anders zu schreiben, für s_D schreiben Sie dQ/T_h. Es ist aber vorteilhafter, bei der Benutzung der Berechnungsentropie zu bleiben.

Auch die Kälteleistung schreiben wir nicht in Kalorien auf, sondern mit Benutzung der Berechnungsentropie s_K; dann hat die Kältemaschine die Arbeit $s_K \times \triangle T_K$ nötig. Beide Arbeiten sind, weil die Maschinen mit einander gekuppelt sind, einander gleich; also bekommen wir den einfachen Satz: $s_D \times \triangle T_D = s_K \times \triangle T_K$. Das aber, m. H., ist die bekannte Hebelgleichung: Weg $\times$ Kraft der einen Seite = Weg $\times$ Kraft der anderen Seite. Hier heißt es Berechnungsentropie $\times$ Temperaturunterschied der einen Maschine = Berechnungsentropie $\times$ Temperaturunterschied der anderen Maschine.

Sie sehen, wenn Sie bei allen Ihren Berechnungen den Begriff Wärme überhaupt weglassen und überall den der Berechnungsentropie benutzen, wird alles viel einfacher und verständlicher. Im Grunde ist das aber nur eine andere Schreibweise Ihnen längst bekannter Sachen, auf welche man nicht gekommen ist, weil der Begriff der Entropie so unverständlich war.

3. D i e B e t r i e b s e n t r o p i e. Nun wollen wir dazu übergehen, die Ungleichung von Clausius, welche der Grund für diese Unverständlichkeit ist, durch eine Gleichung zu ersetzen.

So, wie wir die Kälteanlage eben berechnet haben, kann sich die Berechnungsentropie sowohl von der heißen und der kalten Temperatur nach der atmosphärischen bewegen — das ist die gewünschte Bewegungsrichtung —, wie auch von der atmosphärischen nach der heißen und der kalten. Es ist bei der Berechnung nirgends ein Grund vorgesehen, welcher eine bestimmte Bewegungsrichtung bedingt. Der der Berechnung zugrunde gelegte Vorgang ist eben, wie Clausius sagt, ein umkehrbarer, es sind beide Bewegungsrichtungen gleich möglich.

Der wirkliche Vorgang ist aber nicht umkehrbar. Es bewegt sich in der Wirklichkeit die Berechnungsentropie nicht, wie Carnot und Clausius voraussetzen, ohne Temperaturunterschied, sondern es muß ein endlicher Temperaturunterschied vorhanden sein, und dann bewegt sich die Berechnungsentropie stets von der heißen zur kalten Temperatur. So muß, damit die Kälteleistung von der Sole in das Ammoniak übergehen kann, das Ammoniak kälter sein als die Sole. Ist z. B. die Sole — 10°, so muß das Ammoniak vielleicht — 15° sein.

Ist die Kälteleistung in der Zeiteinheit Q und die Temperatur der heißen Seite der Heizfläche, also der der Sole zugekehrte T_S, die der kalten, der Ammoniakseite T_A, und $T_S - T_A = \triangle T$, so könnte, wenn man die Heizfläche vermeiden dürfte, die Wärme Q die Arbeit $Q \times \triangle T/T_S$ leisten. Diese Arbeit wird nicht als Nutzarbeit im gewöhnlichen Sinne gewonnen, sondern sie wird aufgewendet, damit die der Kälteleistung Q zugehörige Berechnungsentropie mit der vom Schnellbetrieb verlangten Geschwindigkeit durch die Heizfläche hindurchgeht. Roh verglichen: Sie entspricht der Arbeit, welche eine Flüssigkeit durch ein Filter preßt. Indem sie diese Geschwindigkeitsarbeit leistet, wird sie in Wärme zurückverwandelt und erscheint bei der Temperatur T_A wieder als Wärme. Wie Zeuner schon in der ersten Auflage seiner Wärmelehre betont hat, ist der Arbeitswert einer Wärmemenge von der Temperatur abhängig, so daß Wärmemengen nicht ohne weiteres zusammengezählt werden dürfen. Wir machen uns von dieser Beschränkung frei, indem wir die bei T_A erscheinende Wärme durch diese Temperatur teilen; wir erhalten dann eine Größe

$$\triangle \tau = Q \times \frac{\triangle T}{T_S\, T_A}$$

welche ich als Betriebsentropie bezeichne, weil sie dieselben Abmessungen wie die Berechnungsentropie hat, aber für die Schnelligkeit des Betriebes maßgebend ist. Je größer sie ist, desto schneller verläuft der Betrieb, desto mehr Berechnungsentropie geht in der Zeiteinheit durch die Heizfläche hindurch.

Nach den Gesetzen der Wärmeleitung ist $Q = \lambda F \triangle T$; setzen wir das ein, so erhalten wir

$$\triangle \tau = \lambda\, F\, \frac{\triangle T^2}{T^2}$$

wenn wir im Nenner $\triangle T$ neben T_S vernachlässigen, wie es den Verhältnissen der Wirklichkeit entspricht.

Die Gleichung zeigt, daß $\triangle \tau$ stets positiv ist.

In derselben Weise können wir für jeden nichtumkehrbaren Vorgang die Betriebsentropie berechnen. Bei der Kälteanlage haben wir noch an den drei anderen Heizflächen, für die beiden Verdampfungsvorgänge und für verschiedene Drosselungen eine solche Rechnung auszuführen. Aus Rücksicht auf die Zeit unterlasse ich das hier.

Alle so erhaltenen Betriebsentropien einer Anlage lassen sich, weil wir uns durch das Teilen mit der Temperatur vom Arbeitswert der Wärme freigemacht haben, zusammenzählen, und so erhält man für jeden mit endlicher Geschwindigkeit gehenden Betrieb einen ganz bestimmten, ihm eigentümlichen Betrag der Betriebsentropie, welcher ein Maß der Geschwindigkeit dieses Betriebes ist.

4. D i e E n t r o p i e d e r W e l t s t r e b t e i n e m M a x i m u m z u. Dieses $\triangle \tau$, welches, wie eben gefunden, stets positiv ist, ist der Betrag, welcher bei Clausius das Ungleichheitszeichen bedingt. Clausius hat nicht den Weg zu diesem Begriff gefunden und daher der so geheimnisvoll und deshalb so wichtig klingende Satz: Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.

Dieser Satz ist mathematisch vollständig richtig. Da $\triangle \tau$ stets positiv ist, so erhält man durch das Zusammenzählen der Betriebsentropien der verschiedenen Vorgänge eine ständig zunehmende Größe. Aber physikalisch ist er vollständig sinnlos. Es ist durchaus nicht alles, was mathematisch richtig ist, physikalisch brauchbar.

Ich habe hier als Beispiel die Betriebsentropie einer Kälteanlage berechnet, weil sich das leicht machen läßt. Ebenso können wir auch die Betriebsentropie des Vorganges auf einer Walzenstraße berechnen und die Betriebsentropie eines

Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden
http://digital.slub-dresden.de/ppn32109718Z/6
gefördert von der DFG Deutschen Forschungsgemeinschaft
HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN