formelsprache zu bedienen, hat es dahin gebracht, daß oft mathematische Symbole allein, die doch nur Größen,

d. h. Maße eines Dinges oder einer Vorstellung, sein können, für das Ding oder die Vorstellung selbst gesetzt werden, was dem zu vergleichen ist, daß jemand die Maßzahl der Höhe eines Turmes mit dem Begriff der Höhe selbst verwechselte. In den mathematischen Formeln stehen die Buchstaben an der Stelle von Zahlen, nicht aber an der Stelle von anderen Begriffen. Die Buchstaben  $Q$ ,  $T$ ,  $p$  in den Formeln bedeuten daher nicht Wärmemengen, Temperaturen und Spannungen, wie man sich der Kürze wegen häufig ausdrückt, sondern nur Zahlen, deren Größe von den ganz willkürlich gewählten Skalen und Maßstäben abhängig ist, die man angewendet hat. Mit Zahlen kann man nun operieren, wie man will, das Resultat ist immer wieder eine Zahl. Einer solchen Zahl einen besonderen Namen zu geben, hat keinen Sinn und führt nur zur irrtümlichen Auffassung der Buchstaben als Symbole von Begriffen, während sie doch nur mathematische Größen, das sind Zahlen, vertreten. Deshalb ist es ein vergebliches Bemühen, das Wesen von Begriffen, die mehr als Zahlbegriffe sind, auf rechnerischem Wege mitzuteilen.

Dem Worte „Energie“ kommt eine allgemeine und eine besondere Bedeutung zu. Die allgemeine Bedeutung wird vielleicht durch folgende Umschreibung der Vorstellungskraft einigermaßen nähergerückt: Energie heißt das bei allen Veränderungen Wirksame. Die besondere Bedeutung ist etwa in dem Worte „Arbeitsfähigkeit“ ausgedrückt. Ob diese Interpretationen den Begriff der

Energie ganz scharf darstellen, mag dahingestellt bleiben, immerhin bringen sie es zuwege, daß man sich darunter etwas denken kann.

Eine ähnliche beiläufige Vorstellung von dem, was mit „Entropie“ gemeint ist, hervorzurufen, ist bei weitem schwieriger und sei hier an der Hand eines Gleichnisses versucht. Eine Anzahl kräftiger Arbeiter repräsentiert eine bestimmte Arbeitskraft oder Arbeitsfähigkeit, die bis zur gänzlichen Erschöpfung der Arbeiter verbraucht werden kann. Sind diese Arbeiter eines Sinnes und bemühen sie sich etwa mit vereinten Kräften, eine Last bergauf zu fördern, so kann die schließlich geleistete Arbeit von beträchtlicher Größe sein. Herrscht aber Uneinigkeit unter den Arbeitern, von denen einige die Last bergauf, andere bergab, die dritten nach rechts, die vierten nach links usw. zu befördern im Sinne haben, so wird die tatsächlich verrichtete Arbeit schließlich, wenn alle Arbeiter ihre Kräfte bis zur Erschöpfung ausgegeben haben, doch nur von geringer Größe sein. Die Uneinigkeit entwertet daher die Kräfte der Arbeiter oder ihre Arbeitsfähigkeit, ohne diese selbst zu vermindern. Man kann die Ausdehnung, bis zu welcher die Uneinigkeit der Arbeiter in einem bestimmten Stadium der Arbeit gediehen ist, den Entwertungsfaktor oder, wenn man will, die Entropie der Arbeitermasse nennen. Bei aller Unvollkommenheit dieses Gleichnisses, entwirft es doch eine beiläufige Vorstellung von dem Wesen des fraglichen Begriffes. Soviel wird wenigstens daraus zu

entnehmen sein, daß die Entropie etwas anderes als nur ein Resultat von Rechnungsoperationen ist. Die kleine Schrift, in welcher ich vor 10 Jahren die Konstruktion der Wärmediagramme zu erläutern versuchte<sup>1)</sup>, enthält eine sehr unvollkommene und unbeholfene Erklärung, die sich von den überlieferten Vorstellungen nicht befreien konnte. Da aber die Konstruktionsmethoden der Wärmediagramme von den Vorstellungen über die Bedeutung der Koordinaten unabhängig sind, ist die undeutliche Fassung des Begriffes Entropie für die dort enthaltenen Ausführungen fast gegenstandslos.

Die vorliegende Arbeit ruht auf einer breiteren Basis. Die Verfahren zur Konstruktion von Temperatur-Entropie-Diagrammen, insbesondere die schöne Boulevinsche Methode sind heute allgemein bekannt und mit Hilfe der praktischen Dampftafeln von Mollier leicht zu beherrschen. Hingegen ist die thermodynamische Bedeutung der Wärmediagramme in der technischen Literatur wenig gewürdigt worden, weil die nur mathematisch definierten Größen das Wesen der Begriffe nicht erschöpfen. Deshalb ist der Verfasser der vorliegenden Schrift bemüht gewesen, den Gedankengang der Betrachtungen so gut, als es ihm möglich war, zuerst in Worten mitzuteilen und die Begriffe in Worten zu definieren, bevor der Zusammenhang der Größen durch Formeln ausgedrückt wird. Das in

---

<sup>1)</sup> Krauss, Kalorimetrie der Dampfmaschinen. Berlin 1897.

Ziffern ausgerechnete Beispiel, das die Formeln zur Illustration begleitet, soll nebenbei vor Augen führen, daß die Buchstaben in den Formeln Zahlen und nichts als Zahlen vertreten.

Die Gedanken, die dieser Schrift zugrunde liegen, verdanken ihren Ursprung zum großen Teil einer im Jahre 1903 in der Londoner Zeitschrift „The Electrician“ veröffentlichten Diskussion, woran sich die bekannten Physiker Oliver Lodge, Planck, Poincaré u. a. beteiligten, nachdem der damalige Präsident der Institution of Electrical Engineers Herr James Swinburne in einer Rede auf die vorhandenen Divergenzen und Irrtümer in der Auffassung des Begriffes Entropie hingewiesen hatte.

Da mit der Beurteilung des Arbeitsprozesses von Dampfturbinen das Temperatur - Entropie - Diagramm zu häufiger Anwendung gebracht wird, schien mir das Unternehmen nicht ganz wertlos zu sein, an dem gewählten Beispiel einer Dampfmaschinenanlage zu zeigen, auf welche Weise sich der Erfahrungssatz vom Zuwachs der Entropie bei der Betrachtung des Arbeitsprozesses in dessen aufeinanderfolgenden Stadien darstellt.

Wien, im Februar 1907.

**Der Verfasser.**