

# Nichtumkehrbare Prozesse und der 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Bemerkungen zu H.Hausen:  
"Über den Begriff der Nichtumkehrbarkeit  
in der Thermodynamik"

Baehr, Hans Dieter

Veröffentlicht in:  
Abhandlungen der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 38, 1986,  
S.199-200



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

## **Nichtumkehrbare Prozesse und der 2. Hauptsatz der Thermodynamik**

**Bemerkungen zu H. Hausen:  
„Über den Begriff der Nichtumkehrbarkeit in der Thermodynamik“**

Von **Hans Dieter Baehr**, Hannover

Jede Naturwissenschaft will Erfahrungstatsachen exakt und in systematischer Weise durch möglichst allgemeine Gesetze beschreiben. Sie bedient sich dazu genau definierter Begriffe und physikalischer Größen. Die hierbei auftretenden Definitionen sind keine Naturgesetze; sie dienen aber dazu, Naturgesetze prägnant zu formulieren. Definitionen sind weder falsch noch richtig, sondern mehr oder weniger zweckmäßig gewählte Klarstellungen von Begriffen. Da Naturgesetze auf Erfahrungen beruhen und Definitionen der Formulierung von Naturgesetzen dienen, müssen sich auch Definitionen an Erfahrungen orientieren, sollen sie ihren Zweck erfüllen.

Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik macht Aussagen über die Richtung der in der Natur ablaufenden Vorgänge und über die Ausführbarkeit von Prozessen. Wie die Erfahrung lehrt, laufen viele Prozesse in einer bestimmten Richtung von selbst ab. Hierzu gehören die bekannten Ausgleichsprozesse (Temperatur-, Druck-, Konzentrationsausgleich zwischen verschiedenen Teilen eines abgeschlossenen Systems), die zu einem Gleichgewichtszustand führen. Eine Reihe anderer (denkbarer) Prozesse ist dagegen noch nie beobachtet worden und offenbar unmöglich, z. B. Prozesse, bei denen Wärme vollständig in Arbeit umgewandelt wird, ohne daß sonstige Veränderungen in der Natur auftreten (perpetuum mobile 2. Art). In diesem Zusammenhang spielt die Nichtumkehrbarkeit oder Irreversibilität eines Prozesses eine Rolle. Dieser Begriff dient der Formulierung des 2. Hauptsatzes; er muß daher zuvor definiert werden.

Man definiert zunächst den Begriff „reversibler Prozeß“ in der folgenden Weise:

Ein Prozeß heißt reversibel (umkehrbar), wenn alle an ihm beteiligten Systeme wieder in ihren Zustand zu Beginn des Prozesses versetzt werden können, ohne daß Veränderungen in der Umgebung der beteiligten Systeme zurückbleiben.

Als irreversibel oder nichtumkehrbar sollen Prozesse bezeichnet werden, die dieser Definition nicht genügen. Es ist also nicht möglich, einen irreversiblen Prozeß in *allen* seinen Auswirkungen rückgängig zu machen. Diese Definitionen sagen nichts über das Verhalten der Natur aus; sie erklären nur die Worte reversibel und irreversibel. Sie nehmen ebensowenig Aussagen des 2. Hauptsatzes vorweg, wie die Definitionen der Begriffe „Kraft“ und „Impuls“ Newtons Grundgesetz der Mechanik vorwegnehmen, mit deren Hilfe es exakt und prägnant formuliert werden kann. Aus der Definition des

irreversiblen Prozesses folgt weder, daß es solche Prozesse gibt, noch eine Aussage darüber, ob die in der Natur beobachteten Prozesse irreversibel sind.

Eine derartige Aussage macht erst ein Naturgesetz, nämlich der 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Er läßt sich unter Benutzung der Begriffe „reversibel“ und „irreversibel“ kurz und prägnant formulieren:

Alle in der Natur auftretenden Prozesse sind irreversibel. Reversible Prozesse sind nur idealisierte Grenzfälle irreversibler Prozesse.

Dies ist nur eine mögliche Formulierung des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik, die auch als Prinzip der Irreversibilität bezeichnet wird. Man kann den 2. Hauptsatz auch ohne Benutzung der Begriffe „reversibel“ und „irreversibel“ formulieren. Dies hat z. B. M. Planck getan, der den Satz von der Unmöglichkeit des perpetuum mobile 2. Art an die Spitze seiner Überlegungen stellte und daraus die Entropie mit ihren Eigenschaften gewonnen hat. Dabei wird die Umkehrung eines typisch irreversiblen Prozesses ausdrücklich als unmöglich erklärt, ohne daß der Begriff irreversibel explizit in Erscheinung tritt.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Physikalische Begriffe dienen der Formulierung von Naturgesetzen, die an Erfahrungstatsachen geprüft werden können und müssen. Zweckmäßige Definitionen physikalischer Begriffe orientieren sich daher an der Erfahrung; sie nehmen aber Naturgesetze weder ganz noch teilweise vorweg. Auch die Definitionen der Begriffe „irreversibel“ und „reversibel“ orientieren sich an Erfahrungen, ohne Aussagen des 2. Hauptsatzes zu enthalten. Dieser läßt sich als Prinzip der Irreversibilität, aber auch ohne Benutzung der Begriffe „reversibel“ und „irreversibel“ formulieren.