

sprechend hoher Stromstärke herzustellen. Hierfür ist zwar eine starke, aber dafür nur kurze Leitung notwendig, aus der an den Stellen *A, B, C, D* usw. einzelne Leitungen abzweigt werden, um Strom für Beleuchtung oder Motorenantrieb zu entnehmen.

Blicken wir noch einmal zurück auf den Weg, der uns zum Verständnis der technischen Anwendung der Elektrizität geführt hatte: die physikalischen Grundlagen, die Anschauungen über das wahre Wesen der elektrischen Erscheinungen spielten kaum noch eine Rolle, sondern es blieb eigentlich nur noch das eine Grundgesetz übrig, der Satz von der Erhaltung der Energie. Er führte uns dazu, das elektrische Arbeitsvermögen mit dem Arbeitsvermögen des Wassers zu vergleichen und uns eine anschauliche Vorstellung davon zu geben, wie die Elektrizität von der „Stromquelle“ aus verteilt und zu Arbeitsverrichtungen verschiedenster Art, zur Erzeugung mechanischer Arbeit, zur reinen Wärmeentwicklung im elektrischen Ofen oder zur Speisung von Lichtquellen ausgenutzt wird. Auch hier haben wir also ein Beispiel, wie der Techniker sich seine Denkverfahren wählt, und wie er die einfachsten und anschaulichsten Mittel aussucht, um eine neue, fremde Sache in den Rahmen seiner Gedankenwelt hineinzufügen.

10. Wärmegefälle.

Wenn der Vergleich mit dem gehobenen Wasser bei der Elektrizität verhältnismäßig nahe lag, weil die älteren Physiker sich bei der Elektrizität tatsächlich einen fließenden Stoff vorgestellt hatten, so ist es schon ein kühnerer Schritt, nun diese Art der Anschauung auch auf die Wärme zu übertragen und sich deren Ausnutzung in den Wärmemotoren, d. h. in Dampfmaschinen, Gas- und Petroleummotoren und dergleichen mit Hilfe derselben Denkverfahren anschaulich zu machen.

Wiederholt war ja schon darauf hingewiesen worden, daß eine gewisse Wärmemenge einer bestimmten Menge Arbeitsenergie entspricht. Z. B. sind 427 mkg mechanische Arbeit nötig, um 1 kg Wasser um 1° Celsius zu erwärmen. Anschaulich können wir uns das so vorstellen: Wenn 1 kg, d. h. 1 Liter Wasser aus einer Höhe von 427 m herunterfällt und unten auf eine harte Platte auftrifft, so wird eine Arbeit von 427 mkg geleistet, und diese Arbeit verwandelt sich infolge des Stoßes beim Auftreffen in Wärme. Nun würde sich, wenn wir den Versuch wirklich ausführen könnten und dafür sorgten, daß alle diese Wärme auch im Wasser bleibt und nicht zum Teil an die Unterlage abgeleitet wird, das Wasser, das vorher vielleicht die Temperatur 10° hatte, auf 11° erwärmen. Um-

gekehrt kann aber auch im Wasser enthaltene Wärme bei der Abkühlung von 11° auf 10° , wenn eine geeignete Maschine zur Verfügung steht, eine Arbeit von 427 mkg leisten, also 1 kg auf 427 m oder, was auf dasselbe hinauskommt, 427 kg auf 1 m Höhe heben.

Wird das Wasser, statt auf 10° , bei der Arbeitsleistung auf 9° abgekühlt, so haben wir 2° Temperaturunterschied und erhalten die doppelte Leistung, nämlich 854 mkg. Je tiefer wir mit der Abkühlung heruntergehen, um so mehr nutzen wir also die im Wasser enthaltene Wärme aus. Bis zum Gefrierpunkt sind es 11° , wir erhalten also 11×427 mkg. Die Abkühlung kann aber noch weiter fortgesetzt werden, und zwar theoretisch bis auf 273° unter Null. In einem Körper, der soweit abgekühlt ist, befindet sich nach der üblichen Anschauung überhaupt keine Wärme mehr, und diese Temperatur wird daher als der „absolute Nullpunkt“ bezeichnet, während der Nullpunkt des Celsiussystems ja nur der Gefrierpunkt des Wassers ist und sonst gar keine physikalische Bedeutung hat.

Könnten wir das Kilogramm Wasser von 11° Wärme bis auf 273° Kälte herunterbringen und ihm dabei alle Wärme in Form von mechanischer Arbeit entziehen, so hätte eine Abkühlung um $11 + 273 = 284^{\circ}$ stattgefunden, und es wäre eine Arbeit von $284 \times 427 =$ ungefähr 120 000 mkg geleistet worden.

Leider ist dieses Ziel nicht entfernt zu erreichen. Wir kommen bei den Maschinen, die heute praktisch eingeführt und brauchbar sind, nicht einmal bis zu 0° Celsius herunter. Bei Dampfmaschinen bleiben wir im besten Falle bei 40° über Null stehen, d. h. also bei einer Temperatur von $273 + 40^{\circ} = 313^{\circ}$, vom absoluten Nullpunkt an gerechnet, und bei den meisten anderen Maschinen liegt die Temperatur, mit der das Treibmittel die Maschine verläßt, noch viel höher.

Um überhaupt Arbeit zu leisten, können wir also gar nicht bei einer so niedrigen Temperatur wie 11° Celsius anfangen; es bestehen eben bisher keine praktisch brauchbaren Maschinen, um die Wärme bei so niedriger Temperatur noch nutzbar zu machen. Vielmehr müssen wir z. B. beim Dampf auf über 100° Celsius hinaufgehen, um einen genügenden Temperaturunterschied zu bekommen.

Hier drängt sich nun wieder der Vergleich mit dem Wasser auf. Alles Wasser, das in einer unserer Wasserkraftmaschinen verbraucht wird, findet schließlich über Flüsse und Ströme seinen Weg zum Meer und steigt von da in Form von Dämpfen wieder auf, um als Regen oder Schnee herniederzufallen und die Quellen zu speisen. Nun mag der Spiegel des Wasservorrates 500 m über dem Meere liegen; 1 kg Wasser leistet dann, wenn es bis zum Meeresspiegel

heruntersinkt, eine Arbeit von 500 mkg. Leider nützt uns das sehr wenig; denn der Graben oder Fluß, der das Wasser abführen soll, liegt vielleicht selbst 468 m über dem Meer, und der Unterschied beträgt daher nur 32 m. Von dem theoretisch vorhandenen Arbeitsvermögen von 500 mkg werden daher nur 32 mkg, d. h. 6,4%, nutzbar gemacht.

Will der Müller, dem die Wasserkraft gehört, das Wasser besser ausnutzen, so muß er dahin streben, das wirklich brauchbare Gefälle zu vergrößern, d. h. das Wasser, statt in 468 m, in 460 m Höhe abzuführen, indem er seinen Abzugsgraben länger macht und ihn nach einer tieferen Stelle des Fließchens leitet. Das Gefälle steigt damit auf 40 m, und das Arbeitsvermögen des Wassers wird ausgenutzt im Verhältnis 40 : 500, d. h. mit 8 statt mit 6,4%.

Diese Denk- und Anschauungsweise bei der Beurteilung einer Wasserkraft läßt sich in gewissem Sinne auf die Verhältnisse bei einer Dampfmaschine oder einem anderen Wärmemotor übertragen und führt zu einer sehr klaren Vorstellung von den Einflüssen, die hier eine Rolle spielen. Es kommt durchaus nicht allein auf die Energiemenge an, die absolut genommen im Dampf enthalten ist, sondern vor allen Dingen darauf, daß diese Energiemenge recht gut ausgenutzt wird, und dies geschieht, indem man das „Temperaturgefälle“ möglichst groß macht, d. h. die Wärme bei recht hoher Temperatur in die Maschine einführt und den Rest bei möglichst niedriger Temperatur, nachdem die Arbeit getan ist, wieder entläßt.

Die ideale Forderung, daß alle Wärme bei der höchsten den Verhältnissen nach möglichen Temperatur zugeführt werden soll, ist einer der leitenden Gedanken bei dem Entwurf von Kraftmaschinen und hat auch den Anstoß zu der Konstruktion des Dieselmotors gegeben, durch den die Brennstoffe in einer früher nicht erreicht Weise ausgenutzt werden.