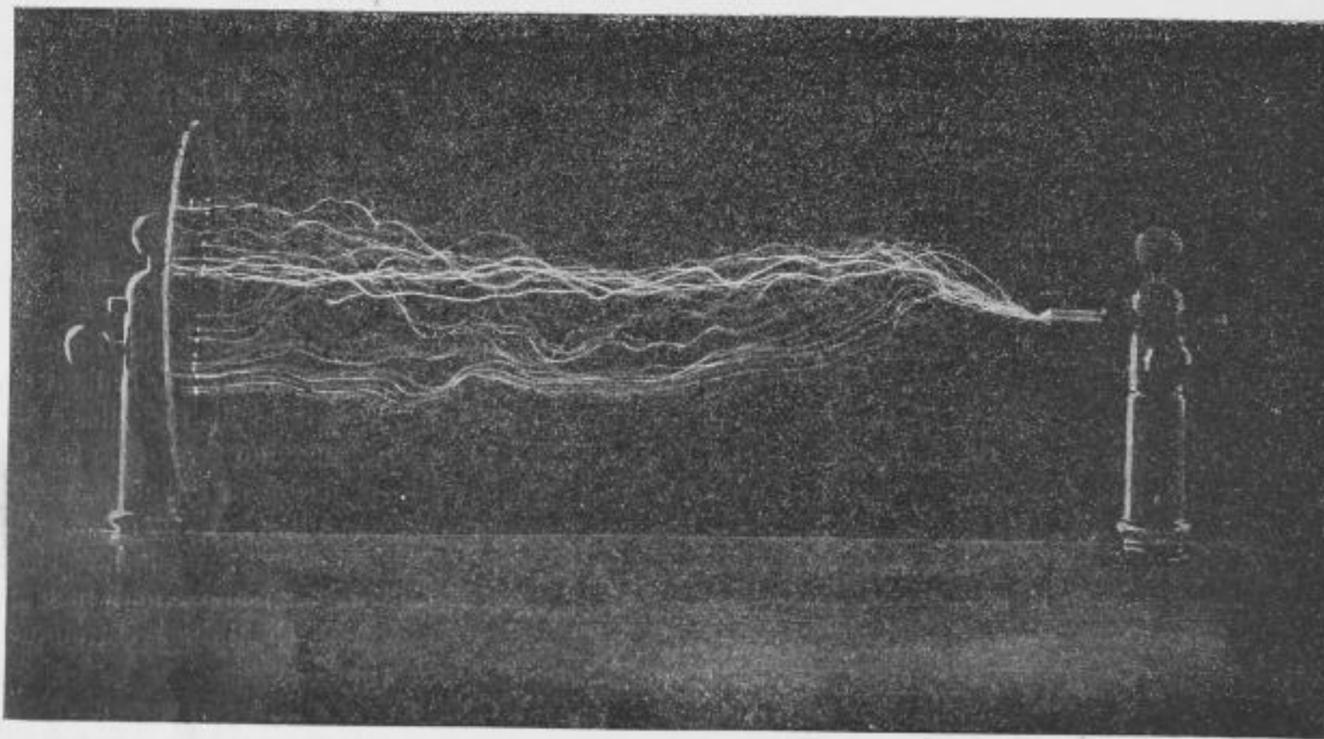


nische Arbeit, welche dem Bohrer von der Dampfmaschine oder dem Rosswerk zugeführt wurde, konnte mittelst eines Dynamometers genau gemessen werden. Ferner wurde die Temperatur des Wassers während des Versuches durch Thermometer festgestellt. Nach vielfachen und sorgfältigen Versuchen kam Rumford zu einer ganz bestimmten Beziehung zwischen der mechanischen Arbeit und der Wärme. Er fand, in metrisches Mass umgerechnet, dass man 424 Meterkilogramme anwenden müsste, um ein Kilogramm Wasser um einen Grad Celsius zu erwärmen.

424 Meterkilogramm sind also einer Kilogrammkalorie äquivalent. Als Rumford mit seinem Wert an die Öffentlichkeit trat, erhoben sich Stimmen für und wider. In jedem Falle wurde sein Experiment aber wiederholt und durchaus bestätigt. Sehr viel schwerer war der Nachweis zu führen, dass eine Kilogrammkalorie auch 424 Meterkilogrammen äquivalent ist, d. h., dass sie sich jeder Zeit wieder in mechanischer Arbeit im Betrage von 424 Meterkilogramm zurückverwandeln lässt. Thatsächlich besitzen wir keine Maschine, welche eine derartige vollkommene Umwandlung gestattete, wie sie in umgekehrter Richtung der Rumfordsche Kanonenbohrer besorgte.



**Umwandlung elektrischer Arbeit in Licht.**

Funkenstrom eines Röntgeninduktors von 100,000 Volt Spannung.

Die Dampfmaschine, in welcher Wärme in mechanische Energie umgewandelt wird, arbeitet ganz ausserordentlich schlecht, da von der in der Kesselfeuerung entwickelten Wärme an der Dampfmaschinenwelle aller höchstens 15% als mechanische Arbeit nutzbar werden. Der Rest geht als Wärme unausgenutzt in die Umgebung fort. Der Beweis konnte daher nur indirekt geführt werden, indem man eine bestimmte Wärmemenge durch verschiedene Vorrichtungen wieder in mechanische Arbeit umzusetzen versuchte, dabei aber auf das sorgfältigste alle die Wärme, welche unbenutzt fortging, registrierte und vom Endresultat in Abzug brachte. Auf diese Weise gelang es, auch den umgekehrten Beweis zu erbringen. Vordem hätte man ja immer noch annehmen können, dass Rumford allerlei unbekannte Verluste hatte und dass die 424 Meterkilogramm in Wirklichkeit vielleicht mehr als eine Kalorie hätten erzeugen können. Eben dieser Einwand wurde durch die zuletzt erwähnten Versuche niedergeschlagen und das mechanische Wärmeäquivalent unantastbar aufgestellt.

Nach Rumfords grosser Entdeckung dauerte es lange, bevor für andere Energieformen das Gleiche erfolgte. Erst ein Menschenalter später fand die Aufstellung des mechanischen Äquivalentes der Elektrizität statt. Nachdem Werner von Siemens der Welt die Dynamomaschine geschenkt hatte und betriebs-

mässig im Grossen Dampfmaschinenarbeit in elektrische Arbeit umgesetzt wurde, musste der Praktiker wohl oder übel auf die Suche nach diesem Äquivalent gehen. Es fand sich von selbst rein rechnerisch, sobald man auch in der Elektrotechnik zum absoluten Masssystem überging. Der deutsche Physiker Weber, dessen Namen die undankbare Nachwelt durch keine Massgrösse verewigt hat, gab zuerst die Methoden an, alle physikalischen Phänomene mit den drei Grundeinheiten der Zeit, des Raumes und der Kraft, nämlich der Sekunde, dem Centimeter und dem Gramm, zu messen.

Im Jahre 1880 wurden die Vorschläge des deutschen Theoretikers in die Praxis eingeführt. Wir bekamen als Einheit der Stromstärke das Ampère, als Einheit der Spannung das Volt und als Einheit der elektrischen Leistung das Voltampère oder Watt. Es ergab sich nun, dass eine mechanische Arbeit von einem Meterkilogramm durch einen elektrischen Strom während einer Sekunde verrichtet werden kann, wenn dieser Strom während dieser Sekunde mit einer Stärke von 9,81 Watt arbeitet. Es muss also ein Strom von beispielsweise 9,81 Ampère Intensität und 1 Volt Spannung oder auch ein Strom von 9,81 Volt

Spannung und 1 Ampère Intensität eine Sekunde lang wirken. Will man dagegen in einer Zehntel-Sekunde einen Meterkilogramm leisten, so muss der Strom bei einem Volt Spannung 98,1 Ampère führen und will man in jeder Sekunde 75 Meterkilogramm leisten, d. h. will man über eine Pferdestärke verfügen, so braucht man einen Strom  $9,81 \cdot 75 = 735$  Watt. Für den Elektrotechniker besteht also die Relation: „eine Pferdestärke ist gleich 735 Watt. Er ist auch in der angenehmen Lage, das Exempel nach vorwärts und rückwärts zu lösen, denn die elektrischen Maschinen arbeiten in gleicher Weise als Generatoren, d. h. Stromerzeuger, wie als Motoren, d. h. Bewegungserzeuger, fast vollkommen. Die moderne Dynamo wandelt 96 Prozent der zugeführten mechanischen Arbeit in elektrische,

an den Polklemmen verfügbare Energie um, während die fehlenden 4 Prozent als Wärme, sei es als Reibungswärme in den Lagern, als Magnetisierungswärme im Eisen oder als Stromwärme in den Windungen nachweisbar sind. Umgekehrt giebt der Elektromotor wenigstens 85 Prozent der zugeführten elektrischen Energie als mechanische Arbeit wieder, während der Rest auch hier als Wärme bestimmbar ist.

Es ist nun ein einfaches Rechenexempel, aus den bestehenden Beziehungen zwischen der Wärmearbeit und mechanischen Arbeit einerseits und der elektrischen und mechanischen Arbeit andererseits eine dritte Relation zwischen Wärme und Elektrizität abzuleiten. Wenn das Meterkilogramm einmal  $\frac{1}{424}$  Kalorien und das andere Mal 9,81 Wattsekunden gleichwertig ist, so müssen natürlich auch  $\frac{1}{424}$  Kalorien 9,81 Wattsekunden äquivalent sein, oder eine Kalorie muss gleich 4154 Wattsekunden sein. Auch dies vorstehend rein rechnerisch abgeleitete Verhältnis hat durch das Experiment nach beiden Seiten hin volle Bestätigung gefunden und kann somit als indirekter Beweis für die Richtigkeit der beiden ersten Äquivalente gelten.

Sehr viel schwieriger liegen die Dinge bei der Feststellung eines Lichtäquivalentes. Bis jetzt fehlt hier noch eine greifbare Definition für die Einheit des Lichtes. Man hat sich für bestimmte praktische Zwecke wohl sogenannte Normalkerzen, wie