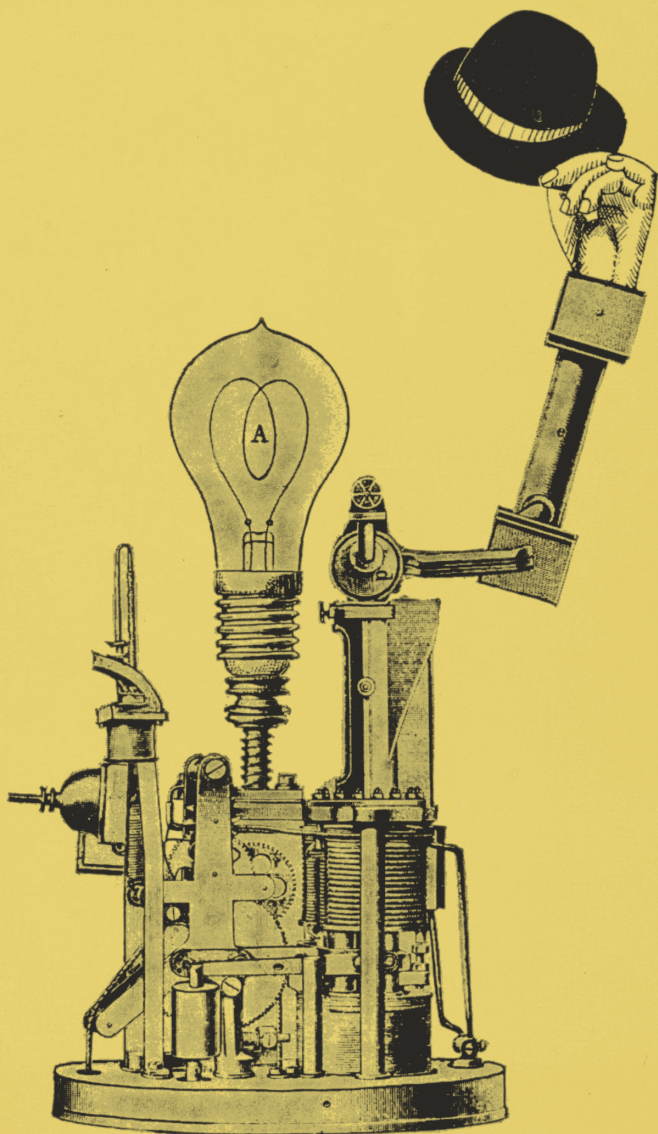


GUTEN TAG, HERR AMPÈRE

BOREC



Dr.-Ing. TOMÁŠ BOREC

GUTEN TAG, HERR AMPÈRE

Wissenswertes und Unterhaltsames
über berühmte Wissenschaftler
und nach ihnen benannte Maßeinheiten



VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Titel der Originalausgabe: Ing. Tomáš Borec, CSc.

Dobry den, pan Ampere

**ALFA, vydavatel'stvo technickej a ekonomickej literatury,
n. p., Bratislava, 1973**

Der Übersetzung lag das Manuskript der 2. Auflage zugrunde.

Übersetzung: Dipl.-Slawist Erwin Weiss Kuka, Leipzig

**Wissenschaftliche Redaktion: Dr. rer. nat. Konrad Werner,
Leipzig**

**Den Beitrag über L. H. Gray verfaßte Dipl.-Phys. Oskar Hecker
Berlin.**

**Die grafische Übersicht am Schluß des Buches gestaltete Klaus
Vogelsang, Leipzig, nach einer Idee von Dipl.-Math. Helmut
Grabowski, Dresden, der die kritische Durchsicht des Manuskripts
vornahm.**

Die Porträts zeichnete Inge Brück-Gohrlich.

**Die Fotografien aus dem Staatlichen Mathematisch-Physika-
lischen Salon Dresden stellte Jürgen Karpinski, Dipl.-Foto-
grafiker, Dresden, zur Verfügung.**



© Tomáš Borec

Rechte an der deutschsprachigen Ausgabe:

© VEB Fachbuchverlag Leipzig 1979

1. Auflage

Lizenznummer 114-210/45/78

LSV 1109

Verlagslektor: Dipl.-Phys. Klaus Vogelsang

Gestaltung: Lore Jacobi

Printed in GDR

Gesamtherstellung: Fachbuchdruck Naumburg

Redaktionsschluß: 15.10. 1978

Bestellnummer: 546 368 2

DDR 8,50 M

Inhaltsverzeichnis

An Stelle eines Geleits	4	Np	Neper . . .	198		
A	Ampere . .	10	Ω	Ohm . . .	202	
Å	Ångström .	16	Oe	Oersted . .	210	
B	Bel	22	Pa	Pascal . . .	218	
Bi	Biot	30	R	Röntgen . .	226	
Bq	Becquerel .	38	°R	Grad Réaumur	230	
C	Coulomb . .	46	Rayl	Rayl . . .	234	
°C	Grad Celsius	56	Rd	Rutherford .	238	
Ci	Curie . . .	60	S	Siemens . .	246	
Cl	Clausius . .	70	St	Stokes . . .	254	
E	Eötvös . . .	80	T	Tesla . . .	258	
F	Farad . . .	86	Torr	Torr	266	
°F	Grad Fahrenheit	94	V	Volt	274	
f	Fermi . . .	102	W	Watt	284	
Fr	Franklin . .	108	Wb	Weber . . .	292	
G	Gauß . . .	116	Richtige Aussprache der			
Gal	Gal. . . .	124	Einheitennamen . .			300
Gb	Gilbert . . .	132	Übersicht über die			
Gy	Gray	142	Einheiten und ihre			
H	Henry . . .	146	Umwandlungs-			
Hz	Hertz . . .	150	beziehungen			302
J	Joule . . .	158	Quellenverzeichnis .			306
K	Kelvin . . .	166	Weiterführende			
la	Lambert . .	174	Literatur			309
M	Maxwell . .	180	Geschichtliche			
N	Newton . .	188	Übersicht			312

An Stelle eines Geleits . . .

Während einer öffentlichen Veranstaltung erklärte einmal ein bekannter Schauspieler – noch dazu in ziemlich herausforderndem Tone –, daß technische Dinge für ihn „Böhmische Dörfer“ darstellten und er nicht in der Lage sei, eine Sicherung auszuwechseln, wenn bei ihm zu Hause der elektrische Strom ausfalle. Dieses Bekenntnis wurde von vielen mit Sympathie aufgenommen; vielleicht wagte es auch niemand, der prominenten Persönlichkeit Unwissenheit und mangelhafte Bildung zu unterstellen.

Auf diese Episode kann man eigentlich nur mit einem Achselzucken reagieren; wir wollen ihr aber doch eine kurze Betrachtung widmen.

Obwohl Wissenschaft und Technik in den letzten Jahrzehnten einen gewaltigen Aufschwung erfahren haben, obwohl sich die wissenschaftlich-technische Revolution auf alle Gebiete des gesellschaftlichen und auch privaten Lebens auswirkt, wird man sich dieser Realitäten leider nur ungenügend bewußt.

Wenn Sie in einer Gesprächsrunde mit Ihren Bekannten zugeben, daß Sie die Werke eines modernen Dramatikers, Schriftstellers oder Komponisten oder – was schlimmer ist – die Werke der Klassiker nicht kennen, hält man Sie für ungebildet. Ein Mensch mit Allgemeinbildung muß Namen wie Ionesco, Miller oder Ravel und die bekannten Werke von Hugo, Dostojewski sowie Fontane und Hauptmann kennen.

Machen Sie jedoch in der gleichen Gesellschaft den Versuch, nach Namen wie Mendelejew, Ampère, Faraday und Tesla oder – aus der jüngsten Vergangenheit – Kurtschatow und Fermi zu fragen! Versuchen Sie, die einfache Frage zu stellen, wieviel Elementarteilchen heute eigentlich bekannt sind, oder fragen Sie irgend jemanden nach dem Prinzip des Farbfernsehens! Sie bekommen bestenfalls einen verlegenen Blick als Antwort und gelten womöglich als Sonderling.

Sind denn Mendelejew und die anderen nicht auch Klassiker? Sind sie nicht Klassiker von Wissenschaft und Technik, die

auch ein nicht wegzudenkender Bestandteil der menschlichen Kultur sind? Denn mit Selbstverständlichkeit benutzen wir täglich die Ergebnisse ihres Lebenswerks. Verdienen diese Geistesgrößen nicht ebenso wie ihre „Kollegen“ aus Kunst und Literatur unsere Aufmerksamkeit?

Wo liegen die Wurzeln dieses Desinteresses an einem Gebiet kultureller Werte, während im Gegensatz dazu andere Gebiete überbewertet werden?

Man muß wahrscheinlich auf den Schulbänken beginnen. Vergleichen Sie doch einmal, welchen Raum man in den Schulbüchern den Klassikern der Literatur, ihrem Leben und ihrem Werk widmet, die ausführlich analysiert werden, und welcher Raum den Klassikern aus Wissenschaft und Technik zur Verfügung steht. In den Physiklehrbüchern finden sie nur kurz Erwähnung, obwohl ihr Leben und ihr Werk selbst ein Lehrbuch füllen könnten.

Wäre es nicht zweckmäßiger, zum Beispiel an Stelle des wiederholten Paukens des Ohmschen Gesetzes oder der Definition des Ohms den Schülern zuvor die Persönlichkeit Georg Simon Ohms und sein hartnäckiges Bemühen um die Erkenntnis der Naturgesetze, seine Erfolge und Mißerfolge nahezubringen und sie schließlich davon zu unterrichten, daß man ihm zu Ehren die Einheit des elektrischen Widerstandes mit Ohm bezeichnet hat? Sollten die Schüler nicht auch den Menschen sehen, dessen Leben ihnen sehr oft als Vorbild dienen könnte?

Diese kurzen Betrachtungen schöpfen bei weitem nicht das ganze Problem aus, dessen Lösung wir anstreben. Sie sind nur als Einleitung zu diesem Buch gedacht, mit dem versucht werden soll, sowohl Schülern und Studenten als auch der breiten Öffentlichkeit Begriffe nahezubringen, denen sie sich täglich gegenübergestellt sehen. Am Beispiel von Größen, die in Physik und Technik gebräuchlich sind und deren Maßeinheiten nach bedeutenden Wissenschaftlern und Technikern benannt wurden, soll der Nachweis erbracht werden, daß auch der Weg zur Erkenntnis ein spannendes Abenteuer sein kann und daß sich hinter so geläufigen Begriffen wie

Volt, Ampere oder Grad Celsius Menschen und die Früchte ihrer schöpferischen Arbeit verbergen.

* * *

Was stellen physikalische Größen eigentlich dar? Es sind dies ausgewählte, meist international standardisierte Begriffe, die die meßbaren Eigenschaften gegenständlicher Objekte zum Ausdruck bringen und einen Doppelcharakter haben: nämlich einen *qualitativen* und einen *quantitativen*.

Qualitativ bestimmt die gegebene Größe ihre Abhängigkeit von einer bestimmten physikalischen Eigenschaft, die oft bereits durch die Bezeichnung der Größe ausgedrückt wird (Geschwindigkeit, Leistung, magnetische Induktion u. a.). Quantitativ werden die Größe und gleichzeitig ihre Einheit durch eine bestimmte Beziehung zu einer oder mehreren Grundgrößen beziehungsweise zu deren Einheiten festgelegt, die schon vorher definiert sind (z. B. Einheit der Leistung:

$$\frac{\text{Joule}}{\text{Sekunde}} = \text{Watt}).$$

Durch eine konsequente Ableitung der neuen Begriffe aus den bereits vorher definierten Begriffen entsteht ein System aller Größen und Einheiten.

In der DDR gilt das Internationale Einheitensystem SI (Système International d'Unités). Auf der X. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) im Jahre 1960 in Paris wurden sechs Einheiten (Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere, Kelvin, Candela) als Grundlage für die Schaffung des internationalen Einheitensystems angenommen. Die XIII. Generalkonferenz schlug 1967 vor, als siebente Grundeinheit (Basiseinheit) des SI das Mol anzunehmen, und die XIV. Generalkonferenz billigte im Jahre 1971 diesen Vorschlag. Das neue System wurde von der 30. Sitzung der Ständigen Kommission für Standardisierung beim RGW im Mai 1972 in

Berlin sowie von allen RGW-Mitgliedsländern im Rahmen der internationalen Empfehlung RS 3472 angenommen. Das Internationale Einheitensystem (SI) umfaßt die Einheiten aller in der Praxis verwendeten wichtigen physikalischen Größen. Die Einheiten des SI werden in nachstehende drei Gruppen untergliedert:

1. Basiseinheiten: Einheiten für die Länge (Meter), die Masse (Kilogramm), die Zeit (Sekunde), die elektrische Stromstärke (Ampere), die thermodynamische Temperatur (Kelvin), die Stoffmenge (Mol) und die Lichtstärke (Candela).

2. Abgeleitete Einheiten: Es handelt sich um Einheiten, die mit Hilfe algebraischer Beziehungen ohne Zahlenfaktoren direkt von Basiseinheiten abgeleitet werden, und zwar durch Multiplikation und Division.

Abgeleitete Einheiten, die mit Hilfe der Basiseinheiten ausgedrückt werden, sind z. B. die Einheit der Beschleunigung ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$), der Wellenzahl (m^{-1}), der Leuchtdichte ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$) u. a.

Einige abgeleitete Einheiten haben besondere Namen erhalten; z. B. Einheit der Kraft – Newton ($\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$), der elektrischen Kapazität – Farad ($\text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$), der magnetischen Induktion – Tesla ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$) u. a. Weitere abgeleitete Einheiten, die durchaus etwas kompliziert erscheinen, haben keine besondere Benennung; z. B. Einheit der Entropie – Joule je Kelvin ($\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$), der elektrischen Verschiebung – Coulomb je Quadratmeter ($\text{m}^{-2} \cdot \text{s} \cdot \text{A}$), der molaren Energie – Joule je Mol ($\text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$).

3. Ergänzende Einheiten: Dazu gehören lediglich zwei geometrische Einheiten, bei denen man sich bisher nicht schlüssig geworden ist, ob es sich um Basiseinheiten oder um abgeleitete Einheiten handelt: Einheit des ebenen Winkels – Radiant (rad) und des Raumwinkels – Steradian (sr).

Die SI-Einheiten dieser drei Gruppen bilden einen „kohärenten“ (zusammenhängenden) Komplex, der im allgemeinen das „kohärente Einheitensystem“ genannt wird.

Die *Vielfachen* und die *Teile* von SI-Einheiten werden durch vorgeschriebene Vorsätze aus den Ausgangseinheiten gebildet. Als Ausgangseinheiten gelten bei jeder Größe die Einheiten des SI, nur beim Kilogramm geht man aus historischen Gründen vom „Gramm“ aus.

Als vorgeschriebene Vorsätze für SI-Einheiten gelten:

Faktor	Vorsatz	Zeichen	Faktor	Vorsatz	Zeichen
10^{18}	Exa	E	10^{-1}	Dezi	d
10^{15}	Peta	P	10^{-2}	Zenti	c
10^{12}	Tera	T	10^{-3}	Milli	m
10^9	Giga	G	10^{-6}	Mikro	μ
10^6	Mega	M	10^{-9}	Nano	n
10^3	Kilo	k	10^{-12}	Piko	p
10^2	Hekto	h	10^{-15}	Femto	f
10^1	Deka	da	10^{-18}	Atto	a

Einige Beispiele für die Anwendung von Vorsätzen sind Megawatt (MW), Kilojoule (kJ), Millivolt (mV), Nanometer (nm), Pikofarad (pF), Attocoulomb (aC).

Neben den SI-Einheiten dürfen ohne zeitliche Begrenzung auch einige Einheiten verwendet werden, die nicht zum SI gehören. Es handelt sich dabei um sehr verbreitete Einheiten, die für die Anwender von solcher Bedeutung sind, daß sie auch nach Einführung des Internationalen Einheitensystems als Sondereinheiten ihre Gültigkeit behalten mußten.

Zu diesen *zugelassenen* Einheiten gehören z. B. Stunde (h), Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Liter (l), Tonne (t) und weitere. Hierunter fallen auch einige in Spezialgebieten angewendete Einheiten wie Elektronenvolt (eV), Parsec (pc) u. a.

Nur diejenigen Einheiten, die zum SI gehören oder extra zugelassen sind, bilden die *gültigen Einheiten*.

Im vorliegenden Buch, das nach Art eines wissenschaftlichen Lexikons aufgebaut ist, wird konsequent angegeben, welche Einheiten gemäß den staatlichen Standards gültig sind.

Es muß erwähnt werden, daß sich unter den besprochenen

Einheiten auch einige *nicht zugelassene* (veraltete) *Einheiten* befinden, deren Anwendung nicht mehr gestattet ist. Bei diesen ist stets eine Umwandlungsbeziehung zu heute gültigen Einheiten angegeben. Jene veralteten Einheiten spielten, auch wenn sie keine Gültigkeit mehr besitzen, in der Geschichte von Wissenschaft und Technik eine wesentliche Rolle; darüber hinaus wurden sie nach bedeutenden Wissenschaftlern oder Technikern benannt, und daher hat ihre Einordnung in das vorliegende Buch ihre Berechtigung.

* * *

Wenn es gelungen ist, die angegebenen Einheiten für physikalische Größen mit Leben zu erfüllen, wenn es gelungen ist, sie in den Vorstellungen des Lesers Gestalt gewinnen zu lassen und in ihm Interesse zu erwecken, dann hat das Buch seinen Zweck erfüllt. Also dann: Guten Tag, Herr Ampère!

Der Autor



ANDRÉ MARIE AMPÈRE

Ampere (A) ist die *Basiseinheit* der elektrischen Stromstärke. Sie wurde zu Ehren des französischen Mathematikers und Physikers André Marie Ampère benannt.

Definition:

Das Ampere ist die Stärke des zeitlich unveränderlichen elektrischen Stromes durch zwei geradlinige, parallele, unendlich lange Leiter von vernachlässigbarem Querschnitt, die den Abstand 1 m haben und zwischen denen die durch den Strom elektrodynamisch hervorgerufene Kraft im leeren Raum je 1 m Länge der Doppelleitung $2 \cdot 10^{-7}$ N beträgt.

Anmerkung:

Das Ampere ist auch die SI-Einheit der magnetischen Spannung (siehe unter Gb).

André Marie Ampère wurde am 22. Januar 1775 in Polémieux bei Lyon geboren. Schon als Vierzehnjähriger las er mit Begeisterung alle zwanzig Bände der französischen Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert, die in ihm das Interesse für Naturwissenschaften, Mathematik und Philosophie wachriefen. Er widmete sich besonders dem Studium der Botanik, Chemie, Physik und Mathematik. Als Achtzehnjähriger beherrschte er außer Latein auch Italienisch und Griechisch.

Im Jahre 1801 wurde er Physikprofessor an der Zentralschule in Bourg-en-Bresse und wirkte bereits seit 1805 an dem bekannten Polytechnikum¹⁾ in Paris. Während dieser Zeit arbeitete er überwiegend auf dem Gebiet der Mathematik. Er veröffentlichte eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten über die Wahrscheinlichkeitstheorie, über die Anwendung der höheren Mathematik auf Probleme der Mechanik und über verschiedene Probleme der mathematischen Analysis.

Für seine wissenschaftlichen Arbeiten zur Theorie der Differentialgleichungen ernannte man ihn im Jahre 1814 zum Mitglied des „Instituts“ (wissenschaftliche Institution, aus der später die Französische Akademie der Wissenschaften hervorging) und im Jahre 1824 zum Professor für experimentelle Physik am Collège de France.

Die bedeutendsten Leistungen vollbrachte Ampère jedoch auf dem Gebiet der Physik. Im Jahre 1820 wurde die Aufmerksamkeit der Physiker durch das von Oersted entdeckte Phänomen der Wirkung des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel gefesselt. Noch im gleichen Jahr teilte Ampère während einer Sitzung der Akademie seine neuen Entdeckungen auf diesem Gebiet mit.

Zur Bestimmung der Abweichung des Nordpols einer Magnetnadel, die sich unter einem stromdurchflossenen elektrischen Leiter befindet, stellte er die sog. Daumenregel auf, die im Prinzip heute noch als „Rechte-Hand-Regel“ angewendet wird.

¹ École Polytechnique

A

Die sorgfältigen experimentellen und theoretischen Untersuchungen der wechselseitigen Wirkung zwischen elektrischem Strom und Magneten führten Ampère zur Entdeckung der Wechselwirkung elektrischer Ströme untereinander und zur Aufstellung einer ersten Theorie des Magnetismus. Mit dieser Theorie bewies Ampère den Zusammenhang zwischen Magnetismus und elektrischem Strom, d. h. zwischen zwei Gruppen von Erscheinungen, die man zuvor für völlig unabhängig voneinander gehalten hatte.

Im Jahre 1826 gelang es ihm, das quantitative Gesetz der Wechselwirkung elektrischer Ströme abzuleiten: „Die Kraft, mit der zwei Stromelemente aufeinander einwirken, ist dem Produkt der Stromstärken direkt proportional und dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional.“

Nach 1828 wandte sich Ampère erneut dem Gebiet der Mathematik zu und veröffentlichte noch einige Arbeiten zur höheren Mathematik. Er versuchte später auch, die Wissenschaften auf der Grundlage philosophischer und mathematischer Überlegungen zu klassifizieren.

Seine genialen wissenschaftlichen Arbeiten, die für die Physik von grundlegender Bedeutung sind, erkannte man bereits zu seinen Lebzeiten an. Trotzdem besaß er niemals ausreichende finanzielle Mittel für seine Versuche.

Er starb am 10. Juni 1836 auf einer Dienstreise nach Marseille.

* * *

François Arago klopfte einige Male an die Tür. Er wartete keine Antwort ab. Ampère arbeitete.

Arago erkannte das an dem Licht, das jeden Abend bis tief in die Nacht im Arbeitszimmer von Ampère brannte. »Er kommt aber doch«, dachte Arago, »wenn er die Versuche beendet hat.«

Nach einigen Tagen kam Ampère tatsächlich. Sein Gesicht glühte.

»François, ich habe ermittelt, daß die Wirtin innerhalb des vergangenen Jahres sechshundert Franken für Petersilie ausgegeben hat. Diese Person ruiniert mich! Ich habe versucht, mein Geld nachzuzählen, jedoch vergebens, denn ich besitze überhaupt kein Geld mehr. Was sagst du dazu, François? Du siehst doch, daß ich ratlos bin!«

»Ich begreife, André. Der Mensch kann nicht ungestraft sieben Tage und sieben Nächte lang über einem einzigen Brief hocken.«

»Das, was mir Oersted schrieb, hat weder Hand noch Fuß, und trotzdem ist es die Wahrheit. Er stellt Versuche an, beendet sie jedoch nicht. Er spricht Vermutungen aus, zieht aber keine Schlußfolgerungen daraus. Es ist eigentlich eine Schande, daß er die weitere Arbeit anderen überläßt.«

»Hat es sich für dich gelohnt, so viel zu arbeiten?«

»Ich habe versucht, eine Sache zu klären. Zunächst habe ich die Bezeichnungen genau unterschieden und festgelegt. Es existiert eine statische und eine dynamische Elektrizität. Die statische ist eine unbewegliche elektrische Ladung, die nur über eine Spannung verfügt, jedoch zu keiner Leistung fähig ist. Ihre Wirkung ist die Entladung. Als dynamische bezeichne ich die im Fluß begriffene Elektrizität, die entsteht, wenn ich beide Pole durch einen Leiter miteinander verbinde. Dieser elektrische Strom kann ununterbrochen chemische und physikalische Arbeit verrichten. Die chemische Leistung hat bereits Davy nachgewiesen. Den Schleier, der die physikalischen Effekte verhüllt, lüftete Oersted ein wenig. Er hat etwas entdeckt, aber nicht alles... Komm in mein Arbeitszimmer. Ich zeige dir etwas!«

Auf dem Arbeitstisch von Ampère stand eine Voltasche Batterie mit mehreren Elementen. Neben der Batterie standen einige Geräte, die für unterschiedliche Versuche vorbereitet waren. Ampère machte sich sofort an die Arbeit.

»Sieh her, hier habe ich eine frei aufgehängte Magnetnadel, die sich in waagerechter Lage drehen kann. Siehst du, die Nadel kommt in Richtung von Nord nach Süd in Ruhestellung. Über der Magnetnadel hängt dieser Draht in der gleichen Richtung wie die Nadel. Aber jetzt fließt durch ihn noch kein Strom.«

A

Ampère stellte den Stromanschluß her. Die Nadel schlug leicht aus und verharrte in einer schräg zum Draht gerichteten Stellung.

»Wie du siehst, François, wirkt der elektrische Strom auf die Magnetnadel und lenkt sie von der ursprünglichen Stellung ab. Bis hierher gelangte Oersted.«

Ampère stellte einen weiteren Versuch an, dann einen dritten und vierten. Schließlich griff er nach einer Spule, auf der ein isolierter Kupferdraht aufgewickelt war, hängte sie dicht über der Tischplatte auf, so daß sie in waagerechter Lage schwebte. Dann verband er beide Drahtenden mit den Polen der Batterie.

Er lächelte Arago schelmisch zu: »Was passiert, wenn ich zwei Magnete nehme und sie mit den Südpolen einander nähere?«

Arago lachte. »Beide Südpole werden sich gegenseitig abstoßen, André.«

»Und was passiert, wenn ich den Südpol des einen Magneten dem Nordpol des anderen Magneten annähere?«

»Dann werden sie sich, wenn ich mich nicht irre, gegenseitig anziehen.«

»Jetzt schau her«, bedeutete Ampère gewichtig, »ich leite in diese Drahtspule Strom.«

Ampère nahm einen Stabmagneten zur Hand. »Jetzt nähere ich den einen Pol des Magneten dem Spulenende. Was beobachtest du, François?«

»Der Magnet zieht die Spule an.«

»Und jetzt drehe ich den Stabmagneten um und nähere dem gleichen Spulenende den anderen Pol.«

Arago beobachtete mit Verwunderung, wie der Magnet die Spule abstieß. »Als wäre die Spule auch ein Magnet!« sagte er und schaute Ampère fragend an.

»Es ist sicher, daß im Falle des Stromflusses durch die Spule an ihren beiden Enden magnetische Kraftlinien entstehen.«

Arago stieß Ampère sanft zurück, damit er selbst den Versuch mit der Spule wiederholen konnte. Plötzlich blickte er auf.

»Hast du ein Stück Eisen, André? Am besten einen Eisenstab?«

»Wozu?«

»Du wirst sehen! Sieh dich schnell um, ob du nicht einen Eisenstab hast!«

»Hier ist eine Rundfeile. Sie ist auch aus Eisen.«

Arago zog von der Feile das Heft ab, steckte sie in die Spule. Er sammelte Nägel und andere kleine Metallteilchen, legte sie auf den Tisch in die Nähe der Spule und schaltete den Strom ein.

Alle Metallteilchen sprangen sofort an das vordere oder hintere Ende der Feile. Arago unterbrach den Strom. Die Eisennägel und die anderen Metallteilchen fielen sofort auf den Tisch zurück. Beliebiger schaltete Arago Strom ein und unterbrach ihn wieder, immer zeigte sich das gleiche Wechselspiel der entstehenden und schwindenden Anziehungskraft.

Ampère beobachtete mit steigender Verwunderung die Versuche Aragos. »Was... was machst du da?«, fragte er überrascht.

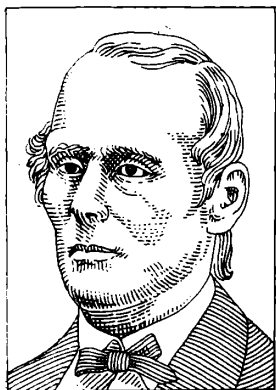
»Einen künstlichen Magneten, André!...«

...»Einen elektrischen Magneten, André. Wir könnten behaupten, daß es sich um einen Elektromagneten handelt!«

»Ja, aber das ist doch erstaunlich...« Jetzt wiederholte Ampère erneut die Versuche von Arago. Nach einer Weile trat er zu Arago.

»Du hast recht, François. Eisen läßt sich durch den elektrischen Strom über eine beliebig lange Zeit magnetisieren und so stark, wie wir es wollen.«

»Aber nur Eisen«, sagte Arago und stand auf.



ANDERS JONAS ÅNGSTRÖM

Ångström (Å) ist eine SI-fremde, *befristet gültige* Längeneinheit. Sie wurde zu Ehren des schwedischen Physikers und Astronomen Anders Jonas Ångström benannt.

Anmerkung:

Das Ångström wurde in der Spektroskopie als Einheit der Wellenlänge verwendet. An Stelle des Ångström wird heute die zehnmal so große Einheit Nanometer (nm) benutzt.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ mm} = 10^{-10} \text{ m}$



Anders Jönas Ångström wurde am 13. August 1814 in Lögdö (Medelpad) in Schweden als Sohn eines Landpfarrers geboren. Nach Abschluß der Mittelschule studierte er Physik an der Universität in Uppsala und erlangte im Jahre 1839 den Doktorgrad. Einige Jahre lehrte er in Uppsala Physik und Astronomie. 1858 wurde er zum Professor für Physik an der gleichen Universität ernannt.

Im Jahre 1853 erschien seine Monografie „Optische Untersuchungen“, in der er die Ergebnisse zahlreicher Messungen an den Spektren der Atome darlegte. Als erster wies er auf den Doppelcharakter der Funkenspektren hin, der darin besteht, daß einige Linien durch die Elektroden, die übrigen Linien durch das zwischen ihnen befindliche Gas verursacht werden. In dieser Arbeit machte er weiterhin auf den komplizierten Charakter der Spektren von Legierungen aufmerksam. In der Diskussion seiner Ergebnisse und durch einen Vergleich mit der Eulerschen Theorie der Resonanz kam er zu der Vermutung, daß Gase Strahlung der gleichen Wellenlänge aussenden wie auch absorbieren, heute als das Grundprinzip der Spektralanalyse bekannt. Den experimentellen Nachweis erbrachte später G. R. Kirchhoff.

Ångströms Forschungsergebnisse zeigten erstmals klar die Bedeutung der Wechselbeziehung zwischen den Absorptions- und den Emissionsspektren für die Astronomie, denn mit den Spektren der Himmelskörper konnten die dort vorhandenen Elemente nachgewiesen werden. Im Jahre 1861 begann Ångström, das Sonnenspektrum zu studieren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen veröffentlichte er später – im Jahre 1869 – in seinem großen Werk „Untersuchungen des Sonnenspektrums“, das durch den „Atlas der Spektren“ ergänzt wurde. Abgesehen von unwesentlichen Fehlern in den Zahlenwerten (etwa 0,13%), wurde sein Atlas das Standardwerk für die folgenden zwanzig Jahre.

Im Jahre 1862 teilte Ångström mit, daß er das Vorhandensein von Wasserstoff auf der Sonne festgestellt habe. 1867 untersuchte er als erster das Spektrum des Polarlichtes und studierte besonders dessen charakteristische gelbe und grüne

Linien, die häufig nach ihm benannt werden.

In seinen weiteren Arbeiten beschäftigte sich Ångström mit Problemen des Erdmagnetismus, der Wärmeleitung, der Änderungen der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur, der optischen Effekte in Kristallen, der Bahn des Halleyschen Kometen und anderen Fragen. In erster Linie arbeitete er auf dem Gebiet der Optik.

In Schweden fanden die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeiten Ångströms nur zögernd Anerkennung. Grund dafür waren besonders sein verschlossener Charakter und seine Abneigung gegenüber Popularität. Im Ausland wurden seine Arbeiten anfangs nicht bekannt, da er einen großen Teil seiner Veröffentlichungen in schwedischer Sprache abfaßte. Anerkennung wurde ihm dann schließlich doch zuteil: Er wurde Mitglied der Schwedischen Akademie der Wissenschaften und im Jahre 1870 Mitglied der Londoner Royal Society, die ihn zwei Jahre später mit der Rumford-Medaille ehrte. In den Jahren 1870 und 1871 war er Rektor der Universität.

Er starb am 21. Juni 1874 in Uppsala.

* * *

Es war ein herrlicher Sommertag im Jahre 1870. Die Sonnenstrahlen erwärmten angenehm die vierhundertjährigen Mauern der altertümlichen schwedischen Universität in Uppsala. Aus dem Botaniska Trädgården, dem Botanischen Garten, der an die Zeiten des berühmten Linné erinnerte, verbreitete sich ein berauschender Duft.

In der festlich geschmückten Aula versammelten sich die Professoren und Dozenten der Universität in farbenprächtigen Gewändern, die Studenten in weißen samtenen Mützen mit schwarzem Streifen und blaugelber Kokarde.

Die Blicke der Anwesenden richteten sich auf den Eingang, von wo der Zug der Würdenträger der Universität kam. Die

Pedelle trugen die Insignien¹⁾, die König Gustav II. Adolf der Universität verliehen hatte. In diesem Zug schritt zur Rechten Ångströms der verehrte Gast – der Vizepräsident der Royal Society in London – Edward Sabine.

Dieser bedeutende englische General, ein Naturwissenschaftler und Physiker, war nach Uppsala gekommen, um Ångström persönlich mitzuteilen, daß er der erste Schwede sei, dem die Ehre gebührte, Mitglied der Royal Society zu werden.

»Werte Anwesende«, wandte sich Sabine an die feierliche Versammlung, »die Royal Society in London hat mich beauftragt, die Ernennungsurkunde und den Ehrentitel eines Mitglieds der Royal Society dem Rektor Ihrer Universität, Seiner Magnifizenz Anders Jonas Ångström, zu überreichen. Die Royal Society möchte damit seine umfangreiche Forschungsarbeit und die hervorragenden Erfolge würdigen, die er auf vielen Gebieten der Physik, insbesondere aber bei der Spektroskopie und Spektralanalyse des Lichtes von Himmelskörpern erreicht hat.«

Ångström war tief gerührt. Er persönlich hatte nie das Gefühl, daß seine Arbeit und seine Verdienste so groß und bedeutend seien, wie dies in Sabines Worten zum Ausdruck kam. Auf Grund seiner bescheidenen Natur hielt er seine Arbeit für einen nur geringfügigen Anteil im Vergleich zu den Anstrengungen, die im Dienste des Fortschritts von den übrigen Forschern unternommen wurden.

Er schloß für einen Moment die Augen. Er erblickte das bescheidene Zimmerchen auf der Pfarre in der Gemeinde Sättna, wo sein Vater Pastor war.

»Anders, die Ferien sind zu Ende, du mußt wieder nach Uppsala«, hörte er die Stimme der Mutter.

»Ja, so schnell sind sie vergangen, und trotzdem freue ich mich schon....«

»Du freust dich, daß du uns verläßt?«

»Das nicht, Mütterchen. Ich bin gern bei euch. Es ist hier schön, angenehm, einfach – zu Hause.«

¹ Pedelle – niedere Universitätsbeamten; Insignien – Wappen der Ehren- oder Standeswürden

»Warum freust du dich dann auf die Abreise?«

»Weißt du, es gibt dort so viele interessante Dinge... Die Untersuchung unerforschter Geheimnisse der Materie, der Wellen, der Optik, der Elektrizität und des Magnetismus! Diese Arbeit gibt mir viel mehr als lange Stunden aufreibenden Studiums.«

Ångström unterhielt sich gern über seine Arbeit am Lehrstuhl für Physik, wo er bei Experimenten half.

»Daß dir das nur nicht beim Studium fehlt«, sorgte sich die Mutter. »Denn das, was wir dir beisteuern, reicht kaum für die Bücher...«

»Mach dir keine Sorgen, Mütterchen. Ich unterrichte die Studenten der Mittelschule in Mathematik und Physik. So gewinne ich neben dem Geld auch pädagogische Erfahrungen.« Das Bild der Mutter schwand vor den Augen, und ihm erschien das strenge Gesicht Professor Rudbergs. Gerade war die Physikprüfung zu Ende gegangen. Sie hatte über sieben Stunden gedauert, und Ångström erinnerte sich noch nach Jahren genau an ihren Verlauf.

»Herr Ångström, die Prüfung war für Sie gewiß sehr lang und anstrengend. Mit Ihren Kenntnissen bin ich aber außerordentlich zufrieden, das Prüfungsergebnis ist ausgezeichnet.«

»Ich danke Ihnen, Herr Professor... Eine solch lange Prüfung habe ich an der Universität noch nicht erlebt...«

»Ich habe Sie nicht deshalb so lange geprüft, weil ich etwa Ihre Kenntnisse anzweifelte. Im Gegenteil. Ich kenne Sie schon lange, praktisch aus der gesamten Studienzeit an der Universität..., und dann durch die Arbeit, die Sie bei uns geleistet haben.«

Professor Rudberg erhob sich und trat zu Ångström. Er hakte sich bei dem Studenten ein und führte ihn ans Fenster.

»Es ging mir besonders darum zu erfahren, für welche Gebiete der Physik Sie sich am meisten interessieren. Das, was ich gehört habe, genügt mir. Nachdem Sie nun den Doktorgrad erlangt haben, biete ich Ihnen die Stelle eines Assistenten am Lehrstuhl für Physik an...«

Später, als er bereits selbst Physikprofessor war, stand ihm Thalén als treuer Gehilfe und Assistent zur Seite. Dankbar erinnerte er sich an dessen geschickte Hände, mit denen er Tausende Beobachtungen von Spektren vieler Metalle und Legierungen vorbereitet hatte.

»Es kann keinen Zweifel geben daran«, fuhr Sabine fort, und Ångström folgte wieder eine Weile der Festansprache, »daß die Physik gemeinsam mit der Mathematik Grundlage der Naturwissenschaften und der technischen Wissenschaften ist. England als fortschrittliches, industriell entwickeltes Land weiß die wissenschaftliche Arbeit und ihre Ergebnisse auf dem Gebiet der exakten Wissenschaften hoch zu schätzen.«

»Ich wollte niemals Priorität erlangen, um persönlichen Ruhm oder Nutzen daraus zu ziehen«, dachte Ångström. »Ich habe klar gespürt, daß es bei dieser Arbeit das Wichtigste ist, daß sich der Forscher nach der Enthüllung verborgener Geheimnisse der Materie sehnen muß.«

Ein mächtiger Applaus riß ihn aus seiner Überlegung. Bevor er sich bewußt wurde, daß er ihm galt, stand Sabine vor ihm und reichte ihm mit beiden Händen ein zusammengerolltes Pergament.

»Herr Professor Ångström! Nehmen Sie diese Ehrung und meinen aufrichtigen und herzlichen Glückwunsch entgegen!«



ALEXANDER GRAHAM BELL

Bel (B) ist die Einheit des Pegels der akustischen Leistung. Sie wurde zu Ehren des amerikanischen Erfinders Alexander Graham Bell benannt.

Definition:

Das Dezibel ist ein Kennwort, eine dimensionslose Einheit, die den relativen Wert der akustischen Leistung als das Zehnfache des dekadischen Logarithmus des Verhältnisses der gegebenen und einer Bezugsleistung ausdrückt.

Anmerkung:

Meist wird das Dezibel (dB) – der zehnte Teil des Bel – verwendet: $1 \text{ dB} = 10^{-1} \text{ B}$.

Das Dezibel ist auch die Einheit des Schallintensitätspegels und des Schalldruckpegels. Es wird ebenfalls zur Kennzeichnung logarithmierter Verhältnisse elektrischer Leistungswerte benutzt.

Alexander Graham Bell stammte aus Edinburgh in Schottland. Dort wurde er als Sohn eines Lehrers für Schwerhörige und Sprachbehinderte am 3. März 1847 geboren. Er war kein Wunderkind, befaßte sich aber mit naturwissenschaftlichen Sammlungen und verfügte über ein ausgezeichnetes musikalisches Gehör. Daher widmete er sich der Musik und erlernte auch den Beruf des Vaters.

Als Fünfzehnjähriger absolvierte er die Mittelschule. Dann nahm er an der Universität in Edinburgh ein Medizinstudium auf. Einige Zeit darauf war er Lehrer in Elgin, setzte dann jedoch sein Studium an der Universität in London fort. Im Jahre 1871 siedelte er zusammen mit seinen Eltern in die Vereinigten Staaten von Amerika über, wo er die amerikanische Staatsbürgerschaft annahm.

Noch während seines Wirkens in Elgin hatte er begonnen, sich für akustische Versuche zu interessieren. Er studierte die Helmholtzschen Arbeiten, die ihn dazu anregten, sich mit der Untersuchung der Schallwellen zu befassen. Im Jahre 1872 wurde er Professor für Physiologie der Sprechwerkzeuge an der Universität in Boston; hier begannen auch seine fruchtbaren Jahre als Erfinder.

Das Studium der Mechanik der Sprache brachte ihn auf den Gedanken, eine Einrichtung für eine telegrafische Verbindung zu konstruieren. Er experimentierte mit der telegrafischen Übertragung von Nachrichten, wobei er ein von einem Elektromagneten betätigtes Eisenplättchen als Membran verwendete. Danach arbeitete er gemeinsam mit Thomas Watson an Übertragungen und am Empfang von Nachrichten nach dem elektromagnetischen Prinzip. Im Verlauf dieser Experimente mit dem Telegrafen erfand er das Prinzip des Telefons.

In den Jahren 1875 bis 1877 wurden ihm drei Patente erteilt. Die Erfindung des Telefons brachte ihm einige Gerichtsprozesse ein, jedoch bestätigte man ihm die Urheberschaft.

Bei seiner Tätigkeit als Erfinder konzentrierte sich Bell auf zwei Hauptgebiete: ein System der Mehrfachtelegrafie und das Studium der Luftschwingungen im Ohr während

B

der Aufnahme von Stimmlauten. Er konstruierte auch mehrere Hilfsmittel und Einrichtungen für den Unterricht schwerhöriger Menschen. Zugleich befaßte er sich mit der Konstruktion eines Phonografen. In Konkurrenz mit Edison erwies sich die von Bell vorgeschlagene geriffelte Wachswalze mit Spiralen-Tonaufnahme als die bessere.

Bell wurde zum Begründer der industriellen Fertigung von Telefonanlagen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Er gründete die Zeitschrift „Science“ („Wissenschaft“) und die „Amerikanische Vereinigung für das Erlernen der Sprache“. Verdienstvoll war seine Arbeit an der Smithsonian Institution¹), deren Berater er seit 1898 war. Die Londoner Royal Society zeichnete ihn 1913 mit der Hughes-Medaille aus. Er erlebte noch den gewaltigen Erfolg seiner Erfindung, und die Telefongesellschaft, die er begründet hatte, zeigt noch heute in ihrem Wahrzeichen die blaue Glocke, die aus einer seiner Kinderzeichnungen stammt.

Alexander Graham Bell starb am 1. August 1922 in der Nähe von Baddeck auf Cape Breton Island im kanadischen Neu-Schottland.

* * *

An jenem denkwürdigen Tag – es war genau am 2. Juni 1875 – wiederholten Bell und sein farbiger Gehilfe Watson vielleicht schon zum hundertsten Mal die Versuche mit dem Harmonic-Telegraphen. Als Laboratorium dienten ihnen zwei bescheidene Räume auf dem Boden des Hauses Nr. 109 in der Court Street. Watson sandte gerade aus dem einen Raum Signale aus, während Bell im anderen Raum die Oszillationsplättchen abzustimmen versuchte. Es gelang nicht. Bell erklärte sich die

¹ Von James Smithson (1765—1829) gestiftete, 1846 in Washington gegründete Einrichtung zur „Vermehrung und Verbreitung des Wissens“

grillenhafte Funktion der Oszillationsplättchen dadurch, daß sie nicht genau aufeinander abgestimmt waren. Durch eine geeignete Einstellung der Oszillationsplättchen konnte man die Länge und Anzahl der Schwingungen in bestimmten Grenzen verändern.

Im Verlauf der Versuche brachte Watson abwechselnd die Sende-Oszillationsplättchen zum Vibrieren, während Bell bemüht war, mit Hilfe seines außerordentlich feinen musikalischen Gehörs die Empfangs-Oszillationsplättchen mit ersteren abzustimmen. Er legte sie sich einzeln an das Ohr und prüfte ihren Ton, der durch die elektrischen Impulse entstand.

Kurzum, die Situation entwickelte sich nicht günstig. Watson, durch die sechzehnständige Tagesarbeit erschöpft, sandte müßmutig Signale aus, während Bell wie stets voller Energie arbeitete und sich durch den Mißerfolg nicht mutlos machen ließ. Gerade legte er sich ein Oszillationsplättchen an das Ohr und lauschte gespannt. Im Ohr erklang ein besonderer Ton. Er rührte von dem vibrierenden Oszillationsplättchen her, jedoch war es, wie er sofort feststellte, nicht jener vertraute Ton, der durch die elektrischen Impulse erregt wurde. Der gesamte Effekt dauerte nur einen Augenblick. Dies war jedoch der Augenblick der Erkenntnis! Bell wurde sich dessen bewußt, daß er den so lange gesuchten Schlüssel zur Lösung des Rätsels gefunden hatte.

Heftig legte er die Oszillationsplatte auf den Tisch und eilte mit energischen Schritten in das Zimmer nebenan.

Äußerst erregt schrie er auf den erschrockenen Watson ein:

»Was haben Sie gemacht? Lassen Sie alles unverändert! Ich will das sehen!«

»Entschuldigen Sie bitte, Herr Professor«, wehrte sich der nichtsahnende Watson, »ich war sehr müde, deshalb habe ich den Fehler gemacht.«

»Aber was haben Sie denn gemacht?« fragte Bell, immer noch sehr aufgeregt.

Watson begann zu erläutern. Als er die Oszillationsplatte in Tätigkeit setzen wollte, ließ sich das Gerät infolge eines schlecht eingestellten Drehkontaktes nicht an die Leitung anschließen.

B

Um den Fehler zu beseitigen, begann er die Membrane zu bewegen und brachte sie dadurch in Erregung. Diese Vibration fing Bell im Empfänger auf. Der Effekt sah etwa so aus, als klopfte man am heutigen Telefon mit dem Finger auf die Membran.

Bell fand sofort die Erklärung: Die über dem Elektromagneten schwingende Zunge induzierte in der Wicklung einen Strom. Den Empfänger setzten also nicht elektrische Impulse, die vom Gerät ausgingen, in Tätigkeit, sondern der induzierte Strom, der durch die Schwingungen der Zunge entstand.

Durch diesen Zufall wurde das Telefon geboren. Bell wurde sich bewußt, daß er einen Mechanismus gefunden hatte, der die Übertragung jedes Tones, also auch der menschlichen Sprache, auf elektrischem Wege möglich machte.

Der temperamentvolle Bell begann, was nach gelungenen Versuchen stets der Fall war, in seiner explosiven Freude einen wilden Indianertanz zu vollführen, den er bei den Ureinwohnern der Reservation bei Brantford oft gesehen hatte. Auch dieses Mal wurde Watson Zeuge, wie der geschätzte Bostoner Universitätsprofessor vor Freude tanzte. Er wußte zwar nicht genau, worum es ging, aber angesichts der riesigen Freude Bells schloß er sich, seinen anfänglichen Schrecken abschüttelnd, dem tanzenden Professor mit dem von seinen entfernten afrikanischen Vorfahren geerbten Schwung an.

Viele Male noch wiederholten sie den Versuch, und etwa eine Stunde später erteilte Bell Watson genaue Anweisungen zum Aufbau des ersten Telefons. Sie konnten praktisch alle Teile des Harmonic-Telegraphen verwenden, die man nur unwesentlich anzupassen brauchte. Die Membran des ersten Telefons bestand aus einem dünnen Plättchen, in dessen Mitte Watson das Oszillationsplättchen anbrachte. Um die Schallwellen möglichst gut auffangen zu können, befestigten sie an beiden Membranen – der Sende- und Empfangsmembrane – einen Trichter.

Es war fast Mitternacht, als Bell zusammen mit Watson auf die menschenleere Bostoner Straße hinaustrat...

* * *

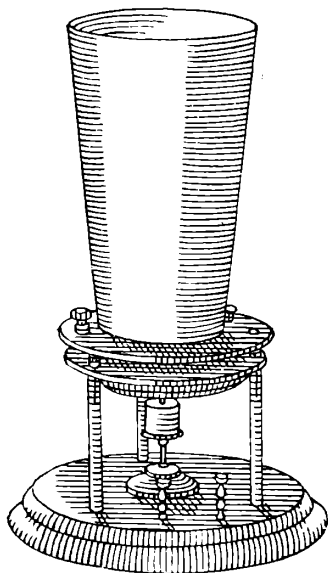
Hubbard erwartete Bells Besuch.

»Ich habe von Mabel gehört, daß der Harmonic-Telegraf endlich fertig ist«, sprach der Advokat. Freudig blitzte er mit den Augen und rieb sich die Hände.

»Nein, Herr Hubbard«, antwortete Bell ruhig und leise.

»Aber Sie schrieben doch Mabel, daß er abgeschlossen ist«, meldete sich nervös der Advokat.

»Ja, er ist fertig, Herr Hubbard, aber nicht der Harmonic-Telegraf. Das Telefon. Gestern nachmittag habe ich es mit Watson ausprobiert. Ich habe das Grundprinzip der Schallübertragung auf elektrischem Wege aufgedeckt; jetzt brauche ich meinen Apparat nur noch zu vervollkommen. Aber ich habe kein Geld. Ich bin gekommen, damit wir den ursprüng-



Graham Bells Telefon,
die Sensation
der Weltausstellung
in Philadelphia 1876

lichen Vertrag über den Harmonic-Telegraphen aufheben und einen neuen über das Telefon abschließen.«

»Davon kann überhaupt keine Rede sein«, antwortete ungeduldig Herr Hubbard. »Ich habe Ihnen schon einmal klar gesagt, daß ich für Ihre fixen Ideen keinen Cent gebe. Was wollen Sie eigentlich mit diesem Telefon? Und wenn es auch gelänge? Wer kauft Ihnen das Patent für irgendein Spielzeug ab? Siebenhundertfünfzigtausend, begreifen Sie, eine dreiviertel Million Dollar können wir für den Harmonic-Telegraphen bekommen! Daran arbeiten Sie! Hören Sie auf, sich mit diesem sinnlosen Telefon zu befassen!«

Bell blieb, genauso wie einst sein Vater im Streit mit den Presbyterianern, unbeugsam.

»Ich lasse es nicht, Herr Hubbard! Vom heutigen Tage an hört für mich der Harmonic-Telegraph auf zu existieren. Es gibt nur noch das Telefon!«

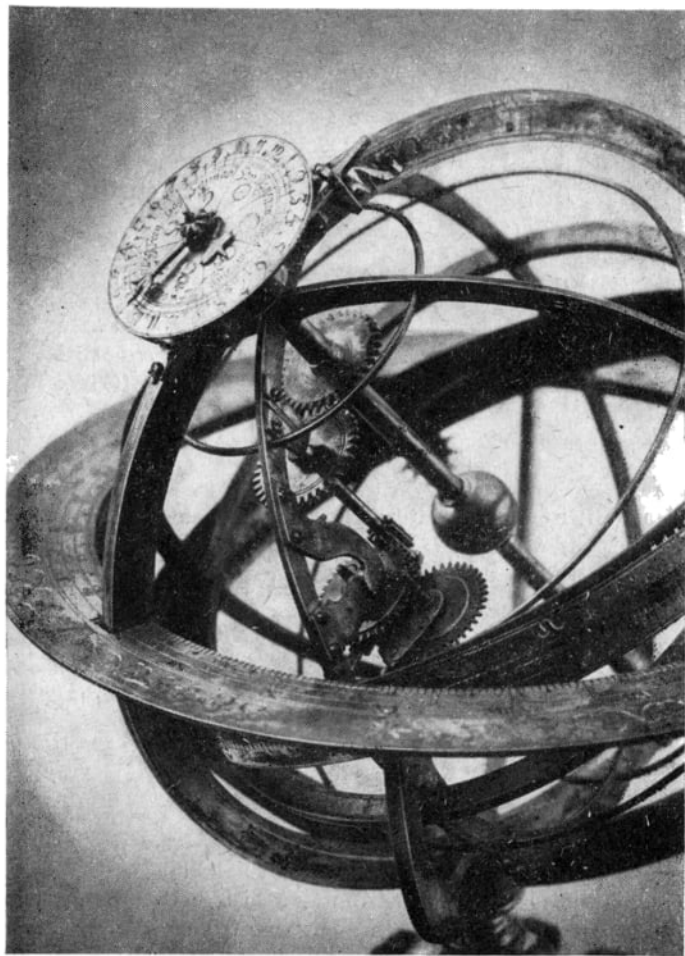
»Sie wollen mit dem Kopf durch die Wand, Sie stürzen sich ins Verderben, und ich vermag in keiner Weise Sie aufzuhalten. Geld gebe ich Ihnen auf keinen Fall!«

»Auch wenn Sie mich, Herr Hubbard, als mein zukünftiger Schwiegervater nicht unterstützen wollen, bin ich davon überzeugt, daß ich bei Sanders nicht vergeblich vorsprechen werde.« Der Advokat verlor vollends die Geduld. Nervös strich er sich den weißen Bart und entgegnete: »Ob ich Ihr Schwiegervater sein werde, Herr Bell, das werden wir noch sehen. Jetzt sagen Sie mir aber trotzdem, was mit meinem Geld wird, das ich in den Harmonic-Telegraphen investiert habe?«

»Ich bin noch niemandem etwas schuldig geblieben,« antwortete Bell, »auch Sie, Herr Hubbard, erhalten Ihr Geld samt Zinsen zurück, denn nicht der Harmonic-Telegraph, sondern das Telefon ist meine große Erfindung.«

»Lassen wir das«, winkte der Advokat verärgert ab, »es scheint, daß Sie in kürzester Zeit mit diesem... ehm, diesem Telefon so stark beschäftigt sein werden, daß Sie keine Zeit mehr finden, uns zu besuchen.«

Bell erhob sich vom Sofa, verneigte sich und antwortete mit gedämpfter Stimme: »Ich verstehe, Herr Hubbard.«



Teilansicht einer Armillarsphäre (Instrument für astronomische Messungen) (1687)



JEAN BAPTISTE BIOT

Biot (Bi) ist eine veraltete Einheit der elektrischen Stromstärke. Sie wurde zu Ehren des französischen Physikers, Mathematikers und Astronomen Jean Baptiste Biot benannt.

Anmerkung:

Biot ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit. Die Basiseinheit der elektrischen Stromstärke ist das Ampere (siehe unter A). Biot war eine Einheit des früher einmal vorgeschlagenen CGSB-Systems (Zentimeter-Gramm-Sekunde-Biot), das aber nicht angenommen wurde.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Bi} = 10 \text{ A}$

Jean Baptiste Biot wurde am 21. April 1774 in Paris geboren. Er studierte an der École Polytechnique und beteiligte sich an dem versuchten Royalistenaufrustand, den Napoleon Bonaparte niederschlug. Nach Verbüßung einer kurzen Haftstrafe wurde er später nach Beendigung seines Studiums Lehrer an der Mittelschule in Beauvais.

Er wurde mit dem berühmten Mathematiker, Physiker und Astronomen Pierre Simone Laplace bekannt, dem er bei der Korrektur seines Werkes über die Himmelsmechanik behilflich war. Auf Laplaces Fürsprache hin wurde er mit sechsundzwanzig Jahren Mathematik- und Physikprofessor am Collège de France.

In seinen ersten wissenschaftlichen Arbeiten entwickelte er die analytische Geometrie der Kegelschnitte und Kurven zweiter Ordnung. Im Jahre 1803 untersuchte er eine Sammlung von Steinen, die angeblich „vom Himmel gefallen“ wären. Mit den Untersuchungsergebnissen überzeugte er damals skeptische Gelehrte von der Existenz der Meteoriten. Im gleichen Jahr ernannte man ihn zum ordentlichen Mitglied der französischen Akademie, wo er durch den mutigen Protest gegen Napoleons Bestrebungen, die Akademie für seine politischen Ziele zu mißbrauchen, Aufmerksamkeit erreichte.

Im Jahre 1804 unternahm er zusammen mit Louis Gay-Lussac Flüge in einem Ballon. Sie stiegen 7000 m hoch und ermittelten, daß sich die magnetische Feldstärke der Erde auch in dieser Höhe nicht wesentlich ändert und daß die Luft die gleiche Zusammensetzung aufweist wie an der Erdoberfläche. Sie nahmen auch Versuchstiere mit und führten in einer Höhe von 2000 bis 5000 m eine Reihe weiterer Versuche und Beobachtungen aus. Eine gemeinsame Expedition nach Spanien, wo er die Vermessung des französischen Meridians fortsetzte, verband ihn freundschaftlich mit dem Physiker und Astronomen Dominique François Arago. Jedoch verursachte später die Neubelebung der Wellentheorie des Lichtes eine Konfrontation beider Physiker. Biot und Arago waren ursprünglich Verfechter der Korpuskel-Theorie. Biot verfaßte darüber schließlich zu Ehren seines Gönners

Laplace eine einfallsreiche mathematische Abhandlung. Arago dagegen wurde bald darauf einer der ersten Verfechter der Wellentheorie. Zwischen den beiden entstand eine erbitterte Gegnerschaft, die ihrer zehnjährigen Freundschaft ein Ende setzte.

In den folgenden Jahren unternahm Biot noch zahlreiche Expeditionen zur Durchführung geodätischer Messungen. Er bestimmte die zeitlichen und räumlichen Abweichungen der Gravitation. Wertvoll sind auch seine Studien der ägyptischen, chaldäischen, indischen und chinesischen Astronomie. Er beteiligte sich an der Herleitung des Biot-Savart'schen Gesetzes, das die Stärke des durch einen stromdurchflossenen Leiter erregten Magnetfeldes angibt. Aus der Vielzahl von fast 300 wissenschaftlichen Arbeiten sind insbesondere diejenigen bemerkenswert, in denen er die Polarisation und Doppelbrechung des Lichtes untersuchte. Als er im Jahre 1815 mit Lösungen organischer Verbindungen experimentierte, stellte er fest, daß einige die Ebene der Lichtpolarisation im Uhrzeigersinn und andere im entgegengesetzten Sinn drehen. Schon damals sprach er die Vermutung aus, daß die Ursache dafür in der Asymmetrie der Molekülstruktur zu suchen ist. Im Jahre 1835 verwies er darauf, daß man die Hydrolyse des Zuckers mit Hilfe der besagten Änderungen der Drehung der Polarisationssebene beobachten kann. Damit schuf er die Grundlagen der Polarimetrie.

In Anerkennung seiner Ergebnisse bei wissenschaftlichen Arbeiten wurde er zum Mitglied der Royal Society in London berufen, die ihn 1840 mit der Rumford-Medaille auszeichnete. Im Jahre 1849 erhielt er den Titel eines Kommandeurs der Ehrenlegion.

Jean Baptiste Biot starb am 3. Februar 1862 in Paris.

* * *

Die Strahlen der Spätsommersonne überfluteten das Seineufer mit einem goldenen Schein. Ampère ging langsamen Schrittes spazieren und atmete mit Wonne den Duft des nahenden Herbstes ein. In Gedanken versunken hob er einen Stein von der Erde auf und betrachtete ihn mit der Aufmerksamkeit eines Forschers von allen Seiten. An das Geländer gelehnt, führte er in Gedanken eine mineralogische Analyse durch. Dann richtete er sich auf, mit dem Ergebnis sichtlich zufrieden, und blickte umher. In diesem Augenblick erinnerte er sich.

»Mon Dieu! Das Treffen mit Biot!«

Er eilte über die Brücke. Ungeduldig nahm er die Uhr aus der Tasche. Er dachte, daß er zu spät kommen würde, und beschleunigte seinen Schritt. Den Stein, den er noch immer in der anderen Hand umklammert hielt, steckte er in die Tasche, und die Uhr landete auf dem Grund des Flusses, nachdem sie einen schönen Bogen ausgeführt hatte.

Er traf Biot und Arago über Geräten an, die Oersted beschrieben hatte, erwartungsvoll und ungeduldig.

»Endlich!« riefen die beiden an Stelle einer Begrüßung.

»Ich habe mich verspätet«, sagte Ampère etwas verwirrt.

»Höchstens zwanzig Minuten.«

Er griff in die Tasche und nahm vor den Augen der Kollegen den Stein heraus. Er blickte in stummem Entsetzen einen Augenblick darauf. Dann schlug er sich gegen die Stirn und brach in Lachen aus.

»Ach, meine Zerstretheit! Ich habe den Stein eingesteckt und die Uhr... hm, ist in der Seine...«, sagte er schließlich verlegen.

»Was denn?!« rief Arago aus. Entsetzt schaute er den Freund an und sagte dann: »André, dieses Ereignis wird in die Geschichte eingehen!«

»Daß Sie demnächst ja nicht selbst in den Fluß springen«, fügte Biot mit einem Lächeln hinzu. »Aber kommen wir zur Sache!«

Die Wissenschaftler neigten sich über die Geräte. Sie bemerkten gar nicht, wie ihnen in angestrengter Arbeit, ab und zu durch einen Meinungswechsel unterbrochen, die Zeit davonlief.

Auch jetzt trat für eine Weile Stille ein. Arago folgte mit dem Blick seinem ausgestreckten rechten Arm, den er an einem Kupferdraht entlang schob.

»In solchem Fall sollte also Gültigkeit haben«, sagte er nach einer Weile, »daß, halten wir die Magnetnadel, den Leiter und die rechte Handfläche übereinander, uns die Finger die Stromrichtung und der Daumen die Ablenkung des Nordpols der Magnetnadel anzeigen.«

»Darum geht es ja gerade«, stimmte Ampère zu. »Man muß die Regel jedoch noch präzisieren, insbesondere so, daß die Hand mit der Innenseite zum Leiter und zur Magnetnadel gerichtet sein muß.«

»Der Vorschlag leuchtet mir ein. Wir sollten ihn in der Akademie vortragen«, sagte Biot. Da fiel sein Blick auf den Boden zu Ampères Füßen.

»Haben Sie etwas verloren?« fragte er und hob vom Fußboden eine kleine, nur etwa daumengroße Menschenfigur auf, die gekonnt aus Pappe ausgeschnitten war. Die Figur hatte ausgestreckte Arme, leicht angewinkelte Beine, und die mit Farben ausgemalte Badehose ließ keinen Zweifel offen, daß es sich um einen Schwimmer handelte.

Ampère schaute eine Weile verlegen auf die kleine Figur, nahm diese dann jedoch Biot aus der Hand und sagte mit einem Lächeln: »Vielleicht werden mich die Herren deshalb auslachen, weil ich mit ausgeschnittenen Figuren spiele, aber dieser kleine Mensch hängt mit dem zusammen, worüber wir vor einer Weile gesprochen haben.«

»Sie spannen unsere Aufmerksamkeit auf die Folter«, unterbrach ihn Biot ungeduldig.

Ampère legte den Schwimmer auf den Draht. »Wir wollen ihm befehlen, in Stromrichtung zu schwimmen, und den Leiter sowie die Magnetnadel beobachten«, erläuterte er. »Mit der linken Hand zeigt er uns stets die Richtung des Ausschlags des Nordpols der Magnetnadel an.«

»Aber das ist ja prächtig, das gefällt mir, André!« sagte Arago.

»Auch mir«, ergänzte Biot. »Ich bewundere an Herrn Ampère

die besondere Fähigkeit, gewisse Dinge zu beobachten und sie darüber hinaus mit einfachen Mitteln zu erklären.«

»Ob das jedoch auch praktische Bedeutung haben wird?« bezweifelt Arago.

»Oh, François Arago als Mann der Tat muß auch das praktische Ziel der Wissenschaft sehen«, lachte Ampère.

»Ich denke nicht, daß ich Ihre Vorwürfe verdiene, meine Herren!« sagte Arago ernst. »Jeder Wissenschaftler erreicht auch durch theoretische Arbeit praktische Ziele. Der Einfluß der Wissenschaft auf den allgemeinen Fortschritt der Menschheit ist unbestritten.«

* * *

Eine Woche später sahen die Mitglieder der Akademie mit eigenen Augen die Oerstedschen Versuche, vorgeführt von Biot, Arago und Laplace.

Auch Ampère trat auf. Biot und Arago erwarteten, daß er über die Regel des »Schwimmers« oder der »rechten Hand« sprechen würde. Ampère verkündete jedoch eine unerwartete Nachricht. Beim Studium der Oerstedschen Versuche stellte er fest, daß sich zwei parallele Leiter gegenseitig anziehen, wenn in ihnen der Strom in gleicher Richtung fließt, und daß sie sich abstoßen, sobald er in entgegengesetzter Richtung fließt. Er gab die Zusicherung, daß er diesen Versuch auf der nächsten Sitzung der Akademie vorführen würde.

Biot und Arago interessierte in seiner Mitteilung ein neuer Ausdruck: Elektrodynamik. Ampère kennzeichnete mit diesem Wort einen sich neu entwickelnden Zweig der Wissenschaft von der Elektrizität, der die Stärke des Stromes, die Gesetzmäßigkeit seines Flusses und die durch ihn hervorgerufenen Bewegungen untersucht. Er fügte außerdem hinzu, daß er zur Zeit an Berechnungen von zuverlässigen Formeln arbeite, die es möglicherweise gestatten, die Erscheinung der Anziehung und Abstoßung von Leitern sowie weitere Effekte, die während des Stromflusses durch Leiter beobachtet wurden, aufzuklären.

Beide Freunde suchten nach der Sitzung Ampère auf, um nähere Einzelheiten über seine neue Arbeit in Erfahrung zu bringen. Ampère versprach ihnen bereitwillig ein Zusammenreffen und bat sie, ihn vor dem Eingang zum Gebäude der Akademie zu erwarten.

Seitdem war schon eine gute halbe Stunde vergangen, und Biot trat gemeinsam mit Arago vor dem Tor immer noch von einem Fuß auf den anderen.

»Wir wollen nicht länger warten«, wandte sich der ungeduldige Arago an Biot. »André ist gewiß mit jemandem ins Gespräch gekommen und hat vergessen, daß wir auf ihn warten. Wir müssen versuchen, ihn zu Hause anzutreffen oder auf der nächsten Sitzung. Aber dann lasse ich ihn nicht mehr aus den Augen«, nahm er sich vor.

»Gehen wir«, stimmte Biot zu, der auch nicht glaubte, daß ihr Warten auf Ampère noch von Erfolg gekrönt werden könnte.

Sie hatten einige Schritte zurückgelegt, als ihre Aufmerksamkeit durch einen Mann gefesselt wurde, der angestrengt mit Kreide auf die Rückseite einer Kutsche schrieb, die vor dem Tor der Akademie stand. Interessiert traten sie näher. Die Rückseite der Kutsche war dicht mit Zahlen und Formeln beschrieben, und der Mann, der sie niederschrieb...

»Das ist doch Ampère!« rief Biot.

In diesem Augenblick setzte sich die Kutsche in Bewegung, und Ampère schritt hinterdrein, ohne das Schreiben zu unterbrechen. Er beschleunigte seinen Schritt, lief immer schneller, bis die Pferde zu galoppieren begannen und sich das Fuhrwerk entfernte. Ampère verharrte mit herunterhängenden Armen mitten auf der Straße und schaute mit verständnislosem Blick der ungewöhnlichen »Tafel« hinterher, die ihm samt der kompletten Berechnung enteilt.

»Aber wirklich, das ist bereits zuviel des Guten«, bemühte sich Biot, ihn zur Besinnung zu bringen.

»Man weiß von Ihnen, daß Sie die Tafel mit dem Taschentuch abzuwischen und den Lappen in die Tasche zu stecken pflegen. Aber eine Kutsche als Tafel zu benutzen?!«

»Was wirst du nun beginnen, André?« lachte Arago. »Deine

Berechnungen und Formeln sind spazieren gefahren. Es blieb nur die Kreide zurück.«

»Nun... ja, die Tafel ist fortgelaufen«, pflichtete Ampère fröhlich bei. »Ich hoffe, daß ich in der Lage bin, die Berechnungen zu wiederholen.« Dann fügte er quasi als Rechtfertigung hinzu: »Ich habe so lange auf euch gewartet... Und inzwischen kamen mir gewisse Gedanken in den Sinn, nun...«

»... ich habe sie den Brettern der Kutsche anvertraut«, schloß Arago mit einem Lachen ab. »Es hat den Anschein, daß wir an zwei verschiedenen Ausgängen aufeinander gewartet haben.« »Können Sie uns etwas Näheres über Ihre neue Arbeit verraten?« fragte Biot, der schnellstmöglich zur Sache kommen wollte.

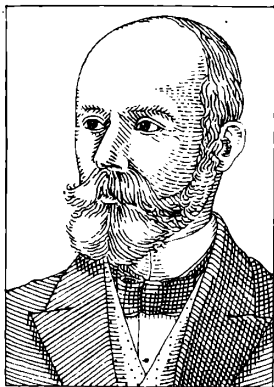
Ampère breitete die Arme aus. »Es tut mir leid, daß ich Sie enttäuschen muß, aber vorläufig kann ich nicht mehr sagen, als Sie bereits auf der Sitzung gehört haben. Selbstverständlich können Sie sich das Gerät anschauen, aber das besteht lediglich aus einer Reihe von Drähten...«

Als er die Enttäuschung in ihren Gesichtern sah, wandte er sich an Arago. »François, ich habe darüber nachgedacht, daß du die Möglichkeit der Magnetisierung von Eisen durch Strom prüfen willst. Hast du mit den Versuchen schon begonnen?« »Ja, ich habe versucht, an Stelle eines Drahtes mehrere, ein ganzes Bündel, zu verwenden. Ich hoffe, daß das Feld sich in einem solchen Maße verstärkt, daß...«

»Ach, dann kann ich dir nichts Neues sagen. Wir haben die gleichen Überlegungen angestellt.« Ampère sah die Freunde fröhlich an, und in seinen Augen war Schalkheit zu erkennen. »Hast du versucht, aus Drähten Spiralen zu fertigen?«

»Spiralen? Nein.« Arago sah Biot fragend an. »Hm, aber das ist tatsächlich ein guter Einfall«, rief er aus. »Ich muß ihn sofort erproben!« Und er entfernte sich eilig ohne Abschiedsgruß. »Auch ich muß schon gehen«, sagte Biot. »Auf Wiedersehen, Herr Ampère.«

»Au revoir.«



HENRI BECQUEREL

Becquerel (Bq) ist die Einheit der Aktivität. Sie wurde zu Ehren des französischen Physikers Henri Becquerel benannt.

Definition:

Das Becquerel ist die Aktivität einer radioaktiven Strahlungsquelle, bei der sich im Mittel in der Zeit 1 s 1 Atomkern eines radioaktiven Nuklides umwandelt.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Antoine Henri Becquerel wurde am 15. Dezember 1852 in Paris geboren. Er stammte aus einer Familie, in der der Beruf eines Physikers bereits zur Tradition geworden war: Sein Vater und sein Großvater waren führende französische Physiker.

Im Jahre 1877 beendete er das Studium an der École Polytechnique in Paris und wurde nach einem weiteren dreijährigen Studium des Brücken- und Straßenbaues Ingenieur. Im Mittelpunkt seines Interesses stand jedoch die Physik. Mit Vorlesungen begann er am Lehrstuhl für angewandte Physik in der Schule der Künste und des Handwerks. Später wurde er Professor für praktische Physik am Naturhistorischen Museum und war von 1895 bis an sein Lebensende Professor für Physik an der Pariser École Polytechnique.

Seit 1876 betrieb er selbständige Forschungen, indem er die Drehung der Polarisationssebene des Lichtes untersuchte. Diese Erscheinung hatte bereits Faraday beobachtet; Becquerel untersuchte ihren Verlauf in Gasen, in der Luft und in überhitzten Dämpfen einiger in einem starken Magnetfeld angeordneter Stoffe. Zu dieser Zeit studierte er auch die Absorption des Lichtes in Kristallen. Für diese Forschungen verlieh man ihm im Jahre 1888 den wissenschaftlichen Grad eines Doktors.

Seit 1892 befaßte er sich systematisch mit der Erforschung der Lumineszenz. Im Laboratorium seines Vaters untersuchte er die Phosphoreszenz vieler Stoffe, und gerade diese Beobachtungen führten ihn später zur Entdeckung der natürlichen Radioaktivität.

Im Jahre 1896 stellte er fest, daß beim Auflegen von Uransalz auf eine in schwarzes Papier eingehüllte fotografische Platte, die dann einige Stunden der Sonnenstrahlung ausgesetzt wird, nach dem Entwickeln auf der Platte die Silhouette dieses Salzes erscheint. Später gab er bekannt, daß die Silhouette auch dann erscheint, wenn das Salz keiner Sonnenstrahlung ausgesetzt wird, und daß man diesen Versuch mit allen Uransalzen anstellen kann. Somit entdeckte

Bq

er eine neue Art von Strahlung, die Stoffe noch stärker durchdringen konnte, als es die Röntgenstrahlen vermochten.

An Becquerels Arbeiten knüpften dann Marie Skłodowska-Curie und ihr Gatte Pierre Curie an, die die neue Erscheinung gründlich erforschten und sie Radioaktivität nannten.

Durch die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität eröffnete Becquerel eine völlig neue Etappe in der Entwicklung der Physik. Als das Ehepaar Curie im Jahre 1900 die beiden Komponenten der radioaktiven Strahlen – Alpha- und Beta-Strahlen – entdeckten, ermittelte Becquerel im gleichen Jahr die spezifische Ladung (Verhältnis der Ladung eines Teilchens zu seiner Masse) der Beta-Teilchen aus den Ablenkungen der Beta-Strahlen im magnetischen und elektrischen Feld.

Für seine wissenschaftlichen Verdienste wurde Becquerel im Jahre 1899 zum Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften und später zum Ehrenmitglied vieler ausländischer Akademien ernannt. Für die Entdeckung und Erforschung der natürlichen Radioaktivität erhielt er 1903 gemeinsam mit dem Ehepaar Curie den Nobelpreis für Physik. Henri Becquerel starb am 25. August 1908 in Le Croisic (Bretagne).

* * *

Louis schloß sich in der Dunkelkammer mit einer Unmenge von zum Entwickeln vorbereiteter fotografischer Platten ein. George setzte das Gespräch mit den jüngeren Kollegen fort. Gleichzeitig klassifizierte und stapelte er dabei unterschiedliche Minerale.

»Professor Becquerel möchte untersuchen, ob die Lumineszenz mit den X-Strahlen zusammenhängt«, erläuterte er. »Genauer gesagt, ob die phosphoreszierenden¹⁾ Stoffe Röntgenstrahlen

¹ Phosphoreszenz: Lumineszenz, die auch nach Erlöschen der Erregerstrahlung anhält.

aussenden. Wir stellen das so an, daß wir den Versuchsstoff so lange der Sonne aussetzen, bis dieser selbst zu lumineszieren beginnt. Danach legen wir ihn auf eine fotografische Platte, die in schwarzes Papier eingewickelt ist.«

»Warum eingewickelt?« fragte Paul verständnislos.

»Oh, Paul, das ist doch klar. Wenn wir den phosphoreszierenden Stoff direkt auf die Platte legen würden, wüßten wir nicht, ob die Schwärzung durch die Lumineszenz des Stoffes oder eine andere Strahlung verursacht wurde«, erläuterte sein Freund Jean.

»So ist es«, nickte George zustimmend. »Die Röntgenstrahlen zeichnen sich durch ein hohes Durchdringungsvermögen aus, sie durchdringen Papier leicht und verursachen eine Schwärzung der Platte.«

»Und haben Sie schon irgendwelche Ergebnisse gewonnen?« fragte Jean.

»Ich kann Ihnen das vorläufig nicht genau sagen«, George kratzte sich etwas verlegen die Nase. »Alles deutet darauf hin, daß die phosphoreszierenden Stoffe keine X-Strahlen aussenden. Wir haben Zinksulfid, Kalziumsulfid, Bariumtetracyanoplatinat und weitere Verbindungen untersucht. Jedoch wurde keine einzige Platte geschwärzt.«

»Na und? Das ist doch die Antwort auf Ihre Frage: Die phosphoreszierenden Stoffe senden keine X-Strahlen aus!«

»Hm, auch wir haben das gedacht«, George machte einen geheimnisvollen Gesichtsausdruck. »Aber... nach längerer Zeit werden die Platten doch etwas schwarz!«

»Vielleicht sind sie fehlerbehaftet...«

»Auch daran haben wir gedacht. Die Platten sind in Ordnung. Und trotzdem verursachen die phosphoreszierenden Uranverbindungen dunkle Flecke. Schauen Sie!«

George zeigte den Jungen einige Platten, auf denen dunkle Flecke mit scharfen Konturen zu sehen waren.

»Diese Platte wurde schwarz, obwohl das phosphoreszierende Mineral und die Platte gesondert in schwarzes Papier eingewickelt waren.«

»Somit hängt die Phosphoreszenz schließlich doch mit den X-Strahlen zusammen?« fragte Paul.

»Gerade darin liegt der Widerspruch. Zuvor waren die Platten nicht schwarz geworden, und jetzt werden sie es. Ich verstehe das selbst nicht ganz.«

»Und was sagt der Professor dazu?«

»Er trug uns auf, die Versuche bis ins Unendliche zu wiederholen und darüber hinaus auch noch Kontrollplatten zu verwenden.«

George zog die Vorhänge an den Fenstern zu, und der Raum wurde in Dunkel gehüllt. Dann griff er hinter den Vorhang und nahm das Mineral, das auf dem Fensterbrett lag und von der Sonne beschienen worden war. Das Mineral strahlte mit einem grünlichen Schein in der Dunkelheit. Allein bei dieser schwachen Beleuchtung erkannten Jean und Paul, wie George ein anderes Mineral aus der Schublade herausnahm. Sie konnten es in der Dunkelheit kaum ausmachen; es sandte keinerlei Strahlung aus.

»Diese beiden Minerale sind die gleichen: Uransalz«, erläuterte George. »Das erste phosphoresziert, denn es war der Sonnenstrahlung ausgesetzt, das zweite haben wir in der Dunkelkammer aufbewahrt. Jetzt wickeln wir beide in schwarzes Papier und legen sie auf die Platte.«

Nachdem George alles, wovon er gesprochen, ausgeführt hatte, fügte er hinzu: »Die Platte mit dem lumineszierenden Mineral ist die Versuchsplatte, die mit dem nicht lumineszierenden ist die Kontrollplatte. Verstehen Sie?«

Die Studenten schauten mit Interesse zu. »Haben Sie solche Versuche bereits angestellt?« fragte Jean.

»Ja, aber es scheint, daß wir etwas verwechselt haben, denn es sind beide Platten schwarz geworden. Die Versuchs- und auch die Kontrollplatte! Louis wird jetzt eine weitere Serie von Platten entwickeln. Wir werden sehen, was darauf ist.« Er klopfte an die Tür der Dunkelkammer. »Bist du schon fertig, Louis?«

»Ich bin fertig, aber... daß doch alle Teufel!« rief er erzürnt.

»Was ist passiert?« George zog schnell die Vorhänge zurück und lief zu seinem Kollegen. Louis pflegte nie zu fluchen. Es mußte etwas Ungewöhnliches geschehen sein.

»Schau her!« Louis hielt einen Stapel noch nasser fotografischer Platten in den Händen. Er legte sie auf den Tisch und zeigte dem Kollegen eine nach der anderen.

»Sie sind wieder schwarz geworden! Auch diese... auch die, auch die nächste!«

»Aber das ist doch die Kontrollplatte!«

»Kontrollplatte oder nicht Kontrollplatte, alle sind sie schwarz geworden! Wieder ist etwas nicht in Ordnung – und der Professor ist abwesend.«

»Hast du das überprüft?! Vielleicht sind in dieser Schachtel alle Platten belichtet...«

»Nein, die Platte, die direkt aus der Schachtel genommen wurde, war nicht schwarz.«

»Sie wurde nicht schwarz? Und die übrigen? Wie sehen die übrigen Platten aus?« ertönte eine klangvolle Stimme von der Tür herüber.

Die jungen Leute schauten sich schnell um. Auf der Türschwelle stand Henri Becquerel.

»Professor!« sagte George im Flüsterton.

»Aber, sagt doch! Wie sehen die übrigen Platten aus?«

Becquerel eilte mit jugendlichem Schritt zu den Assistenten. Unterwegs warf er Hut und Stock fort, das schütterte graue Haar sträubte sich, sein schmales Kinn zitterte vor Erregung.

»Herr Professor«, begann George verlegen, »es scheint, daß wir etwas verwechselt haben. Alle Platten sind schwarz.«

»Wirklich alle?« Zum Erstaunen der Assistenten zitterte die Stimme des Professors vor Freude.

»Ja, alle, auf denen Minerale und Verbindungen lagen, gleichgültig, ob diese phosphoreszierten oder vorher nicht der Sonne ausgesetzt waren. Die Platten waren offensichtlich...«

»Aber das ist ja ausgezeichnet, vortrefflich!« unterbrach ihn der begeisterte Becquerel und betrachtete eilig die nassen Platten. George und Louis beobachteten ihn mit Erstaunen.

»Herr Professor, ich begreife gar nichts...«, murmelte George.

»Wir dachten, daß irgendwo ein Fehler aufgetreten sei«, ergänzte Louis.

»Meine Lieben«, sagte Becquerel feierlich, »alles ist in Ordnung.

Es handelt sich um eine Tatsache, die ich erwartet habe. In diesem Augenblick hege ich keinen Zweifel mehr, daß die phosphoreszierenden Stoffe gar keine X-Strahlen aussenden.«

»Und... die Schwärzung der Platten?«

»Hat mit der Lumineszenz nichts zu tun.«

George schaute Louis an und begriff auch jetzt noch nicht. Jean und Paul, vergeßlich und unaufmerksam, lauschten ungeduldig.

Becquerel besah sich noch eine Weile die Platten und blickte dann seine ratlosen Gehilfen freundlich an.

»Ist euch das nicht klar, nein? Dann gebt acht! Wir haben festgestellt, daß alle Platten, auf die wir Uransalz gelegt haben, schwarz wurden, ganz gleich, ob die Verbindungen phosphoreszierten oder nicht. Aber diese Erscheinung trat nur dann ein, wenn wir es mit Uranverbindungen zu tun hatten. Ist das so?«

»Ja«, beeilte sich Louis mit der Antwort, »die anderen Minerale verursachten keine Schwärzung der Platten, auch wenn sie stark phosphoreszierten.«

»Nun also«, fuhr Becquerel fort, »das zeugt davon, daß die Schwärzung nicht durch die Phosphoreszenz, sondern durch irgendwelche neuen Strahlen hervorgerufen wird, deren Quelle das Uran ist.«

Er überlegte eine Weile. »Nennen wir sie meinetwegen Uranstrahlen. Ich dachte an diese seit dem Moment, als ich die erste geschwärzte Platte sah, auf der in der Schublade, im Dunkeln, ein Stück Uransalz lag. Eure mißlungenen Versuche«, Becquerel blickte mit einem Lächeln auf die Assistenten, »sind ein wichtiger Beweis für die Existenz der Uranstrahlen.«
»Somit haben sie uns eigentlich an der Nase herumgeführt«, rief Louis.

»Offensichtlich ja. Außerdem verfügen sie noch über andere Fähigkeiten... Aber kommt in mein Arbeitszimmer!«

»Dürfen auch wir, Herr Professor?« fragte Paul zaghaft.

Becquerel bemerkte erst jetzt die Studenten. Schroff fragte er:

»Die Herren sind zu mir gekommen? In welcher Angelegenheit?«

»Das sind unsere jüngeren Kollegen, Herr Professor«, antwortete George, »sie wollten sehen...«

»Ah, sehen, wie Sie arbeiten? Sehr richtig«, sagte er ruhig.
 »Haben die neuen Strahlen Sie in ihren Bann gezogen? Gut, dann kommen Sie!«

Becquerel ging eiligen Schrittes in sein Arbeitszimmer hinüber, George und Louis eilten ihm nach, und das kleine Gefolge schlossen Jean und Paul ab, strahlend vor Zufriedenheit.

Auf dem Tisch des Professors stand ein Elektroskop. Die Plättchen hingen in einem geschlossenen Glaskolben frei herunter, aus dem Kolbenhals ragte ein Stäbchen, das am Ende mit einer kleinen Kugel versehen war. Becquerel rieb mit einem Stückchen Stoff einige Male einen Hartgummistab und berührte damit die Kugel des Elektroskops. Die Plättchen traten auseinander und verharrten in gespreizter Stellung.

Paul und Jean schauten aufmerksam zu. Diesen Versuch kannten sie gut.

»Wie Sie sehen, habe ich das Elektroskop aufgeladen«, sagte Becquerel. »Die Plättchen bleiben so lange in gespreizter Stellung, bis die Ladung von der kleinen Kugel abgeleitet wird. Und nun sehen Sie hin!«

Er näherte der Vorrichtung ein Stückchen eines Stoffes. Die Plättchen fielen langsam herab.

»Es hat sich entladen«, reagierte George lebhaft.

»Ja, durch die Wirkung des Uransalzes«, erläuterte Becquerel.

»Wie Sie sehen, entladen die Uranstrahlen das Elektroskop.«

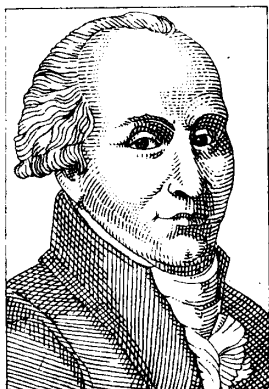
»Aber warum?« erkühnte sich Paul zu fragen.

»Wahrscheinlich rufen die Uranstrahlen eine Ionisierung der Luft hervor. Wissen Sie, was das bedeutet?«

»Es entstehen Ionen oder geladene Atome, so wie in Elektrolyten«, antwortete Jean.

»Richtig«, lobte ihn Becquerel. »Wir wissen also, daß das Durchdringungsvermögen, welches die Schwärzung der fotografischen Platte verursacht, und die Luftionisierung, welche sich durch die Entladung des Elektroskops äußert, die charakteristischen Merkmale der Uranstrahlen darstellen.«

»Der Becquerelschen Strahlen«, flüsterte George Louis begeistert zu.



CHARLES AUGUSTIN
DE COULOMB

Coloumb (C) ist die SI-Einheit der elektrischen Ladung. Sie wurde zu Ehren des französischen Physikers und Ingenieurs Charles Augustin de Coulomb benannt.

Definition:

Das Coulomb ist die Elektrizitätsmenge, die während der Zeit 1 s bei einem zeitlich unveränderlichen Strom der Stärke 1 A durch den Querschnitt des Leiters fließt.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ s} \cdot \text{A}$$

Anmerkung:

An Stelle der Bezeichnung Coulomb wird auch Ampere-sekunde (As) benutzt.

Charles Augustin de Coulomb wurde am 14. Juni 1736 im südfranzösischen Angoulême in einer wohlhabenden Familie geboren. Nach dem Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften in Paris wählte er den Militärberuf. Als Offizier des technischen Dienstes leitete er die Festungsbauarbeiten auf der Insel Martinique, wo er neun Jahre verbrachte.

Bereits während seines Aufenthaltes auf Martinique beschäftigte er sich nebenbei mit wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der technischen Mechanik, hauptsächlich mit einigen Problemen der Statik. Im Jahre 1776 kehrte er nach Frankreich zurück. Hier beteiligte er sich an einem Wettbewerb, den die Französische Akademie der Wissenschaften mit dem Ziel der Vervollkommnung von Navigationseinrichtungen ausgeschrieben hatte. Coulomb löste das gestellte Problem erfolgreich, studierte außerdem den Magnetismus ausführlicher, insbesondere die Abhängigkeit der Eigenschaften der Magneten von der Temperatur.

Für seine erfolgreiche Neukonstruktion des Kompasses und andere Arbeiten wurde er 1782 zum Mitglied der Akademie ernannt. Obwohl er auch weiterhin im Militärdienst verblieb, hatte er so doch größere Möglichkeiten zum Experimentieren und wurde in der wissenschaftlichen Welt bekannt.

Im Jahre 1784 veröffentlichte Coulomb eine Arbeit über die Abhängigkeit des Torsionsmoments eines Drahtes von dessen Durchmesser, Länge und Torsionswinkel sowie von einer konstanten Größe, die von den physikalischen Eigenschaften des Drahtmaterials abhängig ist.

Gleichzeitig beschrieb er auch ein Verfahren zur Messung kleiner Kräfte mit Hilfe der sog. Drehwaage, die später „Coulombsche Waage“ genannt wurde.

In den Jahren 1785 bis 1789 veröffentlichte er sieben grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus. Die Drehwaage verwendete Coulomb auch für die Messung der Kraft, mit der zwei elektrische Punktladungen aufeinander einwirken. Wie er ermittelte, ist diese Kraft dem Produkt der Ladungen direkt proportional und

dem Quadrat ihrer Abstände umgekehrt proportional. Diese erste quantitative Beziehung in der Elektrizitätslehre überprüfte Coulomb auch nach einem anderen Verfahren.

Coulomb entdeckte weiterhin, daß sich die elektrische Ladung in den Körpern nicht entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung aufteilt, sondern bei einer wechselseitigen Berührung infolge der elektrischen Abstoßungskräfte von einem auf den anderen Körper übergeht. Ebenso klärte er auf, daß die elektrische Feldstärke in einem Punkt in der Nähe der Oberfläche eines geladenen Leiters der Flächenladungsdichte auf dem Leiter proportional ist.

Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit bekleidete Coulomb auch öffentliche Ämter: Er nahm eine bedeutende Stelle im Ministerium für Unterrichtswesen ein und hatte die Funktion des Generalinspektors für Gewässer und Quellen. Später jedoch fiel er bei den höheren Regierungsstellen in Ungnade und gab die öffentliche Tätigkeit auf. Als im Jahre 1789 die Französische Revolution ausbrach, zog er sich auf sein Gut bei Blois zurück, wo er sich ganz der wissenschaftlichen Arbeit widmete. Im gleichen Jahr erschien sein bedeutendstes Werk, in dem er die Vorstellung von der Existenz zweier Elektrizitätsarten auch auf den Magnetismus ausdehnte und ein Gesetz formulierte, nach dem die Wirkung zwischen den Magnetpolen der Wirkung zwischen zwei elektrischen Punktladungen analog ist.

Coulomb hat mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten in die Fachgebiete Elektrizität und Magnetismus exakte quantitative Methoden eingeführt und die Prinzipien der Newtonschen Mechanik auch auf die Elektrizität und den Magnetismus angewendet. Seine Drehwaage wurde in den empfindlichsten elektrischen Meßgeräten, aber auch in anderen Gebieten der Physik erfolgreich eingesetzt. Nach dem Machtantritt Napoleons erhielt Coulomb seine Ämter wieder zurück, die er bis an sein Lebensende bekleidete. Er starb am 23. August 1806 in Paris.

Das Rattern der Kutsche verstummte vor dem Tor. Der ergraute Mann lauschte eine Weile auf das Gespräch am Eingang. Dann erhob er sich und trat mit energischem Schritt an das Fenster. Vor dem Haus stand eine bequeme Reisekutsche. Sie war mit einer dicken Schicht von Schmutz und Staub bedeckt, unter der auch die an den Türen angebrachten Wappen verschwanden. Die Pferde waren schaumbedeckt und völlig erschöpft. Es war auf den ersten Blick offensichtlich, daß die Reisenden von weit her kamen.

Die Zeiten waren unruhig. Das Volk von Paris forderte nach dem Sturm auf die Bastille immer mehr Rechte, die die Privilegien des Adels beschnitten. Die vom Volk gehaßten Aristokraten spürten, daß ihnen der Boden unter den Füßen zu heiß wurde; sie flohen scharenweise über die Grenzen. Der Kleidung und der Kutsche nach zu urteilen, gehörten die Ankömmlinge ebenfalls zu den Flüchtlingen.

Vom Diener begleitet, traten die Reisenden in den Salon. Die Dame stützte sich auf die Schulter ihres Reisegefährten, sichtlich am Rande ihrer Kräfte. Der Hausherr begrüßte sie höflich.

*»Madame ist unwohl?« fragte er. »Jean, bring vom Riechsalz!«
 »Ich schätze eher einen Becher Wein«, meldete sich ihr Reisegefährte. »Wir kommen aus Paris ohne Rast und Verpflegung. Wir haben uns keine Vorräte mitgebracht, und der Aufenthalt in Gasthöfen ist gefährlich. Ich hoffe, daß Sie als Adliger uns eine kurze Erholung nicht abschlagen werden. Habe ich das Vergnügen, mit Herrn Charles Augustin de Coulomb zu sprechen?«*

»Ja, ich heiße Coulomb.«

»Sind Sie Demokrat?«

»Woraus schließen Sie das?«

»Es schien mir, daß Ihr Name ›von Coulomb‹ lautet. Und Sie habendas ›von‹ weggelassen. – Nur, sind Siedenn kein Adliger?«

»Ich war Offizier Seiner Königlichen Hoheit.«

»Offizier? Warten Sie! Sie sind Mathematiker oder Ingenieur? Sie haben vor einiger Zeit als Sachverständiger am Bau einer Festung teilgenommen, nicht wahr?«

»Ja. Aber das ist schon lange her. Auf Martinique kam ich um meine Gesundheit. – Jetzt bitte ich aber die Herrschaften in den Speisesaal. Nehmen Sie eine kleine Erfrischung zu sich, Herr...?«

»De Florestan. René Louis de Florestan. Meine Gattin, Madame Camille de Florestan. Und das ist Monsieur de Coulomb. Ich habe von Ihnen bei Lavoisier gehört. Ja, auch am Königshof. Sie sind gewiß ein großer Gelehrter. Was mich betrifft, kenne ich mich nur wenig in der Physik aus, obwohl das eine zweifellos interessante Wissenschaft ist.«

»Es freut mich, Sie kennenzulernen«, meldete sich die Dame. Sie war jung, schön, voller Dankbarkeit, aber sehr verängstigt. Bei jedem Lärm schaute sie nervös um sich.

Coulomb verneigte sich und bot ihr mit der Geste eines höflichen Gastgebers den Arm. Sie gingen in den Raum nebenan, wo sie ein gedeckter Tisch erwartete.

Die Reisenden aßen eine Weile schweigend. Nachdem sie den ersten Hunger gestillt hatten, wandte sich de Florestan an den Gastgeber.

»Sie können sich nicht vorstellen, was für eine schreckliche Reise wir hinter uns haben.«

»Ach, schrecklich!« flüsterte die Frau.

»Der Pariser Pöbel bewacht alle Tore, nur durch ein Wunder sind wir hindurchgerutscht.«

»Reisen Sie auf Ihr Gut?«

»Es ist bereits zu spät, auf dem Lande Schutz zu suchen. Die Revolution hat sich wie eine Seuche von Paris aus auch auf die Bauernschaft übertragen. Überall mordet man, rächt man sich für irgendein vermeintliches Unrecht...«

»Vermeintliches?! Haben Sie überhaupt eine Vorstellung davon, welches furchtbare Schicksal das Volk in unserem sonnigen Frankreich leidet? Der Adel, die Aristokratie, die Hohe Geistlichkeit haben Reichtum im Überfluß, während das Volk an Hunger leidet. Wissen Sie zum Beispiel, welches Unheil für den Bauern das Tierschutzrecht bedeutet?«

»Vielleicht möchten Sie zulassen, daß die Bauern Hasen, Rehe und... ausrotten.«

»Eine Herde Hirsche vernichtete einem Bauern das Getreide, Hasen haben ihm den Kohl aufgefressen, nach Abgabe der Steuer blieb ihm nicht einmal so viel, um die Familie zu ernähren. Aber der Bauer darf kein Wild erlegen, ja nicht einmal verscheuchen, denn dafür schickt man ihn auf die Galeere. Ist das Ihrer Meinung nach kein Unrecht?«

»Aber das Wild ist doch...«

»Das Wild ist Besitz des Adligen. Wegen dessen Freude an der Jagd gehen ganze Bauernfamilien zugrunde. Und das ist nur eine Kleinigkeit im Vergleich zu anderen Unrechten. Die Steuer, die Abgaben, das Mahlen des Getreides in den Herrschaftsmühlen, ja schließlich das Brotbacken, überall, auf Schritt und Tritt wird dem Volk Unrecht getan. Was ist daran merkwürdig, daß es schließlich gegen die ungerechten Privilegien aufbegehrt?«

»Also wenn es nach Ihnen ginge, müßte man die Regierung den Selbstgerichten ausliefern? Aufhängen diese Verbrecher! Hier braucht es eine Regierung mit fester Hand!«

»In dem Falle stimme ich mit Ihnen überein. Als ehemaliger Soldat erkenne ich eine energische Regierung und Disziplin an. Aber wer soll diese ›starke Regierung‹ verwalten?«

»Frankreich wird nicht erst seit gestern von einer königlichen Regierung beherrscht. Ein Aufstand gegen die Regierung ist doch ein Aufstand gegen den König!«

»Sie irren sich, Monsieur de Florestan. Das, was sich zu diesem Zeitpunkt in unserem Land abspielt, ist kein Aufstand gegen den König und auch nicht gegen die Regierung.«

»Und gegen wen dann?«

»Schuld daran ist die Unentschlossenheit des Königs. Mag Ludwig der Sechzehnte letzten Endes auch ein Tyrann sein, aber es darf nicht stündig nach dem Willen irgend eines anderen regiert werden. Wer soll denn auf Befehle hören, die sich ständig nach den Grillen der Günstlinge des Königs ändern?! Die Königin, der Graf d'Artois, die Priester, die Landesfürsten, sie haben ihn beraten, und gegen sie hat sich das Volk erhoben.«

»Sie kritisieren den König! Sagen ihm Schwäche nach, aber Sie und Ihresgleichen stehen jetzt dem König nicht zur Seite.

Sie sind Adliger, Offizier. Oder ist es nicht Ihre Pflicht, dem König zu dienen?! Und wie können Sie schließlich hier, entfernt vom ganzen Geschehen, über die Ereignisse urteilen?«

»Ich werde Ihnen meine Ansichten nicht aufzwingen. Herr de Castillon, der, wie bekannt, ein guter Adliger ist, behauptet, daß ›die Plebejer Kinder der Natur‹ und ›die Adligen Kinder des Hochmuts‹ seien. Vielleicht haben Sie den Ausspruch eines der größten Aristokraten, des Marschalls Bouillé, gehört: ›Das Bürgertum mit seinem Reichtum, seiner Begabung und seinen besonderen Verdiensten übertrifft den Adel.‹ Ich wage nicht, diesen Anschauungen zu widersprechen.«

»Mein Gott«, seufzte Frau de Florestan, »in welcher Zeit leben wir da!«

»Wenn Madame erlauben, führe ich noch ein Zitat an. Ich bitte um eine Weile Geduld, ich habe es notiert.«

Coulomb ging in das Nebenzimmer und brachte ein Büchlein. Er blätterte einige Seiten um und las.

»Seit dem Zeitpunkt, da die industrielle Revolution aufkam und für die arbeitenden Schichten ein Mittel zur Erlangung von Reichtum geschaffen wurde, ist ein Umsturz in den politischen Rechten in Vorbereitung. Der neue Anteil an Reichtum schafft einen neuen Anteil an der Regierung. So wie aus dem Eigentum an Boden die Aristokratie erwächst, so erwächst aus dem Eigentum an Industrie die Regierung des Volkes. Es erreicht die Freiheit, beginnt, auf den Gang der Ereignisse einzuwirken.«

Er legte das Büchlein beiseite und wiederholte nachdenklich:

»... beginnt, auf den Gang der Ereignisse einzuwirken.«

»Somit verursachte Ihrer Meinung nach den Ausbruch der Revolution die Entwicklung der Wissenschaft?!« rief de Florestan aus. »So etwas! Und das behaupten Sie? Ausgerechnet Sie?«

»Wir wollen die Wissenschaft nicht mit der Industrie identifizieren«, antwortete Coulomb gelassen. »Haben Sie nicht darüber nachgedacht, daß die Wissenschaft einen weit größeren Einfluß auf den Kreislauf unseres Lebens ausübt, als wir das bisher anzunehmen gewohnt waren? Wenn die Forschungsergebnisse der Gelehrten aus der Stille der Arbeitsstätten an das Tageslicht

gelangen, finden sie praktische Anwendung, die man oft nicht voraussehen konnte. Die Entwicklung der Wissenschaft beeinflußt die Entwicklung der Technik und der Industrie, und diese wiederum beeinflussen die Lebensweise des einzelnen, der Gesellschaft und schließlich auch die Politik.«

»Und Sie wollen die Politik beeinflussen und dabei im Laboratorium sitzen? Entschuldigen Sie bitte, aber das verstehe ich als Außenstehender nicht.«

De Florestan schwieg für einen Augenblick. Seine Gattin verabschiedete sich von den Gesprächspartnern und folgte der Dienstmagd, die sie in das Gästezimmer führte.

»Jetzt erinnere ich mich«, fuhr de Florestan lebhaft fort, »daß man mir einmal Ihre Arbeit ›Über die Statik von Gewölben‹ zeigte. Ich gebe zu, daß ich die Kunst, Häuser, Brücken und... zu bauen... Ach, jetzt fällt mir's wieder ein, woher ich mich noch Ihres Namens entsinne. Sie waren Hauptverwalter für Gewässer und Quellen Frankreichs, nicht wahr? Man hatte Sie beauftragt, ein Gutachten in der Angelegenheit irgendwelcher Kanäle zu erarbeiten...«

Coulomb erschauerte, kaum sichtbar.

»Es war das für mich keine angenehme Angelegenheit«, sagte er leise, und auf der Stirn erschien eine tiefe Falte.

»Entschuldigen Sie, wenn ich an unangenehme Erinnerungen gerührt haben sollte«, antwortete de Florestan.

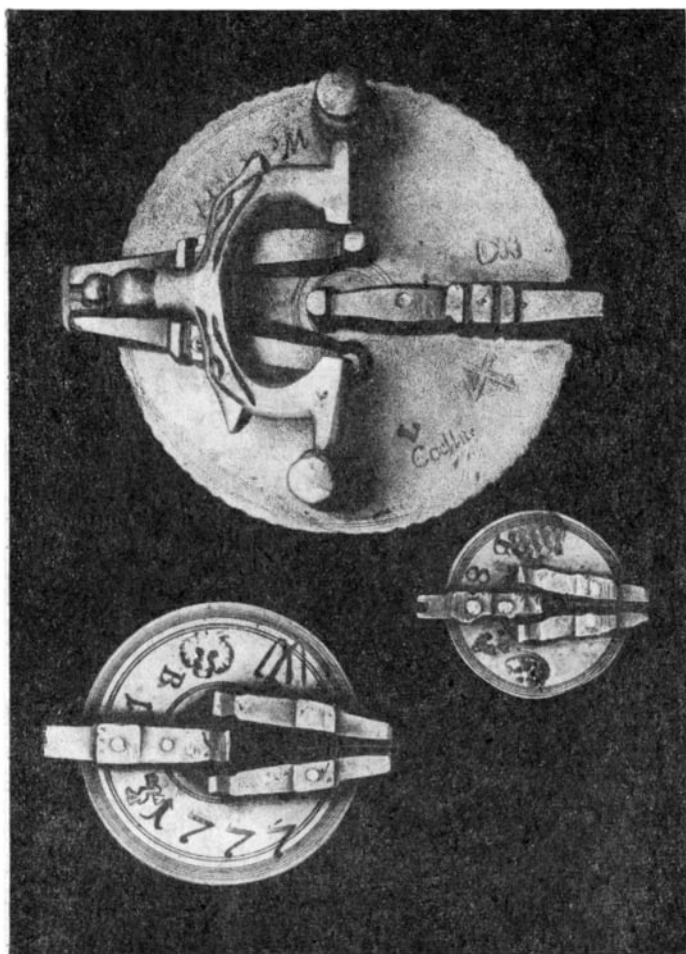
In diesem Augenblick dachte er an die gesamte Begebenheit zurück. Man hatte Coulomb damals aufgefordert, seine Ansicht über die Möglichkeit der Ausführung bestimmter Bauarbeiten zu äußern, an denen hochgestellten Personen gelegen war. Man nahm an, daß der unbedeutende Ingenieur die Gelegenheit nutzen würde, um die Gunst des königlichen Hofes zu erringen. Aber nichts dergleichen geschah. Coulomb erarbeitete ein ablehnendes Gutachten und wollte trotz vertraulicher Hinweise seine Meinung nicht ändern. Dadurch brachte er den Minister so sehr gegen sich auf, daß er seine Dreistigkeit mit einigen Monaten Gefängnis abbüßen mußte. Aber auch diese Belehrung wirkte nicht. Coulomb verteidigte nach der Rückkehr aus dem Gefängnis seine Ansicht so energisch, daß es ihm schließlich

C

gelang, die Regierung zu veranlassen, von den Plänen abzu-
sehen, die nur einigen Einzelpersonen einen Vorteil gebracht
hätten.

Mit diesem Ereignis beschäftigte er sich in Gedanken auch
noch zu der Zeit, als man dem Gastgeber bereits eine gute Nacht
gewünscht hatte und de Florestan zu Bett ging.

»Ein harter Mensch«, dachte er noch bei sich mit einer ge-
wissen Verehrung, bevor ihm die müden Lider auf die Augen
fielen.



Gewichts-Schlüsselsätze (für Lot und Pfund) (1650 bis 1780)



ANDERS CELSIUS

Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ist eine *Sondereinheit* für Temperaturdifferenzen. Sie wurde zu Ehren des schwedischen Astronomen Anders Celsius benannt.

Definition:

Die Differenz aus einer Temperatur T und der Temperatur $T_0 = 273,15 \text{ K}$ wird als Celsiustemperatur t bezeichnet.

Anmerkung:

Bei Angabe von Differenzen von Celsiustemperaturen darf die Benennung Kelvin (K) oder Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) verwendet werden.

Die Basiseinheit der Temperatur im SI ist das Kelvin (siehe unter K). Der Grad Celsius wird in der Temperaturskala verwendet, deren Nullpunkt $273,15 \text{ K}$ beträgt.

Anders Celsius wurde am 27. November 1701 in Uppsala geboren. Von 1730 an bis zu seinem frühen Tod war er Professor für Astronomie in seiner Heimatstadt. 1732 trat er eine Forschungsreise nach Deutschland, Frankreich und Italien an, um sich mit den dortigen Sternwarten vertraut zu machen.

Im Jahre 1736 beteiligte sich Celsius an einer Expedition nach Lappland, die dort den Mittagskreis vermessen sollte, um den Streit über die Gestalt der Erde zu entscheiden. Für die astronomischen Beobachtungen ließ sich Celsius auf eigene Kosten eine Sternwarte bauen. 1740 wurde in Uppsala eine staatliche Sternwarte für ihn eingerichtet; er wirkte jedoch an ihr nur vier Jahre.

Die reiche wissenschaftliche Tätigkeit von Celsius umfaßte astronomische, geodätische und physikalische Arbeiten. Er beobachtete systematisch das Nordlicht und verschaffte sich durch Messungen der relativen Helligkeit der Sterne einen Namen. Er beobachtete die Saturnmonde, untersuchte die Wasserstandsänderungen der Ostsee, bestimmte die Stunden des Maximums und des Minimums der magnetischen Deklination und Inklination und ermittelte zum gleichen Zeitpunkt wie Hjorter den Zusammenhang zwischen der Bewegung der Magnetnadel und dem Polarlicht. Viele seiner Beobachtungen veröffentlichte er hauptsächlich in den „Abhandlungen“ der Schwedischen Akademie der Wissenschaften, deren Mitglied er war.

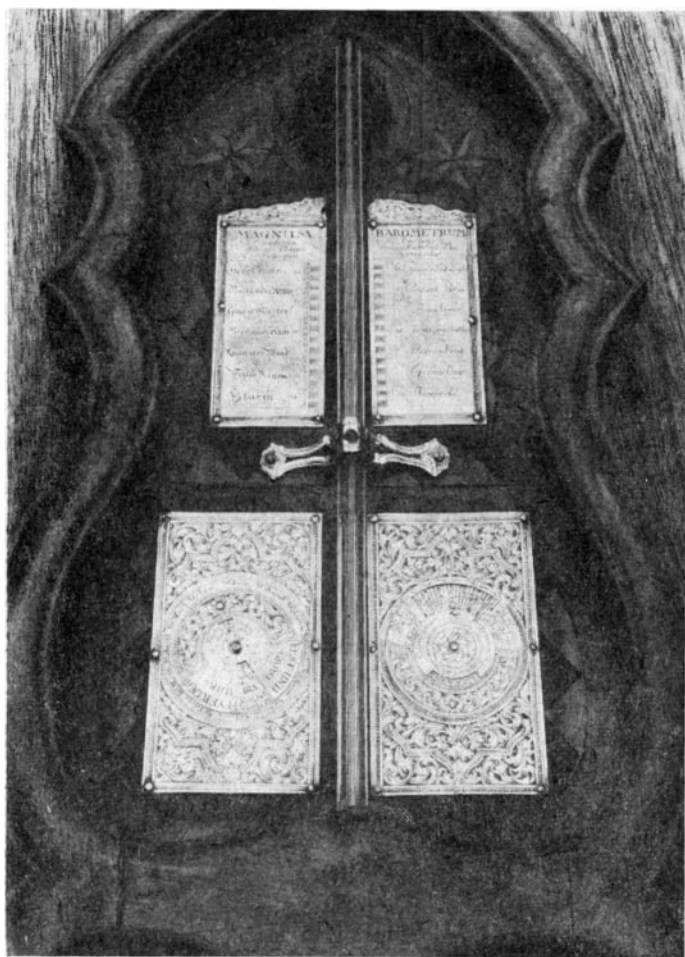
Sein bedeutungsvollster und größter Erfolg bestand darin, daß er die Wissenschaftler von der Bedeutung der dekadischen Temperaturskale zu überzeugen wußte, die nach ihm die Celsiusskale genannt wurde.

Bei Versuchen, mit deren Hilfe er die Abhängigkeit des Schmelzpunktes des Schnees und des Siedepunktes des Wassers vom atmosphärischen Druck studierte, kam Celsius auf die Idee, den Abstand dieser beiden Fundamentalepunkte der Temperaturskale in 100 Teile zu unterteilen. In seiner ursprünglichen Skale waren der Schmelzpunkt des Eises mit 100 Grad und der Siedepunkt des Wassers mit 0

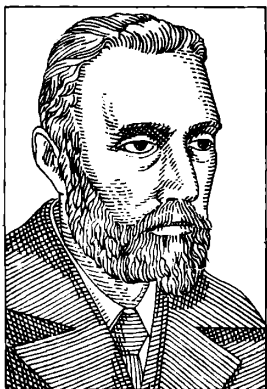


Grad gekennzeichnet; diese Skale kehrte erst sein Schüler Martin Strömer in die Form um, die wir heute kennen. Celsius veröffentlichte seine Skale im Jahre 1742 in der Arbeit „Beobachtungen von zwei beständigen Graden auf einem Thermometer“. Im gleichen Jahr trug er die Arbeit auch vor den Mitgliedern der Schwedischen Akademie der Wissenschaften vor.

Celsius starb am 25. April 1744 in Uppsala.



Thermometer und Barometer (Oberteil), dazu Fest- und Feiertagsuhr und immerwährender Kalender (um 1750)



PIERRE CURIE



MARIE SKŁODOWSKA-CURIE

Curie (Ci) ist die ältere, noch *befristet gültige* Einheit der Aktivität. Sie wurde zu Ehren einer polnischen Physikerin und eines französischen Physikers – des Ehepaares Marie Skłodowska-Curie und Pierre Curie – benannt.

Definition:

Das Curie ist die Aktivität einer radioaktiven Substanz, in der je Sekunde $3,7 \cdot 10^{10}$ Kernumwandlungen erfolgen.

Anmerkung:

Die SI-Einheit der Aktivität ist das Becquerel (siehe unter Bq).

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
 $= 37 \text{ GBq}$



Pierre Curie wurde am 15. Mai 1859 in Paris als Sohn eines Arztes geboren. Wie sein Bruder Jacques interessierte er sich schon seit frühester Jugend für Naturwissenschaften. Pierre errang bereits als Sechzehnjähriger den Titel eines Bakkalaureus und zwei Jahre später den eines Lizentiaten, den ersten wissenschaftlichen Grad.

Als Neunzehnjähriger nahm Pierre die Stelle eines Laboranten bei Professor Desains an der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität in Paris ein. Gemeinsam mit ihm veröffentlichte er im Jahre 1880 seine erste wissenschaftliche Arbeit. Zusammen mit dem älteren Bruder Jacques erforschte er die Eigenschaften der Kristalle und entdeckte dabei den piezoelektrischen Effekt. Diese Zusammenarbeit endete 1883, als Jacques Curie als Professor an die Universität nach Montpellier ging.

In dieser Zeit wurde Pierre Curie an die Pariser Schule für Physik und Chemie berufen, die Ingenieure ausbildete. Hier wirkte er 22 Jahre, zunächst als Leiter der praktischen Übungen, später dann als Professor.

In seiner wissenschaftlichen Arbeit widmete er sich dem Studium der Analogie zwischen den elektrischen und magnetischen Polen. Außerdem befaßte er sich mit dem Kristallwachstum und der Untersuchung der magnetischen Eigenschaften von Stoffen bei unterschiedlichen Temperaturen. Die Arbeit „Die magnetischen Eigenschaften von Stoffen bei unterschiedlichen Temperaturen“ verteidigte er im Jahre 1895 als Doktorarbeit und wurde Professor.

Der polnische Professor Kowalski machte ihn mit der Polin Marie Skłodowska bekannt, die damals Physik und Chemie an der Sorbonne (Pariser Universität) studierte.

Marie Skłodowska wurde am 7. November 1867 in Warschau als Tochter eines Gymnasialprofessors für Physik und Mathematik geboren. Nach Abschluß des Gymnasiums gab sie einige Zeit lang Privatunterricht und studierte seit 1891 in Paris. Nach Beendigung des Studiums wollte sie in ihr Vaterland zurückkehren, um dem unterdrückten polnischen Volk zu helfen. Das Zusammentreffen mit Pierre Curie än-

derte jedoch ihre Pläne. Im Jahre 1895 heirateten sie und führten eine sehr glückliche Ehe.

Als im Jahre 1896 Becquerel eine unsichtbare Strahlung entdeckte, die von den Uransalzen ausging, hatte Marie Curie-Sklodowska zwei Lizentiate in Mathematik und Physik sowie die Prüfung für Mittelschullehrer abgelegt und eine wissenschaftliche Arbeit über die Magnetisierung des Stahls angefertigt. Sie war gerade ein Jahr verheiratet und arbeitete unter der Anleitung ihres Gatten im Laboratorium der Physik- und Chemieschule.

Becquerels Entdeckung zog sie so stark in ihren Bann, daß sie beschloß, das Wesen der ungewöhnlichen Erscheinung zu untersuchen und die Ergebnisse für ihre in Angriff genommene Doktorarbeit zu nutzen. Für ihre Untersuchungen erhielt sie ein ehemaliges Lager, einen feuchten Raum ohne jegliche technische Ausstattung. Nach einigen Monaten teilte Marie Curie-Sklodowska in der Zeitschrift „Comptes Rendus“ mit, daß das Uranpecherz außer Uran wahrscheinlich weitere Elemente enthalte, die wesentlich radioaktiver seien als das Uran selbst.

Pierre Curie als erfahrener Physiker wußte die gewaltige Bedeutung dieses Ergebnisses zu schätzen. Er unterbrach daher das Studium des Kristallwachstums und wandte sich mit viel Energie den Forschungen seiner Gattin zu. Nach kurzer Zeit wissen sie bereits, daß im Uranpecherz nicht nur ein, sondern zwei unbekannte Elemente enthalten sind. In den „Comptes Rendus“ vom Juli 1898 kann man die Nachricht lesen: „Wir sind der Meinung, daß die Substanz, die wir aus der Pechblende gewonnen haben, ein noch nicht beschriebenes Metall enthält... Wenn das Vorhandensein dieses neuen Metalls sich bestätigen sollte, schlagen wir vor, es nach der Herkunft des einen von uns Polonium zu nennen.“ Und kurz darauf war in der gleichen Zeitschrift vom Dezember 1898 folgendes zu lesen: „Die verschiedenen Gründe... veranlassen uns zu glauben, daß die neue radioaktive Substanz ein neues Element enthält, dem wir den Namen Radium geben wollen.“

Jedoch begann die eigentliche Arbeit erst. Es war erforderlich, reines Polonium und reines Radium zu gewinnen, um die Existenz auch tatsächlich zu beweisen. Es dauerte vier Jahre, bevor es ihnen nach aufopferungsvoller Arbeit unter primitiven Bedingungen gelang, aus dem Joachimsthaler Uranpecherz ein Zehntelgramm reinen Radiumsalzes zu isolieren.

Während Marie mit der Gewinnung von Radium beschäftigt war, untersuchte Pierre die physikalischen Eigenschaften der radioaktiven Strahlung und ihre Auswirkungen sowie die Radium-Emanation. Über seine Arbeiten berichtete er in Veröffentlichungen, und die Welt begann, sich für das Radium zu interessieren. Im Jahre 1903 verteidigte Marie Curie-Skłodowska im Rahmen eines öffentlichen wissenschaftlichen Disputs ihre Dissertation. Die Pariser Universität sprach ihr den Titel eines Doktors der Naturwissenschaften auf dem Gebiet der Physik „mit Auszeichnung“ zu.

Die physiologischen Auswirkungen des Radiums, die das Ehepaar Curie nicht nur einmal am eigenen Leibe in Form von Verbrennungen zu spüren bekam, eröffneten ungeahnte Möglichkeiten bei der Heilung von Krebs. Manch einer wäre damit über Nacht Millionär geworden. Marie Curie-Skłodowska schrieb darüber: „Im Einvernehmen mit mir verzichtete Pierre Curie darauf, aus unserer Entdeckung pekuniäre Vorteile zu ziehen: Wir haben kein Patent auf sie genommen und ohne jede Einschränkung die Ergebnisse unserer Forschungen veröffentlicht, ebenso wie das Herstellungsverfahren des Radiums...“

Nachdem sich die wissenschaftliche Welt mit den Arbeiten der Curies vertraut gemacht hatte und aus dem Ausland immer häufiger Bekundungen der Anerkennung eintrafen, wurde man schließlich auch in Frankreich auf sie aufmerksam. Nach mehrmaligem Aufschub wurde Pierre Curie Mitglied der Französischen Akademie und erhielt die Stellung eines ordentlichen Professors an der Universität. Ein grausames Schicksal gestattete ihm jedoch nicht einmal, das erste Jahr seiner Vorlesungen zu beenden: Er wurde am 19. April 1906 Opfer eines tragischen Verkehrsunfalls.



Nach seinem Tode ernannte man Marie Curie-Skłodowska zum außerordentlichen Professor und vertraute ihr den Lehrstuhl ihres Gatten an. Das war das erste Mal, daß an der Sorbonne eine Frau Professor wurde...

Marie Curie-Skłodowska setzte die Arbeit fort. Sie befaßte sich mit der Schaffung eines international verbindlichen Radioaktivitätsnormal und verfaßte weitere wissenschaftliche Arbeiten. Im Jahre 1914 eröffnete man in Paris das Radiuminstitut. Kurz darauf brach der erste Weltkrieg aus, und Marie Curie-Skłodowska beschäftigte sich vier Jahre lang mit der Organisation von Hilfsmaßnahmen für Verwundete sowie mit der Einrichtung von Röntgenstationen.

Nach dem Krieg wandte sie sich wieder der wissenschaftlichen Arbeit zu. Im Jahre 1925 legte sie im heimatlichen Warschau den Grundstein für ein Radiuminstitut.

Marie Curie-Skłodowska war eine der wenigen, denen es gelang, noch während ihres Lebens volle Anerkennung und Wertschätzung zu erfahren. Den Nobelpreis bekam sie zweimal: im Jahre 1903 gemeinsam mit Pierre Curie und Henri Becquerel für Physik und im Jahre 1911 für Chemie. Außerdem bedachte man sie mit acht weiteren Preisen, sechzehn Medaillen und Auszeichnungen. Zur Bekundung allerhöchster Anerkennung erhielt sie insgesamt neunzehnmal die Ehrendoktorwürde. Dreiundachtzig wissenschaftliche Institutionen aus dreiundzwanzig Ländern erkannten ihr die Mitgliedschaft zu. So z. B. wurde sie 1910 Mitglied der Amerikanischen Chemischen Gesellschaft, Mitglied der Tschechoslowakischen Union der Mathematiker und Physiker, 1927 Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und 1932 Mitglied der Tschechoslowakischen Chemischen Gesellschaft.

Die fünfunddreißig Jahre währende Arbeit mit Radium ohne jegliche Schutzmittel und die vier Jahre dauernde Arbeit mit Röntgenstrahlen blieben nicht ohne Folgen für ihre Gesundheit. Eine unbestimmte Krankheit, die der Grippe ähnelte, ließ eine verheerende Anämie unerkannt, die durch die Auswirkungen des Radiums hervorgerufen worden war.

Marie Curie-Sklodowska starb am 4. Juli 1934 in Sancellemoz (Schweiz).

Das Ehepaar Curie hatte zwei Töchter. Es erlebte den Erfolg der Tochter Irène und ihres Gatten Frédéric Joliot nicht mehr, die im Jahre 1935 für die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität den Nobelpreis erhielten.

* * *

Es ist Mittagszeit. Die Curies hatten die kurze Arbeitspause genutzt und einige Minuten vergnügt mit dem kleinen Töchterchen Irène gespielt. Jetzt am Nachmittag schläft das Kind, und sie werden in das Laboratorium zurückkehren.

»Gehen wir, Pierre?« fragt Marie den Gatten, der etwas durch das Fenster beobachtet.

»Schau, Marie, ist das nicht der Professor Becquerel?«

»Aber ja, das ist er! Und wie er sich beeilt, der Wind bläht ihm den Mantel auf...«

»Und den Hut hat er irgendwo offensichtlich verloren,« lacht Pierre und eilt dem Kollegen entgegen.

Becquerel trat aufgeregt in das Zimmer.

»Was ist denn das?!« rief er schon an der Türschwelle.

»Euer Kind ist aber ungezogen! Solche Scherze!...«

»Aber Herr Becquerel«, protestierte Marie, »Irène ist doch noch klein... Ich begreife nicht...«

»Irène? Nicht von ihr spreche ich! Von Eurem Taugenichts, dem Söhnchen, vom Radium«, ruft der alte Herr, indem er den Curies ein Reagenzglas, in dem sich ein kleines Stück weißen Salzes befindet, unter die Nase hält und hin- und herschüttelt.

»Das ist wahr, auch das ist unser Kind«, lachte Pierre.

»Aber was hat Ihnen denn unser noch ungeborener Sohn angetan?«

»Nun, was ist daran, daß er ungeboren ist? Was ist daran, daß er als Gemisch besteht und nicht in reinem Zustand?

Ohnehin bringt er es fertig, die Leute von sich wissen zu lassen!«

»Ach, wahrscheinlich haben Sie das Reagenzglas mit dem Radium in der Hand gehalten und...«, erriet Marie.

»In der Weste, Madame Curie! Ich habe es in der Westentasche hergebracht!«

»Und haben sich verbrannt«, rief Pierre aus.

»Genau das!« Der Professor war gereizt, besonders, als es ihm schien, daß Pierre kein Mitgefühl zeigte, sondern sich eher zu freuen schien.

»Sie sind also das dritte Opfer dieses ›schrecklichen Kindes‹¹«, bestätigte gelassen Marie.

Becquerel schaute interessiert zu ihr hin. »Wie das, also Sie beide auch...?«

»Aber ja. Ich zufällig, so wie Sie, aber Pierre hat Versuche am eigenen Leibe gemacht.«

»Die kleine Wunde ist bereits geheilt«, sagte Pierre und zeigte Becquerel die Schulter. »Ihnen wird sie auch verheilen. Seien Sie nicht mehr böse auf ›unser Kind‹, werter Kollege!«

Becquerel winkte ab. »Ich... ich liebe das Radium«, lenkte er sofort ein, »aber ich bin ihm auch böse.«

Die Curies lachten. Auch sie vergötterten dieses ihr »schreckliches Kind«.

Wiederum vergingen Monate. Über die Existenz des Radiums hegte keiner mehr Zweifel. Marie ermittelte seine relative Atommasse, obwohl das zunächst nur für das Gemisch aus Bariumchlorid und Radiumchlorid möglich war. Aber die ununterbrochene Kristallisation lieferte ein immer reineres Produkt. Schließlich und endlich neigte sich die Arbeit dem Ende zu.

Es ist ein warmer Sommerabend. Pierre und Marie sind müde. So sehr müde. Kann man es überhaupt glauben, daß vier Jahre vergangen sind? Ganze vier Jahre, seit sie mit der Untersuchung des Radiums begonnen haben.

»Es ist dies unser erster freier Abend«, sagte Marie. »Wir hätten Erholung verdient. Gehst du noch nicht schlafen, Pierre?«

»Ich denke ständig an das ›Kind‹«, sagte Pierre leise, seine

¹ französisch „enfant terrible“, sprichwörtlicher Ausdruck

verträumten Augen, die einem Dichter besser stehen würden als einem Wissenschaftler, auf Marie richtend.

»Ich auch«, gesteht Marie. »Dort im Holzschuppen, in den Verdampfungsschüsselchen, befindet sich bereits reines Radiumchlorid. Es ist das die letzte Kristallisation.«

»Erinnerst du dich, wie wir uns vor vier Jahren bemühten, uns vorzustellen, wie es aussieht? Wir haben uns so danach gesehnt, daß es eine schöne Farbe hat. Damit es schöner ist...«

»Es ist schön«, sagte Marie. »Es ist schöner, als wir es uns vorstellen konnten. Es leuchtet und ruft selbst die Strahlung anderer Stoffe hervor. Wie schön ein Diamant strahlt, wenn auf ihn die Radiumstrahlen fallen!«

»Wir haben es bereits, und trotzdem gibt es uns auch weiterhin Rätsel auf! Oder zerfallen seine Atome tatsächlich? Was entsteht aus ihnen? Wie ist es möglich, daß sich ein chemisches Element verwandeln kann?«

»Wir kehren zur Alchimie zurück«, lachte Marie leise.

»Nur, unsere Alchimie besteht nicht in der Goldsuche und auch nicht im Bemühen, abstrakte, nichtexistente Elemente in andere zu verwandeln, sondern in der Untersuchung von in solch starkem Maße neuartigen Faktoren, daß der Verstand nur schwer mit ihnen fertig werden kann.«

»Am Morgen machen wir uns wieder an die Arbeit! – Dieses Mal aber bereits mit reinem Radiumchlorid. Denk nur, Marie, es ist dort im Holzschuppen. Weiße Kristalle in Schüsselchen. So sehr und so lange haben wir es herbeigesehnt. Am Morgen sehen wir es wieder.«

»Morgen«, sagte Marie. »Ja, morgen. Und heute ruhen wir uns aus.«

Pierre legte den Arm um ihre Schultern. »Komm, laß uns ein wenig spazierengehen. Es ist ein schöner Abend.«

»Laß uns gehen.« Marie warf sich einen leichten Mantel über und faßte den Gatten an der Hand. »Wohin gehen wir, Pierre?« fragte sie, und ihre Augen ruhten auf seinem Gesicht.

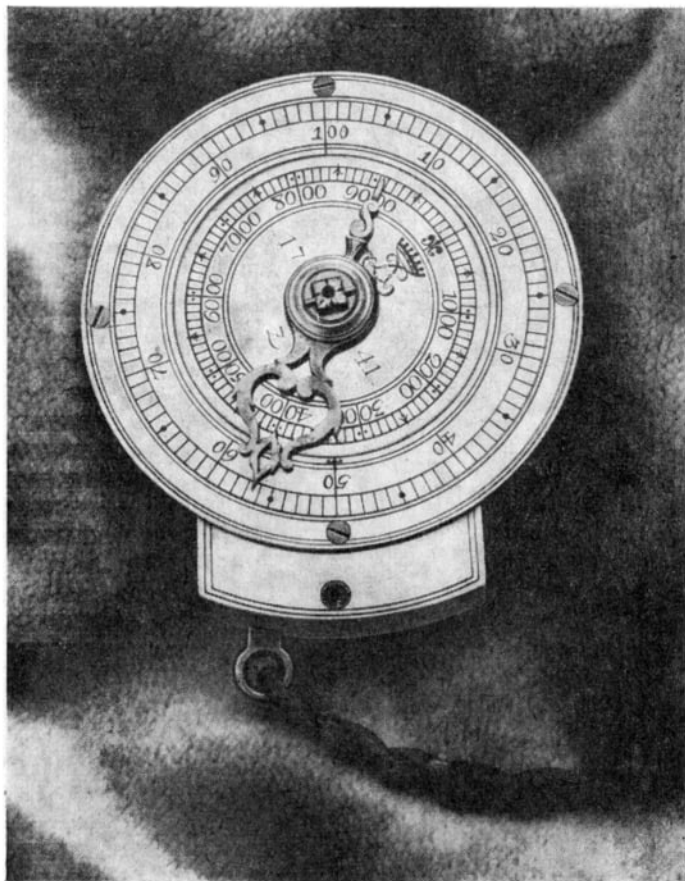
Pierre blickte sie aufmerksam an. »Nur wenn...«, begann er unentschlossen, aber Marie ergänzte erneut: »Ja, ja, in die Lhomond-Straße!«

Und mit scharfem Schritt machten sie sich in Richtung ihres Holzschuppens auf.

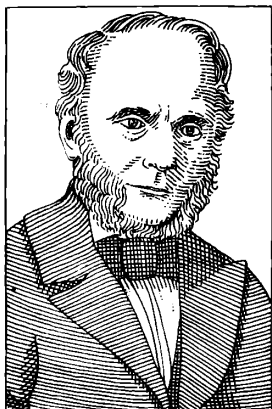
»Schalte nicht das Licht ein, Pierre!«

Sie sitzen auf den Stühlen und blicken in die Dunkelheit. In den Regalen, auf dem Tisch leuchten schwache, grünliche Pünktchen. Alle Abdampfschalen phosphoreszieren, blitzen wie wunderbare Edelsteine.

»Wie schön das ist«, flüsterte Marie. »Niemals, bis ans Lebensende nicht, vergessen wir diesen »Abend der Glühwürmchen.« Pierre zog die Gattin zu sich heran, seine treueste Mitarbeiterin, und beide schauten verzaubert auf die kleinen flimmernden Lichtlein, das Ergebnis ihrer angestrengten Arbeit. Sie betrachteten es stolz. Betrachten sie es wirklich stolz? O nein! Nicht mit Stolz, sondern mit Liebe. Das Radium ist ihr Kind, ebenso wie die kleine Irène...



Schrittzähler (1741)



RUDOLF CLAUSIUS

Clausius (Cl) ist eine alte Einheit der Entropie. Sie wurde zu Ehren des deutschen Physikers Rudolf Julius Emanuel Clausius benannt.

Definition:

Das Clausius ist diejenige Entropie, die in einer Gasmenge bei der absoluten Temperatur 1 K die Wärmemenge 1 cal erzeugt.

Anmerkung:

Clausius ist eine *nicht zugelassene* Einheit. Die SI-Einheit der Entropie ist das Joule je Kelvin (J/K). 1 J/K ist die Entropieänderung eines Systems, dem bei der Temperatur 1 K die Wärmemenge 1 J reversibel zugeführt wird.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Cl} = 1 \text{ cal/K} = 4,1868 \text{ J/K}$

Rudolf Julius Emanuel Clausius wurde am 2. Januar 1822 in Köslin (Koszalin) in der kinderreichen Familie eines Lehrers geboren. Er studierte zunächst an der Universität Berlin und beendete sein Studium im Jahre 1848 in Halle. Er gehörte zu den Studenten, die ihre jüngeren Geschwister unterstützen und durch Nachhilfeunterricht, den sie jüngeren Schülern gaben, Geld verdienen mußten.

Als Achtundzwanzigjähriger habilitierte er sich als Privatdozent und begann im gleichen Jahr, Vorlesungen über Physik an der Berliner Artillerie- und Ingenieurschule zu halten. Seit 1855 hielt er Physikvorlesungen an der Technischen Hochschule in Zürich, wo er zwölf Jahre lang wirkte. Dort gründete er auch eine Familie. Danach war er Physikprofessor an der Universität in Würzburg – aber nur zwei Jahre; schließlich ging er nach Bonn, wo er bis an sein Lebensende tätig war.

Clausius war ein dienstbeflissener, standhafter und verschlossener Mensch. Während des Krieges in den Jahren 1870/1871 erlitt er eine schwere Knieverletzung, die ihn zwang, den experimentellen Unterricht an Clemens Kettler abzutreten. Als Professor „alten Schlages“ stellte er diesem aber keine Geräte und Einrichtungen zur Verfügung, so daß sich an der Universität in Bonn die Experimentalphysik nicht entwickelte und keine wissenschaftliche Bildungseinrichtung entstand, auch wenn Clausius zu den führenden Physikern seiner Zeit zählte.

In seinen ersten wissenschaftlichen Arbeiten widmete er sich insbesondere der mathematischen Elastizitätstheorie. Seine fruchtbarste Schaffensperiode begann 1850, als er in der Arbeit „Über die bewegende Kraft der Wärme... als erster den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik aussprach: „Die Wärme kann nicht selbständig von einem kälteren Stoff auf einen wärmeren übergehen.“ Clausius ging hierbei von der Theorie der Wärmemaschinen Sadi Carnots aus, die er auf der Grundlage der mechanischen Wärmetheorie überprüfte. Dabei gelangte er allmählich zu grundlegenden Erkenntnissen auf dem Gebiet der Thermodynamik.

Clausius trug auch zum Aufbau der kinetischen Gastheorie bei. Im Jahre 1857 veröffentlichte er die Arbeit „Über die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen“, in der er zur kinetischen Energie der Gasmoleküle nicht nur deren geradlinige fortschreitende Bewegung zählte, sondern auch die Rotation und die inneren Schwingungsbewegungen der Atome in den Molekülen berücksichtigte. Damit erklärte er richtig, wenn auch nicht umfassend (die Lösung brachte erst die Quantentheorie) den Unterschied zwischen den realen und den idealen Gasen.

Im Jahre 1860 berechnete er die Geschwindigkeit der Gasmoleküle und später auch den Gasdruck auf die Wandung eines Gefäßes als den gemittelten Impuls der Moleküle auf die Gefäßwandung. Die angewandte „Methode der gemittelten Größen“ steht mit der Wahrscheinlichkeitstheorie im Zusammenhang und führte zur Herausbildung eines sehr bedeutenden Teilgebietes der Physik, der statistischen Physik.

In weiteren Arbeiten leitete er die Gleichung ab, welche die Abhängigkeit des Schmelzpunktes (Erstarrungspunktes) eines Stoffes vom Druck zum Ausdruck bringt und die später als Clausius-Clapeyronsche Gleichung bezeichnet wurde.

Bei späteren Untersuchungen zur mechanischen Wärmetheorie entdeckte Clausius, daß in einem abgeschlossenen System das Verhältnis des Wärmeinhalts zur absoluten Temperatur des Systems bei jedem Prozeß eine steigende Tendenz aufweist. Dabei verstand er unter einem abgeschlossenen System ein solches System, das Energie weder an die Umgebung abgibt noch von dieser aufnimmt. In einem vollkommen abgeschlossenen System, das in der realen Welt allerdings nicht existiert, bleibt dieses Verhältnis konstant bzw. es nimmt nie ab. Im Jahre 1865 nannte Clausius dieses Verhältnis Entropie.

Die Entropie gibt an, in welchem Maße in einem System die unterschiedlichen Energieformen in Wärme umwandelbar sind, die sich ihrerseits selbständig nicht mehr in andere Energieformen umwandeln kann. Die Entropie ist somit

das Maß für die Umwandlungsmöglichkeit von Energie in Arbeit; je höher die Entropie, desto weniger Energie kann in Arbeit umgewandelt werden.

Clausius verallgemeinerte die Eigenschaften eines wärmeisolierten Systems auf das gesamte Weltall. Es entstand dabei die Vorstellung, daß sich durch ein ständiges Anwachsen der Entropie der Anteil der in Arbeit umwandelbaren Energie verringert. Wenn die gesamte Energie verbraucht sein wird; erreicht die Entropie das Maximum, und das Weltall wird sich in einem vollkommenen Wärmegleichgewicht befinden. Es kommen alle Prozesse zum Erliegen außer der chaotischen Bewegung der Moleküle. Dieses dramatische Bild vom „Ende der Welt“ erhielt die Bezeichnung „Wärmetod des Weltalls“. Auf die Haltlosigkeit dieser Hypothese wies als erster der bedeutende Physiker Ludwig Boltzmann hin.

Clausius befaßte sich auch mit Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrolyse, wobei er die Anregung zur Schaffung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation gab. Ihn interessierten Probleme der Elektrodynamik und die Theorie der Polarisierung der Dielektrika, auf deren Grundlage er die Beziehung zwischen der Dielektrizitätskonstante und der Dichte des Dielektrikums ableitete.

Er starb am 24. August 1888 in Bonn.

* * *

»Ist der Herr Rat zu Hause?«

»Was für ein Herr Rat?« Die Kinderstimme klang abweisend.

»Herr Rat Professor Clausius.«

»Keinerlei Herr Professor, sondern Vati! Er ist zu Hause, hat aber keine Zeit«, sagte das Jüngelchen unnachgiebig und stellte sich entschlossen in die Tür.

»Hm... ich warte doch. Wenn du doch vielleicht Vati sagen würdest, daß ein Student zur Prüfung gekommen ist...«

»Nichts sage ich! Vati muß sich jetzt mit uns abgeben, und wenn ich ihn rufe, beginnt er mit dir zu sprechen und jagt uns davon. Geh lieber fort!« Die kleinen Händchen versuchten, den Eindringling auf das Treppenhaus hinauszuschieben.

Der Student wurde verlegen. Was sollte er mit diesem energischen kleinen Geschöpf beginnen? Der Professor hat ihn zur Prüfung bestellt, es wäre ungehörig, nicht zu kommen. Er überlegte blitzschnell, wie er das Jüngelchen besänftigen könnte.

»Hör mal zu«, begann er beschwichtigend, als sich gerade Professor Clausius mit einem weiteren Kind am Ende des Korridors zeigte.

»Was geht hier vor? Ach, der Herr will zu mir. Bitte, treten Sie ein!«

Der Student trat ein, und Clausius wandte sich zu den Kindern.

»Lauft jetzt spielen, Kinder! Na, na, nur nicht weinen«, sagte er, als er die traurig verzogenen Lippen sah, und streichelte zärtlich die kleinen Köpfchen. »Ich unterhalte mich mit diesem Herrn ein wenig und komme dann gleich wieder zu euch zurück.«

»Ehrenwort, Vati?«

»Ehrenwort.«

Die Kinder beruhigten sich, und der Professor begab sich mit dem Studenten ins Arbeitszimmer.

»Bitte setzen Sie sich«, der Professor wies auf einen Stuhl und nahm selbst hinter dem Schreibtisch Platz.

»Ihr Name?«

»Von Dünwald«, antwortete der junge Mann.

»Sie möchten die Physikprüfung ablegen. Welches Gebiet interessiert Sie am meisten?«

Der Student war von der Frage sichtlich begeistert. Die Hände zitterten ihm leicht, als er ein kleines Päckchen auszupacken begann, das er mitgebracht hatte.

»Eigentlich wollte ich... Wenn der Herr Professor gestatten ... Ich habe eine Erfindung mitgebracht...«

»Nun, das ist lobenswert«, sagte Clausius interessiert.

»Das ist nur so eine kleine Maschine, eigentlich eine Pumpe.

Sie schöpft Wasser aus einem kleinen Behälter, gießt es auf ein Rad, das wiederum eine Pumpe antreibt...«

Der Student zog eine Flasche mit Wasser aus der Tasche, goß es in den kleinen Behälter und drehte leicht am Rad. Die Pumpe begann zu arbeiten.

»Diese Pumpe kann bis ins Unendliche arbeiten«, erläuterte der Student. »Ich stelle noch Überlegungen an, sie zu vervollkommen. Wenn man hier ein Riemchen herumlegte...«

»Hm, Sie behaupten also, daß die Pumpe bis ins Unendliche arbeiten könne. Nun, wir werden sehen!«

Beide beobachteten angestrengt das geschickt konstruierte Spielzeug. Der Student strahlte, und der Professor beobachtete ihn gutmütig unter seinen dichten Augenbrauen hervor.

Schon bald wurde die Bewegung des Kolbens langsamer, bis sie schließlich völlig unterbrochen wurde. Die Pumpe kam zum Stillstand.

»Nun, was sagen Sie dazu?« fragte Clausius.

Der junge Mann errötete. »Das, das...«, stammelte er aufgeregt.

»Es ist offensichtlich etwas entzwei gegangen...«

Der Professor lachte. »Ja, eine ganz geschickt gefertigte kleine Maschine. Aber machen Sie sich bitte keine Hoffnungen! Die Pumpe wird nicht unendlich lange arbeiten. Weder diese, noch irgendeine andere.«

»Warum?« stieß der Student, noch stärker verwirrt, hervor.

»Weil das dem Prinzip von der Erhaltung der Energie widerspricht.«

»Der Energie?! Wie das, der Energie?«

»Der Begriff der Energie scheint Ihnen nicht ausreichend klar zu sein?«

»Ich habe nur vom Prinzip der Erhaltung der Kräfte gehört...«

»Darum geht es doch. Die Anwendung des Begriffes der Kraft ist heute so weit, daß es bereits wieder an der Zeit wäre, die physikalische Terminologie zu überprüfen.«

»Nach Newton«, erinnerte sich der Student, »stellt die Wirkung einer Kraft einen auf die Änderung des Zustandes eines Körpers gerichteten Vorgang dar. Jeder Körper verharrt im Ruhezustand oder in geradliniger und gleichmäßiger Bewegung,

solange ihn die Wirkung einer Kraft nicht zur Änderung dieses Zustandes zwingt. Die Bewegungsänderung ist proportional der wirkenden Kraft und verläuft in Richtung einer Geraden, längs der die Kraft wirkt«, rezitierte der Student wie aus einem Lesebuch. Clausius lachte zustimmend. »Das haben Sie sehr schön zitiert. Aber bitte berücksichtigen Sie, daß noch heute, zweihundert Jahre nach Newton, das Wort »Kraft« für die Definition ganz anderer Begriffe verwendet wird. Deshalb ist es besser, vom Prinzip der Erhaltung der Energie als von der Erhaltung der Kräfte zu sprechen.«

Er verstummte für einen Augenblick und schaute dann auf die Pumpe. »Mögen wir es auch ganz beliebig nennen, aber Sie haben gegen dieses Prinzip verstoßen...«

»Aber Herr Professor«, rief der Student, »ob in meiner Pumpe nicht die Kräfte erhalten bleiben?! Der Druck der Pumpe hebt eine bestimmte Wassermenge in eine begrenzte Höhe. Dann fällt das Wasser und treibt das mit einem Kolben verbundene Rad, und die Pumpe hebt erneut die gleiche Wassermenge in die gleiche Höhe. Das ist vollkommenes Gleichgewicht, und gerade die Kräfte bleiben hier erhalten.«

»Und die Reibung?« warf Clausius ein.

»Die Reibung? Ich verstehe nicht.«

»Wissen Sie, was Thermodynamik ist?« fragte Clausius.

»Selbstverständlich die Wissenschaft von den Umwandlungen der Wärme in Arbeit und umgekehrt. Aber ich begreife den Zusammenhang nicht...«

»Ich hoffe, daß Sie sich als künftiger Erfinder bewußt werden, daß keine Maschine ohne Reibung arbeitet.«

»Selbstverständlich!«

»Und welche Erscheinung begleitet ständig die Reibung?«

Als der Student stumm blieb, setzte Clausius fort. »Ich bezweifle nicht, daß Sie von Davys Versuchen gehört haben, der durch Reibung zwei Eisstücke geschmolzen hat...«

»Ach so«, unterbrach ihn der Student und begann zu entgegnen:

»Auf der Grundlage dieser Erscheinungen wurde das Wesen der Wärme erklärt, welche die Bewegung von Stoffteilchen gleichzeitig mit dem Schwingen der Teilchen des Äthers des

Weltalls darstellt. Wie Carnot, Joule, Mayer, Helmholtz und ebenfalls Herr Professor nachwiesen«, der Student verbeugte sich zu Clausius hin, »kann jede Bewegung in Wärme umgewandelt werden und umgekehrt. Es existiert eine Proportionalität zwischen der Größe der mechanischen Arbeit und der Wärmemenge, aus der die Arbeit hervorgeht.«

Der Student redete wie ein Buch, und die Worte sprudelten nur so heraus.

Clausius nickte zustimmend. »Sie haben soeben den ersten Hauptsatz der Thermodynamik ausgesprochen. Versuchen Sie nun auf der Grundlage dieser Kenntnisse, die Arbeit Ihrer Pumpe zu analysieren.«

»Aber meine Pumpe ist doch keine Wärmemaschine!«

Der Professor stieß einen leichten Seufzer aus. In Dünewald erkannte er den Typ eines Studenten, der vollendet Lehrsätze rezitiert, sie aber niemals anzuwenden weiß.

»Sie haben doch selbst behauptet, daß keine Maschine, also auch Ihre Pumpe nicht, ohne Reibung arbeiten kann. Infolge dessen wird ein Teil der Arbeit in Wärme umgewandelt und zerstreut.« Der Student schlug sich an die Stirn. »Tatsächlich! Daran habe ich nicht gedacht. Ich danke für den liebenswürdigen Hinweis. Tatsächlich... auch die Wärme muß man nutzen und umwandeln.«

»Leider befürchte ich, daß Ihnen dieses nicht gelingt. Damit ein Wärmefluß eintritt, muß ein Temperaturgefälle vorhanden sein«, erläuterte Clausius mit einer unerschöpflichen Geduld. »Natürlich. Die Wärme geht stets von einem wärmeren Körper auf den kälteren über.«

»Richtig. Man kann also Wärme in mechanische Energie umwandeln. Damit aber in umgekehrter Richtung ein Wärmefluß einsetzt, muß man dazu Arbeit verrichten. Und mit dieser Tatsache haben Sie es in Ihrer Pumpe zu tun.«

»Aber die Wärme entsteht, und die festen Teile der Pumpe erwärmen sich. Dadurch tritt ein Temperaturgefälle ein, der Wärmeübertritt wird also möglich. Man muß das natürlich nutzen!«

»Die Wärmemenge, die man umwandeln kann, hängt vom

Temperaturgefälle ab. Je niedriger das Gefälle, desto geringer ist der Wirkungsgrad. Begreifen Sie endlich! Wenn die Wärme vom wärmeren auf den kälteren Körper oder den Kühler überströmt, wird nur ein Teil Wärme in nützliche Arbeit umgewandelt, der Rest wird an den Kühler abgegeben, und dieser Teil ist für uns unwiederbringlich verloren.»

Clausius betrachtete die Pumpe nochmals gründlich und fuhr fort: »In Ihrer Pumpe liefert jede Bewegung des Rades nicht nur Energie für die Verschiebung des Kolbens, sondern auch für die Erhitzung aller reibenden Stellen. Nach jeder Umdrehung ist also die nützliche Arbeit eine geringere. Demgegenüber entsteht Wärme, die man nicht nutzen kann, denn sie strömt in den sich bewegenden Kolben, und die Temperaturen gleichen sich aus.«

»Aber es entstehen durch die Reibung während des Pumpenbetriebes neue Wärmemengen«, bestand der Student hartnäckig auf seiner Anschauung.

»Sie entstehen, aber zu Lasten der Arbeit, die Sie für den Antrieb der Pumpe nutzen wollen.«

»Ja, das sind die Schwierigkeiten«, brummte der Student.

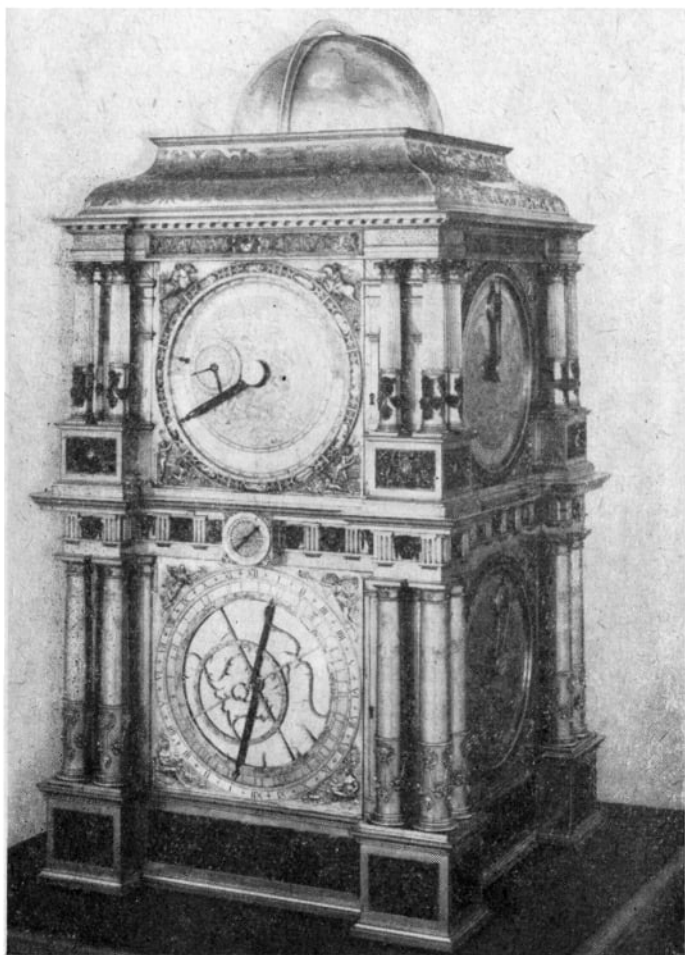
»Man muß das verhindern, diese Wärme muß genutzt werden.«

»Die Summe der Energien in einem System ist konstant. Wenn Wärme verlorenght, versucht die Temperatur einen Ausgleich zu schaffen. Und dort, wo kein Temperaturgefälle vorhanden ist, kann keine Umwandlung der Wärme in Arbeit einsetzen«, wiederholte Clausius.

Der Student überlegte eine Weile. »Ich muß mir das alles durch den Kopf gehen lassen. Wenn der Herr Professor gestatten... Ich möchte mich jetzt keiner weiteren Prüfung unterziehen. Ich melde mich an, wenn ich die Pumpe vervollkommen habe.«

Clausius nickte stumm. Er blickte dem fortgehenden Studenten nach und bemerkte, in Gedanken versunken: »Das wahrscheinlich niemals...«

Dann öffnete er die Tür zum Kinderzimmer.



Planetariumuhr (1563 bis 1567)



LÓRAND EÖTVÖS

Eötvös (E) ist die SI-fremde Einheit des Gradienten der Schwerbeschleunigung. Sie wurde zu Ehren des ungarischen Physikers Lóránd Eötvös benannt.

Definition:

Das Eötvös entspricht der Änderung der Größe der Schwerbeschleunigung um 10^{-1} mGal je 1 km Entfernung.

Anmerkung:

Eötvös ist eine veraltete, *nicht zugelassene* Einheit, die in der Geophysik angewendet wurde.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ E} = 10^{-7} \text{ Gal/m} = 10^{-9} \text{ s}^{-2}$



Lóránd Eötvös¹⁾ wurde am 27. Juli 1848 in Budapest als Sohn des bekannten Dichters, Schriftstellers und Staatsmannes József Baron von Eötvös geboren. Er interessierte sich für die Natur und die Naturwissenschaften. Noch während des Besuchs der Mittelschule half er dem Physikprofessor Jedlík an der Budapester Universität bei Versuchen.

Im Jahre 1865 schloß er die Mittelschule ab und ließ sich auf Wunsch der Eltern an der Juristischen Fakultät immatrikulieren. Dieses Studium befriedigte ihn jedoch nicht, und nach einem Italienbesuch, auf dem er Galileis Handschriften kennenlernte, entschied er sich definitiv für das Physik- und Chemiestudium an der Universität in Heidelberg. Dort erlangte er 1870 den Doktorgrad mit ausgezeichnetem Erfolg.

Im Jahre 1871 wurde er Dozent an der Universität in Budapest und ein Jahr später ordentlicher Professor für theoretische Physik. Unmittelbar darauf wurde er Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften; später war er auch ihr Präsident. Im Jahre 1878 ernannte man ihn an der gleichen Universität zum Professor für experimentelle Physik.

Diesen Lehrstuhl hatte er bis zu seinem Lebensende inne. Die ersten wissenschaftlichen Forschungen von Eötvös bezogen sich auf Erscheinungen an der Oberfläche von Flüssigkeiten, auf die Kapillarität und die kritischen Zustände von Gasen. Sein Gesetz, in dem er die Abhängigkeit der Oberflächenspannung von der Temperatur beschrieb, wurde zur Grundlage für die Bestimmung der relativen Molekülmasse von Flüssigkeiten. Die Untersuchung der Oberflächenercheinungen von Flüssigkeiten gab er im Jahre 1886 auf, um sich vollständig der Gravitationsforschung widmen zu können.

Nach dem Vorbild der Coulombschen Waage konstruierte er eine außerordentlich präzise Drehwaage, die die Messung

¹ auch in der deutschen Namensform Roland von Eötvös bekannt

der Größen- und Richtungsänderung des Gravitations- und des Magnetfeldes der Erde ermöglichte. Mit dieser Waage führte er eine große Reihe von Messungen der Erdanziehung und des Erdmagnetismus aus. Mit großer Genauigkeit ermittelte er, daß die Massenanziehung nur von der Körpermasse abhängt und völlig unabhängig von der Art des Körpers ist. Er wies weiter nach, daß diejenigen Körper, die sich in ostwärtiger Richtung bewegen, an Masse verlieren. Seine Drehwaage erwies sich bei geologischen Erkundungen und bei der Suche nach unterirdischen Minerallagerstätten als praktisch einsetzbar.

Eötvös war ein vielseitig tätiger Gelehrter, dessen Bestreben es war, die Entwicklung der Wissenschaften und die Herausgabe wissenschaftlicher Zeitschriften zu beschleunigen. In den Jahren 1894 bis 1895 war er Minister für Kultus und Unterricht. Er bemühte sich, fortschrittliche Schulreformen einzuführen, was ihm leider nicht gelang. Er gab sein Ministeramt auf, um sich allein der wissenschaftlichen und pädagogischen Tätigkeit widmen zu können.

Er starb am 8. April 1919 in Budapest.

* * *

Es war zu der Zeit, als an der Budapester Universität Stefan Anián Jedlik Physikvorlesungen hielt. An jenem Tag, an dem man ihm den Besuch des jungen Lóránd Eötvös und dessen Vaters meldete, arbeitete der alte Wissenschaftler – der aus der Slowakei stammte – im Universitätslaboratorium. Es umgaben ihn Haufen von Drähten, Geräten und eine Unmenge von Dosen und Fläschchen.

Jozsef Eötvös, der Vater von Lóránd, und Professor Jedlik schüttelten sich die Hände und begrüßten sich herzlich wie alte Freunde. Sie hatten sich eine Ewigkeit nicht gesehen, und deshalb – wie konnte es auch anders sein – gedachten sie der alten Zeiten.

Inzwischen betrachtete der junge Bursche wißbegierig die ihn umgebenden Dinge, und indem er vorsichtig die rätselhaften Geräte berührte, versuchte er im Geiste zu erraten, welchem Zweck sie wohl dienten.

»Ich habe meinen Sohn mitgebracht«, sagte schließlich Jozsef Eötvös. »Mit Vorliebe pflegt er sich mit den unterschiedlichsten Geräten zu befassen, und ich wäre glücklich, überaus glücklich, wenn du ihn fachlich anleiten könntest.«

»Sehr gern«, antwortete Professor Jedlik.

»Für den Wissenschaftler kann es keine größere Freude geben, als die Jugend zu erziehen und anzuleiten. Es gibt kein größeres Glück, als einen jungen Menschen anzulernen, der deshalb gekommen ist, um Kenntnisse zu erwerben und nicht nur ein Zeugnis zu erhalten.«

Nach dem Besuch konnte Lóránd kaum den Tag erwarten, an dem er ins Laboratorium gehen durfte. Gern verbrachte er hier die Nachmittage, wenn er von der Schule heimkehrte, und er drehte die Scheiben des Elektroinduktionsgerätes, wog, maß, hobelte, sägte, bohrte und hörte dem alten Professor mit Genuß zu.

Jedlik pflegte, seitdem sich sein Gehör verschlechtert hatte, wenig zu erzählen, aber Lóránds aufrichtiges Interesse und seine Liebe zu den Naturwissenschaften machten den alten Wissenschaftler gesprächig. Wiederholt betonte er vor dem Jungen, daß man sich der Wissenschaft mit Leib und Seele verschreiben muß, will man sich mit Physik befassen, Wissenschaftler und Erfinder werden. Die Natur enthüllt ihre Geheimnisse und Schönheiten nur dem, der ihr all seine Kraft widmet und nur für sie lebt. Dieser Worte gedachte Lóránd Eötvös sehr oft und wiederholte sie noch häufig an der Neige seines Lebens vor den Studenten und jüngeren Mitarbeitern.

* * *

Der junge Lórand und sein Vater reisten in einer Kutsche gemeinsam mit deutschen Kaufleuten und wohlhabenden italienischen Bürgern. Der Junge hatte in Budapest sein Abitur abgelegt und sich auf Familienbeschluß an der Juristischen Fakultät immatrikulieren lassen. Zwei Jahre studierte er an der Universität, und jetzt nahm ihn der Vater mit auf die Reise in die bedeutenden europäischen Kulturzentren.

Eine schwere gelbe Postkutsche, die in starken Lederriemen schaukelte, gelangte in das altertümliche Padua, die Stadt mit einer berühmten Universität. Die Kutsche hielt in einer engen, gewundenen Straße vor einem altmodischen Gasthof. Lórand und der Vater richteten sich ein. Der junge Mann gönnte dem Vater nicht viel Erholung und lud ihn bald zu einem Stadtbummel ein.

»Lieber Vater«, begann Lórand das Gespräch, »in dieser Stadt lebte Galileo Galilei. Wir werden zuerst die Universität besuchen. Ich sehne mich danach, die Stätten abzuschreiten, durch die dieser Gigant ging, die Stätten, wo er lebte und arbeitete.«

Der Vater richtete einen verständnisvollen Blick auf den Sohn. »Gewiß, Lórand, sehr gern«, und ihre Schritte führten sie an ein unauffälliges Tor, hinter dem sich der imposante Innenhof der Universität verbarg, der von einer Säulenreihe eingefast war. Lórand schritt mit der Ehrfurcht eines Weiheempfangenden die Stufen hinauf...

Ein weiterer Aufenthaltsort auf ihrer Reise war Bologna. Auch hier, genauso wie in Padua, zog unsere Reisenden vor allem die Universität und insbesondere die Universitätsbibliothek an.

Der gebildete junge Mann wußte, daß sich gerade hier, in der Universitätsbibliothek von Bologna, Schätze verbergen, die er unbedingt mit eigenen Augen sehen wollte. Es waren dies die Handschriften von Galilei. Hier, in der Bücherei, vor sich die geschätzten Handschriften, sprach er seinen seit langer Zeit gehegten Wunsch laut aus.

»Vater«, sagte Lórand, »ich möchte Physiker werden, wie Galilei.«

Der Vater sah vor sich hin. Tatsächlich hatte er schon lange

diesen Zeitpunkt erwartet. Aber jetzt hatte er das Gefühl, als wäre er doch etwas überrumpelt worden. Tief in Gedanken versunken strich er sich über den Schnauzbart und den schneeweißen Kinnbart. Schließlich entgegnete er: »Hast du dir das gut überlegt, mein Sohn, was du da sagst?«

»Weshalb darüber nachdenken? Die Jungen, mit denen ich zusammen zur Schule ging, bereiten sich heute auf den Beruf eines Ingenieurs, Arztes oder Juristen vor. Einige führte der Wunsch der Eltern zur Berufswahl, der wohlüberlegte Entschluß oder einfach der heiße Wunsch nach einem guten Verdienst. Warum soll ich Jurist werden, wenn ich zu diesem Beruf weder eine Beziehung noch Lust habe? Ich möchte in einem Laboratorium arbeiten, studieren, rechnen, zeichnen. Auch Professor Jedlik hat seine Dosen und Geräte gegen keinerlei Rang eingetauscht, obwohl er bereits fünfzig Jahre lang arbeitet. Warum kann nicht auch ich Physiker sein, so wie Galilei? Sicher würde ich in der Physik bessere Ergebnisse erzielen als auf dem Gebiet der Rechtspflege.«

»Du müßtest aber lange Jahre im Ausland studieren. Du wäirst Jahre fern von zu Hause.«

»Ist es vielleicht ein Fehler, wenn der Mensch die Welt kennenlernt?«

»Auf keinen Fall ist das ein Fehler, aber ich kenne dich und weiß, wie du an deiner Mutter hängst. Ich habe Angst, daß dich das Heimweh zu sehr plagt wird.«

»Ja...«, antwortete der gerührte Lóránd unentschlossen, aber sich aufraffend, fuhr er fort: »Aber ich glaube, daß die Mutter auch glücklich wäre, wenn sie sähe, daß ich eine Wissenschaft studiere, die mich befriedigt.«

»Ich bin einverstanden, mein Sohn, reichen wir uns die Hände«, lachte József Eötvös. »Ich bin froh, daß du selbst über dein Schicksal entschieden hast. Es ist richtig so.«



MICHAEL FARADAY

Farad (F) ist die SI-Einheit der elektrischen Kapazität. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers Michael Faraday benannt.

Definition:

Das Farad ist die Kapazität eines Kondensators, der durch die Elektrizitätsmenge 1 C auf die Spannung 1 V aufgeladen wird.

$$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$$

Michael Faraday wurde am 22. September 1791 in Newington Butts unweit von London als Sohn eines Schmiedes geboren. Die unvermögenden Eltern konnten ihm nicht einmal eine abgeschlossene Grundschulbildung gewähren; deshalb gaben sie ihn bereits mit dreizehn Jahren zu einem Buchbinder und Buchhändler in die Lehre. Zunächst trug er nur Zeitungen aus, später dann erlernte er das Buchbinderhandwerk.

Bei der Arbeit mit Büchern las er viel, wobei ihn am stärksten Physik- und Chemiebücher fesselten. Er begann, populärwissenschaftliche Abendvorlesungen zu besuchen; ein reicher Kunde ermöglichte ihm die Teilnahme an einigen Vorlesungen des Chemikers Sir Humphrey Davy an der Royal Institution¹⁾.

Im Jahre 1812 ging seine Lehrzeit zu Ende. Der junge Faraday faßte jetzt den Entschluß, sich der Wissenschaft zu widmen. Es gelang ihm, eine Stelle an der Royal Institution direkt bei Davy zu bekommen, wo er als Gehilfe mit dem Waschen von Laborglas begann. Dabei studierte er jedoch verstärkt weiter, er sammelte Erfahrungen, sein wissenschaftlicher Horizont erweiterte sich.

Als er im Jahre 1815 von Reisen durch Europa, auf denen er Davy begleitet hatte, zurückkehrte, begann er diesem bei chemischen Versuchen zu helfen und selbständig kleinere Aufgaben zu lösen. Sehr bald erreichte er wertvolle Ergebnisse: Er gewann zwei neue Verbindungen von Chlor und Kohlenstoff. Er interessierte sich auch für das Studium der Akustik und bereitete Versuche für die Vorlesungen an der Royal Society vor; er assistierte auch bei diesen Versuchen.

Es folgte ein Jahrzehnt angestrengter, vielseitiger wissenschaftlicher Tätigkeit. Gemeinsam mit Davy stellte er Versuche zur Gasverflüssigung an, leistete umfangreiche Arbeit auf dem Gebiet der Stahllegierungen und betrieb gründliche Studien über die Herstellung neuer optischer Gläser.

¹ Im Jahre 1799 in England gegründetes Institut, in dem öffentliche wissenschaftliche Vorträge gehalten, experimentelle Untersuchungen betrieben und verschiedene naturwissenschaftliche Kurse abgehalten wurden.

F

Im Jahre 1824 wurde Faraday zum Mitglied der Royal Society in London ernannt. Ein Jahr darauf entdeckte er das Benzol, einen Kohlenwasserstoff, der später sehr große Bedeutung erlangte. Im gleichen Jahr wurde Faraday Direktor des Laboratoriums der Royal Institution, später Chemieprofessor und schließlich nach Davys Tod dessen Nachfolger.

Das Jahr 1831 brachte die sehr wichtige Faradaysche Entdeckung der elektromagnetischen Induktion, die eigentliche Krönung zehnjähriger Forschungsarbeiten. Die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion wurde zur Grundlage für die gesamte weitere Entwicklung der Elektrotechnik. Faraday veröffentlichte die Entdeckung als erste Folge seiner „Experimentellen Untersuchungen zur Elektrizität“, in denen er nacheinander in 30 Folgen und 3000 Paragraphen die meisten seiner wissenschaftlichen Arbeiten publizierte.

Außerdem widmete sich Faraday dem Studium der chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes. Im Jahre 1833 entdeckte er die beiden Gesetze über die chemischen Wirkungen des Stromes, die später nach ihm benannt wurden.

Versuche und Beobachtungen wechselten mit neuen Entdeckungen. Faraday erklärte als erster die Entstehung der elektromotorischen Kraft, d. h. der Spannung, im galvanischen Element richtig, wies die Existenz der Selbstinduktion nach und führte den Begriff „Feld“ in die Physik ein, mit dessen Hilfe er die elektrischen und magnetischen Effekte erläuterte. Er studierte auch den Einfluß unterschiedlicher Stoffe auf die elektrischen Kraftwirkungen. Stoffe, die die elektrischen Kraftwirkungen beeinflussen, nannte er Di-elektrika.

Nach einer Periode ungewöhnlicher Erfolge, aber auch kräftezehrender Arbeit stellten sich Ermüdungserscheinungen und körperliche Beschwerden ein. Erst nach einem längeren Aufenthalt in den Alpen war er so weit wiederhergestellt, daß er 1845 seine Untersuchungen erneut aufnehmen konnte. Noch im gleichen Jahr entdeckte er den Diamagnetismus.

In den letzten Jahren seiner wissenschaftlichen Tätigkeit

befaßte sich Faraday mit der Erforschung des Verlaufs der magnetischen Kraftlinien um elektrische Ströme und um Dauermagnete sowie mit weiteren Erscheinungen, die mit der Wirkung elektrischer und magnetischer Kräfte im Zusammenhang stehen.

Faraday vergaß nie, wo er einstmals angefangen hatte; er veranstaltete gern populärwissenschaftliche Vorlesungen, wobei er stets seiner Jugendzeit gedachte, der er das beliebte Büchlein „Naturgeschichte einer Kerze“ widmete.

Im Jahre 1858 nahm Faraday Abschied von der Royal Institution und siedelte sich in Hampton Court unweit von London an, in einem Hause, das ihm die Königin geschenkt hatte. Er beklagte sich jetzt, daß ihn das Gedächtnis immer mehr verließ.

Bis an sein Lebensende führte er eine glückliche, wenn auch kinderlose Ehe.

Er starb am 25. August 1867 in Hampton Court.

* * *

Als Faraday endlich zur eigentlichen wissenschaftlichen Arbeit kam, war er bereits vierzig Jahre alt. Sein gesamtes bisheriges Leben bestand nur in Vorbereitungen. Die Ägypter brauchten zehn Jahre, um eine Straße zu bauen, auf der sie danach die Steine für den Bau der Pyramiden transportierten. Faraday baute sich im Verlaufe von fünfundzwanzig Jahren seinen Weg. Er fuhr an das Meer. Er fuhr immer dann dorthin, wenn er über irgend etwas Überlegungen anstellen wollte. In solchen Situationen war er am liebsten allein.

Die Meeresbrandung trieb eine Welle nach der anderen an das Ufer. Faraday beobachtete die Wellen, wie sie sich vorher zornig aufbäumen, um danach an den Felsen zu zerschellen und ins Nichts auseinanderzufließen. Er dachte weder über die Elektrizität noch über den Magnetismus nach. Schließlich

F

ging er jedem Gedanken aus dem Wege, der mit diesen beiden Gebieten in Zusammenhang stand.

Erst kurz vorher hatte ihn die traurige Nachricht vom Tod Sir Humphry Davys, des Wohltäters, Lehrers und des hochgeschätzten Menschen, erreicht.

Bald darauf mußte Faraday nach London eilen, um das Amt des Verwalters des großen Erbes anzutreten; man vertraute ihm alle Ämter an, die der Verstorbene innehatte. Er mußte die Vorlesungen in der Royal Society übernehmen und wurde Leiter des Labors, in welches ihn vor achtzehn Jahren Sir Davy als Laufburschen und Laborglaswäscher aufgenommen hatte.

An jenem Tag, als Faraday das Amt übernahm, überhäuften ihn die Assistenten mit stürmischen Glückwünschen. Faraday wehrte sie ab.

»Ich bin nicht der, der Davy war«, sagte er. »Davy war Erfinder. Er starb nicht als alter Mann, denn er war erst einundfünfzig Jahre alt. Er überbeanspruchte seine Kräfte. Unsereiner erreicht gewiß ein höheres Alter, weil er die Kräfte nicht verschwendet, nicht forscht, sondern nur rechnet und überprüft, was schon geleistet wurde.«

Er dachte eine Weile nach und fuhr dann fort.

»Davy war ein Genie. Vielleicht kein außergewöhnliches. Ich dagegen habe nur Talent. Es ist möglich, daß es groß ist. Aber eine große Begabung reicht nur zu einem kleinen Genie.«

Soviel sagte Faraday seinen Assistenten zur Einführung. Er meinte das so ernst, wie er es sagte. Jedoch kommt es nicht darauf an, was der Mensch über sich selbst sagt. Es kommt darauf an, was er macht!

Am Morgen des 29. August 1831 begab sich Faraday wie gewohnt ins Laboratorium, wo er seine gesamte Freizeit verbrachte.

»Fahren wir heute mit den Versuchen fort, Herr?« fragte der Assistent, der sich im Laboratorium bereits zu schaffen machte.

»Ja, Anderson. Wir müssen es noch einmal versuchen. Aber ich habe vergessen, Ihnen zu sagen, daß wir heute ein kleines Jubiläum feiern.«

»Ein Jubiläum? Ich verstehe nicht.«

»Ja, ja, mein Lieber. Wir feiern ein Jubiläum. Heute ist es nämlich zehn Jahre her, seitdem ich es mir in den Kopf gesetzt hatte, ›den Magnetismus in Elektrizität zu verwandeln‹. Diesen kurzen Satz habe ich mir vor zehn Jahren im Tagebuch vermerkt. Denn Leiter, die vom Strom durchflossen werden, verfügen über magnetische Eigenschaften, und man kann daher erwarten, daß Strom mit Hilfe eines Magneten hervorgerufen werden kann. Bisher haben jedoch die Versuche, die wir sehr oft wiederholten, diese Annahme, wie Sie wissen, noch nicht bestätigt, obwohl sie – wie ich zu behaupten wage – berechtigt ist. Versuchen wir es also noch einmal, mein Lieber...«

Faraday wandte sich an Anderson.

»Ich bitte Sie, erneut den Ring vorzubereiten. Auf den Ring wickeln wir einige Windungen eines Drahtes, dessen eines Ende wir direkt an die Batterie anschließen und dessen anderes Ende wir über einen Schalter an die Batterie anlegen. Damit schaffen wir den Primärkreis.«

Anderson führte schnell und richtig aus, was ihm Faraday aufgetragen hatte.

»Auf den Ring wickeln wir nun weitere Windungen«, erklang Faradays Stimme. »Das wird der Sekundärkreis.«

»Ich verstehe«, antwortete der Assistent.

Zunächst umwickelte er jedoch die Windungen des Sekundärkreises mit Wachspapier, damit sie die Wicklung des Primärkreises nicht berührten.

»Und jetzt Achtung! Halten Sie bitte die Enden des Sekundärkreises nahe bei sich. Ich werde inzwischen mit Hilfe des Schalters den Primärkreis öffnen und schließen.«

»Er ist da, er ist da!« rief Anderson plötzlich, und aus seiner Stimme war die unverhohlene Freude herauszuhören. »Der Funke ist da! Der Funke!«

Über Faradays konzentriertes Gesicht breitete sich ein glückliches Lächeln. Zwischen den Enden des Sekundärkreises sprangen beim Öffnen und Schließen des Primärkreises stets durch die Induktionsspannung erzeugte elektrische Funken über. Diese Funken bereiteten den Befürchtungen ein Ende,

F

der Versuch könnte doch nicht das lange erwartete Ergebnis bringen.

»Ich danke Ihnen, Anderson«, sagte nach einer Weile der ergriffene Faraday und wischte sich den Schweiß von der Stirn. »Ich danke Ihnen herzlich für die Ausdauer und Hilfe. Heute wollen wir nicht mehr arbeiten. Wir haben Feiertag, Anderson. Wir wollen unseren kleinen Keller verschließen. Ich muß mir unseren Versuch durch den Kopf gehen lassen. Ich muß die Gründe unseres Mißerfolges bei den vorangegangenen Versuchen herausfinden...«

Als dann Faraday diesen Versuch den Mitgliedern der Royal Society vorführte, verwandelte sich ihr Erstaunen bald in Begeisterung.

Am Ende der Vorlesung trat ein reicher Geschäftsmann, der die Gesellschaft finanziell unterstützte, an Faraday heran und sagte zu ihm mit gehobener Stimme:

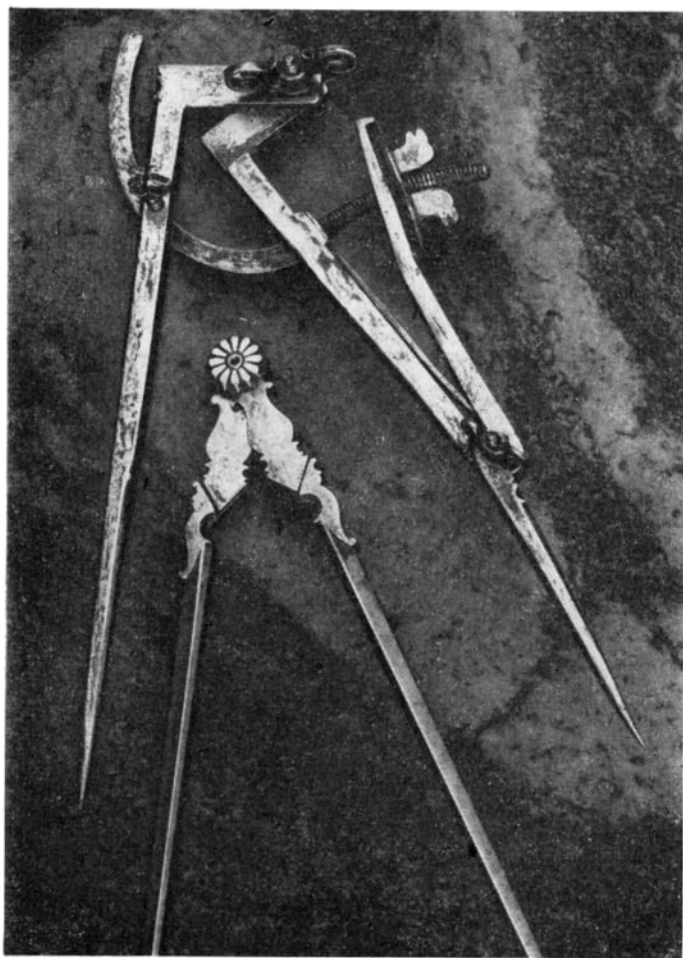
»Was Sie uns da soeben gezeigt haben, Herr Faraday, ist tatsächlich eine schöne Sache. Aber nun sagen Sie uns, wozu die magnetische Induktion gut ist?!«

»Wozu taugt ein neugeborenes Kind?« antwortete Faraday verärgert. Die Frage des Geschäftsmanns beantwortete erst fünf- unddreißig Jahre später Werner v. Siemens.

Inzwischen erhielt Faraday eine Unmenge von Aufträgen und Angeboten. Man lockte ihn mit zehnfachem Einkommen, bot ihm die unterschiedlichsten Stellen an.

Der Englische Hof wollte ihm die Ehrenwürde eines Peers verleihen. Die Royal Society trug ihm das Präsidentenamt an. Faraday hat von alledem nichts angenommen.

»Wen der Herr vernichten will, den straft er mit Hochmut«, sagte er zur Gattin. »Mein Vater war Hufschmied, der Bruder ist Klempner. Und ich wurde einstmals Buchbinderlehrling, nur um Bücher lesen zu können. Ich heiße Michael Faraday, und nur dieser Name wird einst auf meinem Grabstein eingraviert sein.«



Stich- und Stellzirkel (um 1525 bis 1600)

D. G. Fahrenheit

GABRIEL DANIEL FAHRENHEIT

Grad Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) ist eine Einheit der Temperaturdifferenz. Sie wurde zu Ehren des deutschen Physikers Gabriel Daniel Fahrenheit benannt.

Anmerkung:

Grad Fahrenheit ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und wird bei uns nicht angewendet. Die Basiseinheit der Temperaturdifferenz ist das Kelvin (siehe unter K). Der Grad Fahrenheit wird vor allem in Amerika noch verwendet.

Umwandlungsbeziehung: $n^{\circ}\text{F} = 1,8 (n - 32)^{\circ}\text{C}$

Gabriel Daniel Fahrenheit wurde am 14. Mai 1686 in Danzig (Gdańsk) als ältestes von fünf Kindern eines Kaufmanns geboren. Nach Beendigung der Grundschule sollte er das Gymnasium in Danzig besuchen; der plötzliche tragische Tod beider Eltern vereitelte jedoch diesen Plan.

Als Ältestem wurde ihm die Verpflichtung auferlegt, sich dem Beruf des Vaters zuzuwenden; er ging daher nach Amsterdam in die Kaufmannslehre. Mehr als die kaufmännischen Berechnungen interessierten ihn jedoch die Naturwissenschaften. Nach Abschluß der Lehrzeit im Jahre 1706 widmete er sich nur noch der Physik.

Er unternahm mehrere Reisen, auf denen er mit bedeutenden Mathematikern und Physikern zusammentraf; dabei besuchte er auch seine Geburtsstadt. Danach siedelte er für immer nach Amsterdam über und befaßte sich mit der Herstellung physikalischer Geräte, insbesondere von Thermometern und Barometern aus Glas.

Er führte die Glasbläserarbeiten selbst aus, wobei er eine hohe Fertigkeit erreichte.

Im Jahre 1714 konstruierte er zwei mit Alkohol gefüllte Thermometer, mit denen man bereits relativ genaue Messungen vornehmen konnte. Im gleichen Jahr verwendete er für die Thermometer auch Quecksilber und setzte so die Arbeiten von G. Amontons fort, der das Ausdehnungsvermögen des Quecksilbers untersucht hatte.

Fahrenheit veröffentlichte seine Methode zur Herstellung von Thermometern 1724 in der Zeitschrift „Philosophical Transactions“ der Royal Society in London und dann noch einige weitere Arbeiten, auf Grund deren man ihn zum Mitglied dieser Gesellschaft ernannte.

Für seine Thermometer verwendete er mehrere Skalen, von denen er die letzte – später nach ihm als die Fahrenheitskale benannt – von drei Fundamentalpunkten ableitete. Der erste war die Temperatur des Eis-Wasser-Kochsalz-Gemisches, die er mit 0° markierte, der zweite die Temperatur des Eis-Wasser-Gemisches, die er mit 32° kennzeichnete, und der dritte die Temperatur des siedenden Wassers, die er

mit 212° markierte. Diese Skale wird teilweise noch in England und in den Vereinigten Staaten von Amerika benutzt. Es ist noch zu erwähnen, daß bei einigen älteren Skalen auch die Körpertemperatur des gesunden Menschen als Fundamentalpunkt angewendet wurde.

Im Jahre 1724 beschrieb Fahrenheit auch die Unterkühlung des Wassers, die Abhängigkeit des Siedepunktes des Wassers vom atmosphärischen Druck, konstruierte ein Aräometer¹⁾ und das mit einem Druckmesser verbundene Thermometer (Thermobarometer). Außerdem befaßte er sich auch mit der Hydrostatik und der Optik.

Er starb am 16. September 1736 im Haag.

* * *

Das Abendessen näherte sich seinem Ende. Die Tischpartner erinnerten sich an den außergewöhnlich strengen Winter des Jahres 1709.

»Ja, wirklich«, sagte Herr Christoph. »Die ältesten Menschen können sich an solche Fröste nicht erinnern. Es wurde damals bei uns behauptet, die Schweden hätten jenen verfluchten Winter mitgebracht; angeblich sollen in ihrem Land oft solche Winter herrschen.«

»Ach, wer weiß, ob solche Winter oder jene«, ließ sich Herr Johann vernehmen. »Der eine nennt es Winter, dem anderen aber ist es warm. Erinnern Sie sich, Herr Christoph, wie wir über den Italiener gelacht haben, der schrie, er erfrore, obwohl es niemandem von uns in Danzig auch nur in den Sinn gekommen wäre, einen Pelzmantel anzuziehen. Niemand glaubt, daß er deshalb gefroren hat, weil der Winter streng war, sondern er war einfach solche Winter nicht gewohnt.«

»Niemand erinnert sich an solche Winter«, fuhr Herr Christoph fort. »Möglich, daß unsere Enkel – Gott bewahre– gleiche Fröste erleben.«

¹ Senkspindel zum Bestimmen der Dichte von Flüssigkeiten

»Gleiche oder unterschiedliche«, widersprach Herr Johann, »möglich, daß sie von einem milderen Winter sagen werden, er sei so stark wie im Jahre 1709 gewesen. Wer weiß das, wenn wir nicht mehr da sind, und die Jungen werden darüber nur vom Hörensagen wissen.«

»Es scheint mir«, mischte sich Fahrenheit, in dessen Augen es blitzte, in den Streit ein, »daß ich eine Methode gefunden habe, nach der viele Jahre später unsere Söhne und Enkel noch sagen können, welcher Winter strenger war.«

Die beiden Gäste lachten.

»Was spinnen Sie da, Herr?«

»Was für eine Methode?«

»Würden sich die Herren zu mir bemühen, hier nach nebenan, wo ich eine Werkstatt habe?«

»Was denn«, wunderte sich Herr Christoph, »haben vielleicht bei euch in Amsterdam die Kaufleute Werkstätten an Stelle von Lagern und Kellern?«

»Ich betätige mich nicht als Kaufmann, sondern als Handwerker«, entgegnete Fahrenheit. »Ich bin Glasbläser. Aber andererseits fällt das, was ich Euer Gnaden zeigen will, überhaupt nicht in meine Tätigkeit.«

Die Gäste trennten sich nur ungern von den vollen Bechern und gingen in das Nebenzimmer. Der Anblick, der sich ihnen bot, überraschte sie. Den Raum beherrschte ein großer Ofen mit einem Blasebalg, und daneben lagen Röhrchen und Rohre auf einem Haufen, kleinere Blasebälge und eine Unmenge der verschiedensten Glasgeräte.

Fahrenheit führte seine Gäste an einen Tisch, auf dem Gefäße aufgereiht standen; in diesen befanden sich dünne und hohe Glasröhrchen, die an den Enden verschmolzen waren. Im Innern der Röhrchen glitzerte etwas, als wäre es geschmolzenes Metall.

»Bitte schauen Sie, Euer Gnaden«, sagte Fahrenheit und berührte eines der Röhrchen. »Hier im Glas habe ich lebendiges Silber¹⁾ eingeschlossen. Wenn ich das Röhrchen in warmes

¹ Quecksilber

Wasser tauche, steigt das lebendige Silber nach oben, und wenn ich es dann in Wasser tauche, das mit Eis vermischt ist, zieht sich das lebendige Silber zusammen und sinkt auf den Grund des Röhrchens.«

Er tauchte abwechselnd das Röhrchen von einem Gefäß in das andere, und die Quecksilbersäule verlängerte oder verkürzte sich. Die Gäste schauten neugierig, aber mißtrauisch zu.

»Hier ist ein anderes, mit Alkohol gefülltes Röhrchen«, fuhr Fahrenheit fort. »Beide sind mit einer Skale versehen – es sind geeichte Thermometer.«

»Ist es nicht schade, das gute Getränk für solch unnütze Ziele zu verwenden...!« unterbrach ihn Herr Christoph.

»Stört nicht, Herr Christoph!« mischte sich Herr Johann ein.

»Sprich weiter!« fügte er hinzu, indem er sich an den ein wenig befremdeten Fahrenheit wandte.

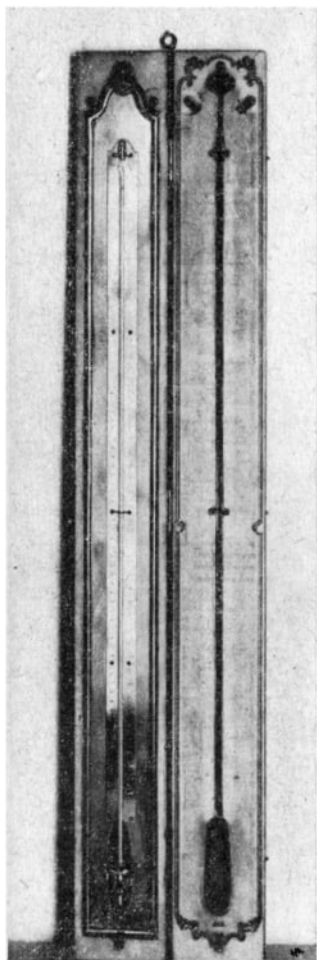
»Beide Skalen stimmen überein. Den Nullpunkt habe ich an eine Stelle gelegt, an der sich das lebendige Silber und der Alkohol einstellen, als ich die Röhrchen in das Eis-Wasser-Ammoniak-Gemisch tauchte. Es ist das die niedrigste Temperatur, die ich erreichen konnte. So denke ich, daß auch während des strengen Winters im Jahre 1709 in Danzig keine größeren Fröste aufgetreten sind.«

»Unsinn, Herr«, zuckte Herr Christoph die Achseln. »Wie kannst du die Kälte in einem Glasgefäß mit dem grausamen Winter vergleichen, der durch Gottes Fügung die Welt heimsuchte!«

»Man kann diesen Vergleich anstellen, man kann!« ließ sich Fahrenheit nicht unterkiegen. »Lebendiges Silber in einem Thermometer, das im Freien angebracht wird, bewegt sich und zeigt die Temperaturänderungen an. Im Winter steht es niedriger als im Sommer. Bisher ist es aber in keinem Winter so tief abgesunken wie in jenem Gemisch.«

Herr Christoph lächelte verächtlich, Herr Johann schaute nur mißtrauisch drein. Fahrenheit zog das Thermometer aus dem Gefäß heraus, hielt es in Augenhöhe vor sich und zeigte, wie das Quecksilber nach oben stieg.

»Überzeugen Sie sich, meine Herren! Ich umschließe das kleine



Thermometer mit Skalenteilung nach Fahrenheit und De Lisle (1760)

Gefäß mit dem lebendigen Silber mit den Händen, und siehe da: die kleine Säule verharret auf dem Teilstrich 96°. Das ist der konstante Punkt. Die Temperatur eines gesunden Menschen wird stets mit 96° angezeigt, so wie die Säule im Eis mit reinem Wasser immer auf dem Teilstrich 32° verharret. Auf diese Weise können wir unterschiedliche Temperaturen markieren und miteinander vergleichen.»

»Und wozu dient das Kügelchen am Ende des Röhrchens?« fragte Herr Johann, aber nur, damit das Gespräch nicht abbrach.

»Das ist das eigentliche kleine Gefäß für das lebendige Silber. Es muß groß genug sein, damit man die Temperaturänderungen beobachten kann und das Thermometer jede Temperaturänderung schnell spürt«, fügte Fahrenheit noch zur Erläuterung hinzu.

Die Gäste sahen sich und dann den Gastgeber an. Es war ihnen anzumerken, daß ihnen alles, was sie gehört hatten, völlig gleichgültig und kaum verständlich war.

»Und woher haben Sie zu dieser Jahreszeit das Eis?« fragte Herr Johann plötzlich.

Fahrenheit verwunderte die Frage. »Ich habe hinter dem Haus einen Eiskeller«, sagte er, als handele es sich um eine ganz geläufige Sache.

»Einen Eiskeller? Was ist das?«

»Ein Eislager. Im Winter lagere ich Eisblöcke im tiefen Keller ein, lege dann Stroh darauf, decke es mit Erde ab und habe so das ganze Jahr über genügend Eis.«

»Und dieses Eis verwendest du für deine Späßchen? Wenn du damit lieber den Wein kühltest, dann würde er sich in dieser drückenden Hitze besser trinken lassen«, lachte Herr Christoph.

»Das alles, entschuldige, ist keinen Pfifferling wert. Was bringt es dir ein?«

»Wieso? Bedenken Sie doch, Euer Gnaden, daß ich mit Hilfe meiner Thermometer sagen kann: Es war solch ein strenger Winter oder auch warmer wie der Jahre zurückliegende, an den wir uns noch gut erinnern. Ein Thermometer kann man auch noch für andere Zwecke verwenden. Es ist für die Alchimisten von Bedeutung, oder es gestattet, den Siedepunkt verschiedener

Flüssigkeiten zu ermitteln. Die Skale eines solchen Thermometers zur Markierung von Siedepunkten kann bis 600° reichen, wo das lebendige Silber selbst zu sieden beginnt.»

Er verstummte für einen Augenblick.

»Über diese Dinge habe ich eine Studie geschrieben, die man mir in den englischen ›Philosophischen Abhandlungen‹ abgedruckt hat.«

Herr Christoph klopfte Fahrenheit wohlwollend auf die Schulter.

»Ja, vertreib dir damit die Zeit, Herr, wenn du willst. Wenn es nach mir ginge, würde ich alle diese Dummheiten fortwerfen.«

»Aber...«

»Laß uns damit schon in Ruhe, Herr. Gieß lieber noch vom Wein ein; denn auch wenn du ihn nicht auf dem Eis lagerst, ist er dennoch nicht der schlechteste, bei Gott, nicht der schlechteste...«

Fahrenheit schwieg. Traurig wurde er sich bewußt, daß er und seine Gäste keine gemeinsame Sprache sprachen. Als wären sie Menschen von verschiedenen Welten...



ENRICO FERMI

Fermi (f) ist eine SI-fremde Längeneinheit. Sie wurde zu Ehren des italienischen Physikers Enrico Fermi benannt.

Anmerkung:

Die Längeneinheit Fermi ist gesetzlich *nicht zugelassen*, wird aber häufig in der Kernphysik angewendet; sie entspricht annähernd der Größe der Atomkerne und damit auch der Reichweite der Kernkräfte. Nach dem Internationalen Einheitensystem wird an Stelle des Fermi nur der Begriff Femtometer (fm) verwendet.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ f} = 1 \text{ fm} = 10^{-12} \text{ mm} = 10^{-15} \text{ m}$

Enrico Fermi wurde am 29. September 1901 in Rom als Sohn eines Beamten geboren. Schon in seiner Jugend zeigt er sich erfinderisch veranlagt und fertigte zusammen mit seinem älteren Bruder Giulio Elektromotoren und Flugzeugmodelle nach eigenen Entwürfen. Als im Jahre 1915 Giulio plötzlich verstarb, überwand Enrico die Trauer durch ein verstärktes Studium der Mathematik und der Physik.

Nach Abschluß der Mittelschule in Rom ging er zum Studium auf die Realschule nach Pisa. Die Schule gehörte zur Universität, jedoch viel Neues bot sie ihm nicht, denn Fermi beherrschte bereits damals sehr gründlich die klassische Physik und die Relativitätstheorie. Er verfaßte hier auch einige wissenschaftliche Arbeiten und verteidigte 1922 seine Doktorarbeit.

Als staatlicher Stipendiat ging er dann nach Göttingen in Deutschland und nach Leiden in Holland, wo er mit vielen berühmten Physikern bekannt wurde und zusammenarbeitete. Seit 1924 hielt er Vorlesungen über Mathematik und Physik an der Universität in Florenz. Dort veröffentlichte er auch eine bedeutende Arbeit über die statistische Mechanik der Teilchen. In dieser Arbeit schuf er die Grundlage der sogenannten Fermi-Dirac-Statistik, die in der Atomphysik breite Anwendung fand und ihm im Ausland und später auch in Italien Anerkennung verschaffte.

Im Jahre 1928 erhielt Fermi die Berufung zum Professor für theoretische Physik an der Universität in Rom und im gleichen Jahr zum Mitglied der Königlichen Akademie Italiens. Später wurde er Mitglied vieler ausländischer Akademien der Wissenschaften, darunter auch der Akademie der Wissenschaften der UdSSR.

An der Universität in Rom wirkte Fermi zehn Jahre und begründete die italienische Schule der modernen Physik. Aus dieser Zeit stammen seine bedeutendsten wissenschaftlichen Arbeiten, insbesondere die Arbeit über den radioaktiven Beta-Zerfall. Als im Jahre 1934 Frédéric und Irène Joliot-Curie die künstliche Radioaktivität entdeckten, kam Fermi auf den Gedanken, Neutronen zur Umwandlung der

Atomkerne zu verwenden. Diese Möglichkeit wies er auch experimentell nach, wobei er gleichzeitig die Verlangsamung der Neutronenbewegung z. B. mit Hilfe von Wasser, Paraffin u. a. (Fermi-Effekt) entdeckte. Für die Erforschung der Eigenschaften der Neutronen verlieh man Fermi im Jahre 1938 den Nobelpreis für Physik.

Nachdem er in Stockholm den Preis entgegengenommen hatte, kehrte er nicht mehr in seine Heimat zurück. Er übersiedelte mit der ganzen Familie nach Amerika aus Protest gegen die antisemitischen Ausschreitungen der italienischen faschistischen Regierung, von denen seine Gattin betroffen wurde. Er nahm die Stelle eines Physikprofessors an der Columbia-Universität in New York an und setzte seine Forschungsarbeit fort, die sich auf die Freisetzung der Energie des Urankerns konzentrierte.

Im Jahre 1941 verlegte man die außerordentlich geheim betriebene Erforschung der Kettenreaktion des Urans nach Chicago, wohin auch Fermi mit seinen Mitarbeitern übersiedelte. Am 2. Dezember 1942 verwirklichte Fermi erstmalig die spontane Kettenreaktion in einem Graphitreaktor. Im Jahre 1944 zog man erneut um, dieses Mal nach Los Alamos, wo unter der Leitung von Professor Oppenheimer an der Entwicklung der Atombombe gearbeitet wurde; das erste Mal brachte man sie am 16. Juli 1945 in der Wüste Alamo-gordo in Neu-Mexiko zur Explosion.

Nach dem Krieg wirkte Fermi als Professor an der Universität in Chicago. Im Jahre 1946 erhielt er die Verdienstmedaille des amerikanischen Kongresses. In den fünfziger Jahren begann Fermi, die Elementarteilchen bei hohen Energien zu erforschen, und verfaßte während dieser Untersuchungen mehrere wissenschaftliche Arbeiten.

Fermi war ungewöhnlich bescheiden und einfach. Er war nicht nur als Physiker ein hervorragender Wissenschaftler, sondern auch ein beliebter Lehrer. Seinen Schülern erzog er die Liebe zur Physik an und lehrte sie, den Geist und die Ethik der Wissenschaft zu begreifen.

Er starb am 28. November 1954 in Chicago.

Die Premiere begann.

Im Raum war es völlig still, nur Fermi sprach. Die grauen Augen verrieten intensives Nachdenken, und seine Hände bewegten sich mit den Gedanken.

»Der Reaktor funktioniert jetzt nicht, weil in ihm Kadmiumstäbe sind, die die Neutronen absorbieren. Ein einziger Stab genügt zur Verhütung der Kettenreaktion. Jetzt ziehen wir jedoch aus dem Reaktor alle Reglerstäbe bis auf einen heraus, den George Weil bedienen wird.« Während er sprach, handelten die anderen. Jeder Handgriff war vorher zugeteilt und geübt worden.

Fermi fuhr fort, und seine Hände wiesen auf die Dinge, von denen er sprach.

»Dieser Stab, den wir zusammen mit den anderen herausgezogen haben, wird automatisch betätigt. Wenn die Intensität der Reaktion die festgelegte Grenze überschreiten sollte, wird er automatisch in den Reaktor zurückgezogen.

Die Registriervorrichtung wird eine Kurve aufzeichnen, die die Strahlungsintensität angibt. Wenn im Reaktor eine Kettenreaktion abläuft, zieht die Feder eine Linie, die ständig ansteigen wird. Mit anderen Worten, es wird sich um eine exponentiell ansteigende Kurve handeln.

Jetzt beginnen wir mit dem Versuch. George wird den Stab in Abständen herausziehen. Dabei werden wir Messungen vornehmen, um zu prüfen, ob der Reaktor unseren Berechnungen entsprechend funktioniert.

Weil stellt den Stab zunächst auf viereinhalb Meter ein. Das bedeutet, daß noch viereinhalb Meter im Innern des Reaktors verbleiben. Die Zähler werden schneller surren, und die Schreibfeder wird auf diesen Punkt ansteigen, dort wird die Linie flacher verlaufen. Beginne, George!«

Die Blicke richteten sich auf die Feder. Niemand wagte zu atmen. Fermi lächelte. Die Zähler surrten schneller, die Feder stieg und blieb stehen, wie es Fermi gesagt hatte. Greenewalt atmete hörbar aus. Fermi lächelte verschmitzt.

Er gab weitere Anweisungen. Immer, wenn Weil den Stab anzog, beschleunigten die Zähler das Surren, und die Feder stieg

auf den Punkt, den Fermi vorher angegeben hatte, dann verlief die Linie waagerecht.

Den ganzen Vormittag setzte er den Versuch fort. Fermi war sich bewußt, daß der erste Versuch dieser Art im Zentrum einer großen Stadt zur potentiellen Gefahr werden konnte, wenn nicht alle Vorkehrungen getroffen würden, damit der Reaktor sich entsprechend den Berechnungen verhielt. Er war sicher, daß der Reaktor, wenn George Weil den Stab in einem Zuge herausgezogen hätte, zunächst langsam reagiert hätte und sich zu einem beliebigen Zeitpunkt durch das Hineinschieben des Stabs hätte abstellen lassen.

Theoretisch war eine Explosion ausgeschlossen. Ein Freiwerden tödlicher Strahlungsdosen durch eine unkontrollierte Reaktion war unwahrscheinlich. Aber die Menschen arbeiteten trotzdem mit einer Unbekannten. Sie konnten nicht behaupten, daß sie auf alle Fragen eine Antwort wußten. Vorsicht war geboten. Es wäre fahrlässig gewesen, unvorsichtig zu sein.

Es war bereits Mittagszeit, aber keiner verspürte Hunger. Da sprach Fermi, ein Mensch mit Gewohnheiten, die heute bereits historischen Worte: »Auf zum Mittagessen!«

Nach dem Mittagessen fanden sich alle auf ihren Plätzen ein. Jetzt war Herr Greenewalt deutlich interessiert, fast ungeduldig. Den Versuch setzte er jedoch wieder Schritt für Schritt fort, bis es fünfzehn Uhr zwanzig war. Fermi sagte zu Weil: »Zieh ihn weitere dreißig Zentimeter heraus!« Dann wandte er sich zur Gruppe auf der Galerie und fügte hinzu: »Das wird genügen. Jetzt setzt im Reaktor die Kettenreaktion ein.«

Die Zähler surren schneller, die Feder begann zu steigen. Die Schreibspur zeigte überhaupt keine Tendenz, in die Waagerechte überzugehen. Im Reaktor lief die Kettenreaktion ab.

Leona Woods kam zu Fermi heraus und flüsterte ihm mit einer Stimme zu, in der keine Spur von Furcht zu spüren war: »Wann fangen wir an, uns zu fürchten?«

Unter der Zimmerdecke wachte die »Selbstmordkolonne«. Es war das ein Scherz, aber vielleicht fragten sich die Experimentatoren, ob in diesem Scherz nicht auch ein wenig Wahrheit steckte. Sie waren wie die »Feuerwehrleute«, die um die Mög-

lichkeit eines Brandes wußten, darauf vorbereitet, ihn zu löschen. Wenn etwas Unerwartetes eintreten sollte, wenn der Reaktor außer Kontrolle geriet, hatten sie ihn durch Überfluten mit Kadmiumlösung zu »löschen«. Das Kadmium absorbiert die Neutronen und stoppt somit die Kettenreaktion. Das war ihre Stunde.

Es ereignete sich jedoch nichts Gefährliches. Die Gruppe beobachtete die Registriergeräte 28 Minuten lang. Der Reaktor verhielt sich, wie man erwartet hatte.

Der Rest der Geschichte ist wohlbekannt. Eugene Wigner, der aus Ungarn gebürtige Physiker, der im Jahre 1939 gemeinsam mit Szillard, Teller und Einstein den Präsidenten Roosevelt auf die Bedeutung der Uranspaltung aufmerksam gemacht hatte, schenkte Fermi eine Flasche Chianti. Der unwahrscheinlichen Legende zufolge soll Wigner die Flasche während des gesamten Versuches hinter seinem Rücken versteckt gehalten haben.

Alle haben daraus getrunken. Aus Papierbechern, in aller Stille, ohne Trinksprüche. Alle unterschrieben auf der aus Stroh gefertigten Flaschenhülle. Das ist die einzige Liste der Leute, die an jenem Tag dabei waren.



BENJAMIN FRANKLIN

Franklin (Fr) ist eine ältere, in einem speziellen Maßsystem gebrauchte Einheit der elektrischen Ladung. Sie wurde zu Ehren des amerikanischen Staatsmanns, Schriftstellers und Physikers Benjamin Franklin benannt.

Definition:

Das Franklin ist die elektrische Ladung, die, im luftleeren Raum im Abstand 1 cm von einer identischen Punktladung entfernt angeordnet, auf diese mit einer Abstoßungskraft von 1 dyn¹) einwirkt.

Anmerkung:

Franklin ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und wird bei uns nicht angewendet. Die SI-Einheit der elektrischen Ladung ist das Coulomb (siehe unter C).

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Fr} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \text{ C} = 333,3 \text{ pC}$

¹ Das Dyn ist eine alte Krafteinheit: $1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$

Benjamin Franklin wurde am 17. Januar 1706 in Boston als fünfzehntes Kind eines armen Seifensieders und Kerzenmachers geboren.

Zunächst begann er in der Seifensiederei zu lernen, aber bald ging er in die Lehre zu seinem älteren Bruder James, einem Buchdrucker und Buchhändler.

Neben der Lehre las er viel und versuchte bald, auch selbst zu schreiben. Die ersten Arbeiten veröffentlichte er in der Zeitschrift „New England Current“ seines Bruders, die er später auch eine Zeitlang leitete. Seit 1723 wechselte er in New York, Philadelphia, London und danach wieder in Philadelphia mehrmals den Beruf.

Im Jahre 1728 richtete er sich aus eigenen Ersparnissen in Philadelphia eine Buchdruckerei ein, gab die Zeitung „Pennsylvania Gazette“ heraus, zu der er selbst viel beitrug; er hörte nie auf, seine Kenntnisse und Sprachfertigkeiten durch verstärktes Studium zu erweitern. Außerdem war er in vielen allgemeinen und staatlichen Funktionen in der Öffentlichkeit tätig.

Benjamin Franklin schätzte die Bildung über alle Maßen und war nicht allein um seine eigene bemüht. Noch im Jahre 1728 schuf er einen Verein für die Ausbildung von Handwerkern und Händlern, später kam noch eine Bücherei hinzu. Im Jahre 1743 gründete er eine Philosophische Gesellschaft und kurz darauf eine Akademie für Jugendbildung.

Außerdem befaßte er sich im Kreis der Freunde mit naturwissenschaftlichen Studien; er untersuchte den Verbrennungsvorgang und insbesondere elektrische Effekte. Die Versuche mit der Elektrizität begann er im Jahre 1746. Das Studium der durch Reibung entstandenen Elektrizität überzeugte ihn davon, daß das übertragene „elektrische Fluidum“ ein positives oder negatives Vorzeichen haben kann. Franklin führte somit als erster den Begriff der positiven und negativen elektrischen Ladung ein. Er sprach auch die sogenannte Unitartheorie „eines Fluidums“ im Unterschied zur Theorie „zweier Fluida“ aus; sie führte zum Verständnis des Wesens der bereits vordem entwickelten Leidener Fla-



sche und zur Erfindung der „Franklinschen Platte“, des ersten Plattenkondensators (Glas zwischen Bleiplatten). Den Ruf eines Wissenschaftlers errang Franklin durch den Beweis (und nicht nur die Annahme), daß der Blitz elektrischen Charakter aufweist. Im Jahre 1752 leitete er im Rahmen eines berühmt gewordenen Versuches mit einem Papierdrachen atmosphärische Elektrizität über ein nasses Seil auf die Erde und lud damit eine Leidener Flasche auf. Die vorausgegangenen Versuche mit elektrischen Entladungen aus angespitzten Gegenständen führten ihn zu der Erfindung des Blitzableiters als Schutz gegen die vernichtenden Auswirkungen des Blitzes.

Während der Erforschung der elektrischen Ladungen von Gewitterwolken befaßte er sich auch mit anderen atmosphärischen Erscheinungen und schlug eine ganze Reihe weiterer Versuche vor. Seine Gedanken und Vorstellungen gaben seinen Forscherkollegen viele Anregungen und hatten großen Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft. Die Theorie „eines Fluidums“ führte zu einheitlichen Auffassungen über die Elektrizität.

Über seine Untersuchungen reichte Franklin Mitteilungen an die Royal Society in London ein, aber da man sie nicht für veröffentlichungsreif hielt, gab er sie im Jahre 1751 in einer gesonderten Schrift unter der Bezeichnung „Experimente und Beobachtungen auf dem Gebiet der Elektrizität, ausgeführt durch B. Franklin“ selbst heraus. Diese Schrift wurde kurz darauf ins Französische und in weitere Sprachen übersetzt. Sie brachte Franklin Weltgeltung ein. Erst danach wurde die Royal Society in London auf die Arbeit des Wissenschaftlers und Autodidakten aus der fernen Kolonie aufmerksam – als solche galt Nordamerika zu der damaligen Zeit noch – und ernannte ihn zu ihrem Mitglied.

Franklin widmete sich nicht nur der Erforschung der Elektrizität. Er gab noch vier weitere naturwissenschaftliche Schriften heraus, in denen er sich neben der Elektrizität mit Wärmestrahlung und -leitung, Hydrodynamik, Meteorologie und weiteren Wissensgebieten befaßte. Jedoch nahmen die

Tätigkeit in öffentlichen und staatlichen Funktionen, insbesondere die Teilnahme am Kampf der nordamerikanischen Kolonien für die Unabhängigkeit, immer mehr Zeit in Anspruch, so daß er schließlich seine geliebten Experimente und Studien ganz aufgab.

Er machte sich als berühmter Diplomat und Politiker bei den Verhandlungen mit Frankreich und England verdient und war einer der Mitverfasser der bedeutenden amerikanischen Unabhängigkeitserklärung aus dem Jahre 1776. Im Jahre 1787 beteiligte er sich aktiv an der Ausarbeitung der Verfassung der USA und rief die Bewegung gegen die Unterdrückung der Neger ins Leben. Er beteiligte sich auch am Kampf für die Abschaffung der Sklaverei.

Benjamin Franklin war ein hervorragender Wissenschaftler und Kämpfer für die Unabhängigkeit seiner Heimat. Er starb am 17. April 1790 in Philadelphia.

* * *

Die Vorstellung begann. Ein gewisser Doktor Spence aus Schottland führte ein »Theater der Kuriositäten« vor.

Eingehüllt in einen schwarzen Mantel, der die geheimnisumwobene Atmosphäre der Vorstellung noch verstärkte, nahm Spence zunächst einen Glasstab zur Hand, rieb ihn mit einem Seidenschal und näherte ihn einem Häufchen von Papierschnipseln. Dabei begannen die Papierschnipsel aus irgendeinem rätselhaften Grunde aufzufliegen und blieben am Stab hängen. Einige abergläubische Zuschauer hielten das für ein Wunder, und als der Experimentator irgendeinen Gegenstand, ähnlich einer Flasche, zur Hand nahm und aus ihr lange und starke Funken herauszauberte, glaubte man an eine Zaubermacht; besonders, als er mit jenem rätselhaften Fluidum einem Freiwilligen aus der ersten Reihe einen solch gründlichen Schlag versetzte, daß dieser mit einem Schmerzensschrei von

seinem Stuhl aufsprang. Dann erschlug Spence noch eine Henne, die wie vom Blitz getroffen zu Boden fiel, und schließlich entzündete er aus der Ferne mit einem Funken Spiritus, der mit bläulicher Flamme aufloderte.

Benjamin Franklin verließ nachdenklich die Vorstellung. Draußen war es unerträglich schwül, und schwarze Wolken am Himmel gaben zu der Vermutung Anlaß, daß bald eine Erleichterung erfolgen würde. Es zog ein Gewitter herauf.

Begreiflicherweise gehörte er nicht zu den Menschen, die in grenzenloser Furcht vor Spences Kunststückchen erschauerten. Derlei Attraktionen gab es in den amerikanischen Städten zu Hunderten, und ihre Veranstalter wußten aus jedem neuen physikalischen Gerät Kapital zu schlagen.

Die ersten Regentropfen fielen zur Erde. Franklin bemerkte sie nicht. »Die Entladungen, die Doktor Spence mit Hilfe der Leidener Flasche hervorruft und die lange Funken bilden, ähneln doch den Blitzen sehr«, sagte Franklin leise zu sich selbst. Dieser Gedanke beunruhigte ihn schon seit langem.

Unvermittelt, als hätte es der Zufall so gewollt, durchschnitt ein violetter Blitz den Himmel und erzeugte einen mächtigen Donner. Franklin bewunderte diese imposante Naturerscheinung immer wieder aufs neue. Auch dieses Mal blickte er zum Himmel, und da geschah es. Zunächst war es nur ein Gedanke, hauchdünn wie ein Spinngewebe, ein bestimmter Geistesblitz, der unmittelbar darauf zu einem breiten Erkenntnisstrom anwuchs.

»Vielleicht ist der wirkliche Blitz tatsächlich nur eine gewaltige elektrische Entladung?« fragte er sich selbst und erschrak gleich darauf auch etwas über den kühnen Gedanken, der in ihm aufkam. Denn zu jenen Zeiten wußte man über Naturerscheinungen herzlich wenig, und es war nicht ratsam, Gedanken laut auszusprechen, die heute bereits jedem Schulkind der Unterstufe vertraut sind.

Franklin kam bis auf die Haut durchnäßt nach Hause, aber er war glücklich. Gleich morgen würde er sich an die Arbeit machen, um sich davon zu überzeugen, daß der Blitz tatsächlich elektrischer Natur ist...

Am Morgen rief er seinen einundzwanzigjährigen Sohn William, den er als einzigen in seine Pläne einweihte, zu sich.

»William, erinnerst du dich daran, wie du mit den Jungen zum Drachensteigen gingst?«

William nickte bejahend mit einem Lächeln, und Franklin fuhr fort: »Ich möchte, daß du mir bei der Anfertigung eines solchen Drachens behilflich bist.«

Der Sohn schaute den Vater überrascht an, aber als er ihm erklärte, daß er mit Hilfe des Drachens den Blitz aus den Wolken auf die Erde leiten wolle und ihn zu untersuchen gedachte, machte er sich begeistert an die Arbeit.

Gemeinsam fertigten sie einen Drachen an, ähnlich dem, den sich die Kinder im Herbst bauen, um ihn steigen zu lassen, nur bespannten sie das Holzskelett an Stelle des dünnen Papiers mit wetterfester Seide. Auf die Spitze des Holzgerüsts setzte Franklin einen über einen Fuß langen, zugespitzten Draht, den er mit der Hanfleine des Drachens verband. Das untere Ende der Leine verlängerte er mit einem kleinen Seiden-Halteseil und befestigte daran noch einen Metallschlüssel.

Der Versuch kann beginnen!

Franklin wartet ungeduldig auf das Gewitter. Es ist ein schwüler Juninachmittag des Jahres 1752.

Kaum hatten sich am Himmel die ersten schweren Wolken gezeigt, da eilte Franklin gemeinsam mit William, der den eingewickelten Drachen trug, auf die Gemeindeweide.

Die Vorbereitungen auf den Versuch hielten sie geheim; Franklin wußte sehr wohl, welches schadenfrohe Lachen einen Physiker erwartet, dem das Experiment mißlingt!

William lief mit dem Drachen los, und Franklin stellte sich unter das Dach des Schuppens, um sich vor dem Regen zu schützen, aber vor allem auch das nicht leitfähige Seil aus Seide, an dem er den Drachen hielt.

Der Drachen stieg mit jedem Augenblick höher und höher. Am Himmel zieht eine bauchige schwarze Wolke auf, aber Franklin stellt nicht die leiseste Spur von Elektrizität fest. Sollte demnach in den Gewitterwolken keinerlei elektrische Ladung vorhanden sein?

Plötzlich beginnt Franklin am Erfolg seines Versuchs zu zweifeln.

Inmitten der Erwägungen über den Mißerfolg und enttäuscht darüber, daß nicht eintraf, was er erwartet hatte, blickt er ungewollt nach oben und bemerkt dabei, wie oberhalb des Seidenseils sich an der Oberfläche des Hanfseils stellenweise freie Fasern emporzusträuben beginnen. Schnell führt er das Gelenk des Zeigefingers an den Schlüssel, der an der Stelle befestigt ist, wo die Leine mit dem kleinen Seil verknüpft worden war, und siehe da – vom Schlüssel springen einige elektrische Funken auf seinen Finger über.

Franklin ist vor Freude und Glück völlig außer sich. Jetzt kann keiner mehr bezweifeln, daß die »elektrische Materie identisch ist mit der Materie des Blitzes«, wie er später dem Kaufmann Peter Collinson nach London schrieb, der ihm alle Geräte, die er für seine Versuche brauchte, aus England schickte.

Um das Wesen und die Zusammensetzung der Elektrizität aus den Wolken gründlicher erforschen zu können, entschied er sich dafür, den Blitz bis in sein Arbeitskabinett zu leiten. Am Schornstein befestigte er eine angespitzte Eisenstange, die um neun Fuß¹⁾ die Spitze des Schornsteins überragte. Er selbst erzählte darüber:

»Am unteren Ende der Stange war ein Draht befestigt, der ins Arbeitskabinett führte. Vor der Türschwelle war der Draht unterbrochen, und an den beiden so entstandenen Enden wurden Glöckchen befestigt. Im Zwischenraum zwischen den Glöckchen hing an einem Seidenfaden ein kleines Messingkügelchen, das an die Glöckchen schlug, sobald über uns elektrisch geladene Wolken aufzogen.«

Sobald die Glöckchen ertönten, eilte Franklin in das Arbeitskabinett und lud die Leidener Flasche mit der aus den Wolken gewonnenen Elektrizität auf.

Die unbändige Sehnsucht nach Erkenntnis und der Mangel an Wissen darüber, was der Blitz eigentlich darstellt, verblenden

¹ etwa 3 m

Franklin in so starkem Maße, daß er sich der Gefährlichkeit seiner Versuche überhaupt nicht bewußt wird. Er läßt sie sogar dann außer acht, als es zu einem Vorfall kommt, der tragisch hätte enden können.

Das trug sich zu, als er den Versuch unternahm, einen Truthahn durch einen elektrischen Schlag zu töten. Zwei große Leidener Flaschen, die er dabei verwendete, wiesen eine Kapazität auf wie vierzig gewöhnliche. Beim Versuch war er unvorsichtig und bekam einen elektrischen Schlag in die Hand, der auf den ganzen Körper übergriff, so daß er für einige Minuten bewußtlos war; das Gefühl in Arm und Nacken begann erst am zweiten Tag morgens zurückzukehren...

Den Bericht über seine Versuche sowie die Theorie darüber, daß die Elektrizität und der Blitz ein und dasselbe darstellen, lieferte er im Rahmen der Abhandlung »Die Identität des Blitzes mit der Elektrizität«, die er an die Royal Society nach London schickte. Aber die ehrenwerten Mitglieder der Gesellschaft, die sich für unfehlbar halten, lehnen es ab, die Entdeckung anzuerkennen, mit der irgendeiner aus den Kolonien, noch dazu aus der »obskuren Stadt Philadelphia, deren Namen man bisher kaum hatte nennen hören...« kam.

Franklin selbst bekümmerte das überhaupt nicht, denn er besaß nicht den Charakter, sich in nichtige Streitigkeiten zur Durchsetzung seiner eigenen wissenschaftlichen Ergebnisse zu verstricken.

»Ich überantworte sie ihrem eigenen Schicksal in der Welt. Wenn meine Schlußfolgerungen richtig sind, werden Wahrheit und Erfahrung sie bestätigen; wenn sie es nicht sind, werden sie mit Recht widerlegt und zurückgewiesen werden«, sagte Franklin, und er ahnte damals noch nicht, daß ihn eben die Royal Society in London einige Jahre später zum Mitglied ernennen und man ihm ihre höchste wissenschaftliche Auszeichnung – die Godfrey-Copley-Medaille – verleihen würde.

Denn auch Wissenschaftler sind Menschen, die sich irren können...



CARL FRIEDRICH GAUSS

Gauß (G) ist eine alte Einheit der magnetischen Induktion. Sie wurde zu Ehren des deutschen Mathematikers, Astronomen und Physikers Carl Friedrich Gauß benannt.

Definition:

Wenn ein magnetisches Feld an einer gegebenen Stelle auf einen magnetischen Einheitspol mit der Kraft von 1 dyn einwirkt, weist das Feld an dieser Stelle eine magnetische Induktion von 1 Gauß auf.

Anmerkung:

Gauß ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit. Die SI-Einheit der magnetischen Induktion (Flußdichte) ist das Tesla (siehe unter T). Als Einheitenzeichen wurde auch Gs verwendet. In der Geophysik wurde Gauß (Großgauß T und Kleingauß γ) als Einheit der magnetischen Feldstärke benutzt.

Umwandlungsbeziehungen: $1 \text{ G} = 1 \text{ Gs} = 10^{-4} \text{ T}$

$1 \text{ T} = 10^5 \gamma = 1 \text{ Oe} = 79,58 \text{ A/m}$



Carl Friedrich Gauß wurde am 30. April 1777 in Braunschweig als Sohn eines wenig begüterten Wasserwerkverwalters geboren. Schon als Kind bestach er durch ein ungewöhnliches Rechentalent, das in den Schuljahren in den breitesten Kreisen der Öffentlichkeit Aufsehen erregte. Als vierzehnjährigen Jungen stellte man ihn dem Herzog Karl Wilhelm Ferdinand von Braunschweig vor, der zu seinem ständigen Schirmherrn und Gönner wurde.

Im Jahre 1795 ging er nach Göttingen auf die Universität und begann sein dreijähriges Studium mit der Entwicklung der Methode der kleinsten Quadrate zum Ausgleich von Meßungenauigkeiten, auf die in ununterbrochener Reihenfolge weitere Arbeiten folgten, die zu den bedeutendsten Fortschritten in der Mathematik gehörten.

Diese Arbeiten wurden anfangs nicht veröffentlicht, ausgenommen seine berühmte Dissertation über den Beweis des Fundamentalsatzes der Algebra, der besagt, daß jede algebraische Gleichung eine Wurzel hat. Mit dieser Arbeit promovierte er ohne Prüfung zum Doktor.

Die erste größere Schrift „Disquisitiones arithmeticae“¹⁾ gab er im Jahre 1801 heraus und errang damit die Anerkennung der gesamten mathematischen Welt. Im gleichen Jahr wurde der kaum vierundzwanzigjährige Gauß zum korrespondierenden Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften ernannt. Noch bekannter wurde er, als er die Bahn des zunächst entdeckten und kurz darauf wieder verschwundenen Planetoiden Ceres berechnete.

Bis zum Tode des Herzogs bezog Gauß eine Jahresrente, so daß er sich ganz seinen Arbeiten widmen konnte. Im Jahre 1807 nahm er die Berufung an die Universität in Göttingen an, wo er als Professor für Astronomie und als Direktor der Sternwarte praktisch bis an sein Lebensende wirkte.

An der neuen Wirkungsstätte führte er sich mit einer weiteren, in lateinischer Sprache geschriebenen astronomischen Schrift unter dem Titel „Theorie der Bewegung der Himmels-

¹ deutscher Titel: „Untersuchungen über höhere Arithmetik“



körper“ ein, in der er auch seine bewährte Methode der kleinsten Quadrate erläuterte. Als im Jahre 1831 Wilhelm Weber nach Göttingen kommt, beginnt er mit ihm auf dem Gebiet der Physik zusammenzuarbeiten.

So gibt er bereits im Jahre 1832 die Schrift „Die Intensität der erdmagnetischen Kraft, auf absolutes Maß zurückgeführt“ heraus, ein Jahr darauf konstruiert er zusammen mit Weber den ersten brauchbaren elektromagnetischen Telegraphen, für den er einen Induktor und ein Magnetometer konstruierte, und im Jahre 1838 veröffentlicht er sein klassisches Werk „Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus“. Große Verdienste erwarb er sich durch die Begründung des absoluten physikalischen Maßsystems, das seit dieser Zeit für die naturwissenschaftliche Forschung unentbehrlich wurde.

Außer den theoretischen Untersuchungen auf den Gebieten der Mathematik, Astronomie und Physik widmete er sich mit viel Zeitaufwand auch der praktischen Geodäsie, als er auf Anweisung des Königs von Hannover die Triangulationsvermessung des ganzen Landes durchführte.

Während seines Wirkens in Göttingen pflegte er eine umfangreiche Korrespondenz mit Wissenschaftlern von Welt Ruf, darunter auch mit dem hervorragenden russischen Mathematiker Nikolai Iwanowitsch Lobatschewski. In seinem Leben ließ Gauß sich vom Grundsatz leiten „*pauca sed matura*“ (wenig, aber ausgereift), und diesem Grundsatz machen alle seine zahlreichen Arbeiten Ehre.

Gauß war zweimal verheiratet. Seine beiden Gattinnen starben frühzeitig, und von seinen sechs Kindern sorgte sich die jüngste Tochter bis zu seinem Tode um ihn. Er starb am 23. Februar 1855 auf seiner Sternwarte in Göttingen.

* * *



Die Welt der Phantasie des Kindes ist unendlich. Das eine Kind träumt von diesem, das andere wiederum von jenem.

Der kleine Carl Friedrich Gauß versteifte sich in seinen Vorstellungen auf Zahlen. Die schier brennende Neugier, deren Ursprung er sich selbst keineswegs erklären konnte, führte ihn frühzeitig in ihre Welt.

Gern saß er zusammengekauert in der Ecke, wenn der Vater Gebhardt Gauß mit seinen Gehilfen den Wochenabschluß machte. Aufmerksam hörte und schaute er bei der Abrechnung und beim Zusammenzählen zu. Er verhielt sich dabei artig und still, so daß die Erwachsenen seine Anwesenheit gar nicht bemerkten.

Bis eines Tages folgendes passierte. Meister Gebhardt hatte gerade einen bestimmten, für die Auszahlung vorgesehenen Anteil ausgerechnet, als aus der Ecke das unentschlossene Stimmchen des dreijährigen Kindes ertönte.

»Vati, Ihr habt das nicht richtig ausgerechnet!«

»Aber, aber, schauen wir mal nach«, sagte der Vater, der bisher die Anwesenheit des Sohnes gar nicht wahrgenommen hatte, mit einem Lächeln. Mehr zur Freude des Sohnes als aus Überzeugung rechnete er noch einmal die Summe durch.

Und tatsächlich steckte in der Berechnung ein Fehler. Der zerstreute Vater lobte das Kind, schenkte aber der Begebenheit keine größere Aufmerksamkeit. Er hielt sie für einen Zufall, denn wie könnte auch ein dreijähriges Kind in Wirklichkeit rechnen...

Die Kinder bringen es fertig, mit allen möglichen Dingen zu spielen. Der kleine Carl Friedrich Gauß vertrieb sich die Zeit mit Zahlen. Die Zahlen ersetzten ihm das Spielzeug, mit dem sich seine Altersgenossen die Zeit verkürzten.

Beim Spiel lernte er rechnen, beim Spiel eignete er sich immer tiefere Kenntnisse über die vielfältigen Geheimnisse an, die sich hinter dem Reich der Zahlen verbargen.

Anders war es auch nicht in der Braunschweiger Grundschule. Carl Friedrich Gauß vergötterte die Rechenstunden. Natürlich herrschte eine Zeit, in der beim Unterricht das Auswendiglernen ohne Erläuterung der tieferen Zusammenhänge überwog.

Der Lehrer Büttner, der mit dem nicht wegzudenkenden Rohrstock spielte, stellte sich zwischen den Schulbänken auf.

»Und nun, Schüler, bekommt ihr folgende Aufgabe gestellt: Zählt alle Zahlen von 1 bis 40 zusammen. Wer damit fertig ist, legt mir die Berechnung auf den Tisch.«

In der Klasse trat Stille ein, und die Köpfe neigten sich über die Bänke. Die Kinder begannen zu rechnen.

»Dafür werden sie längere Zeit benötigen«, dachte sich der Lehrer. »Gerade so viel, um mich von dieser Anstrengung ein wenig zu erholen.«

Er begab sich an den Tisch und hatte eben erst den Rohrstock weggelegt und sich gesetzt, da sprang der kleine Gauß von seiner Bank auf und lief zu ihm hin.

»Ich hab's schon!« rief er glücklich und legte vor den erstaunten Lehrer seine an der Seite von unten her beschriebene Tafel – so zu schreiben war nämlich seine Angewohnheit.

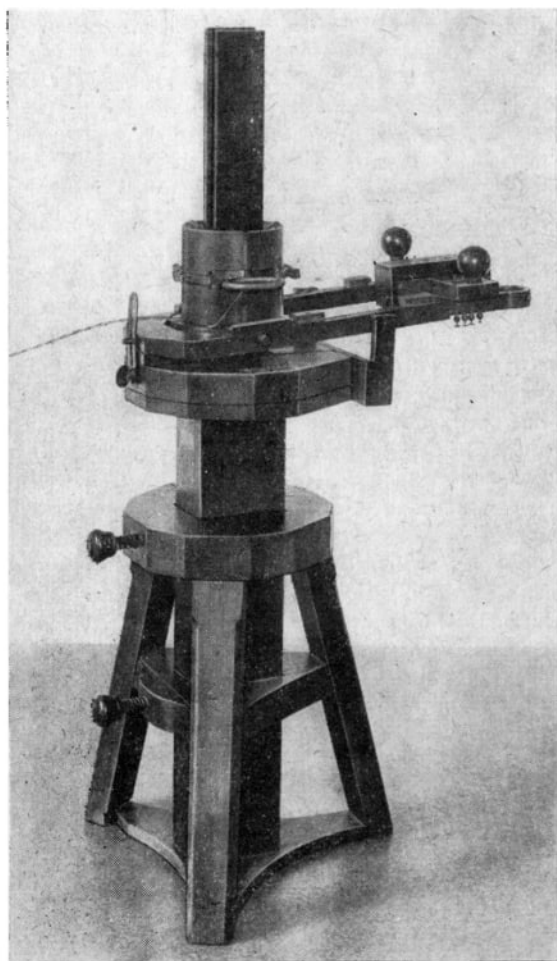
»Na«, dachte sich Büttner, »eine ganz schöne Dummheit wird da der Junge in seinem Übereifer fabriziert haben.« Und höhnisch ruhte der Blick des Lehrers auf Gauß, der triumphierend auf seinem Platz ausharrte.

Es dauerte lange, bevor die übrigen Schüler mühsam die vierzig Zahlen addiert hatten. Nur schleppend trafen die Tafeln auf dem Tisch des Lehrers ein. Mit einem ironischen Lächeln drehte er eine nach der anderen um. Sein Lachen veränderte sich aber zu einem Erstaunen, als er zur ersten Tafel gelangte und auf ihr das richtige Ergebnis las: die Zahl 820!

Es waren das nicht bis zum Verdruß ausgerechnete Zahlen wie auf den übrigen Tafeln. Dem erfahrenen Blick wurden blitzschnell die Zusammenhänge klar. Wie im fröhlichen Tanz wurden vierzig Zahlen in der Gaußschen Anordnung sichtbar.

Einzigartig!

Der Junge hatte stets eine Zahl vom Anfang einer vom Ende zugeordnet: $1 + 40$, $2 + 39$, $3 + 38$, $4 + 37$, bis er zwanzig Gruppen zu je zwei Zahlen gebildet hatte, deren Summe zusammen immer 41 ergab. Es bedurfte also nur noch einer Multiplikation der Zahl 41 mit 20, und das richtige Ergebnis war ermittelt.



Zeichengeber (Induktions-Multiplikator) des elektromagnetischen Telegrafenapparates von Gauß und Weber (1833)



Der Lehrer kam lange Zeit nicht aus dem Staunen heraus, und innerlich machte er sich auch einen kleinen Vorwurf wegen seiner vorausgegangenen Haltung. Denn das Bübchen, das ungeduldig in der Bank hin- und herrutschte, hatte selbständig das Gesetz über die Bildung der Summe einer arithmetischen Reihe entwickelt, ohne bisher etwas über diese Reihe gehört zu haben.

Er ließ bei Gelegenheit aus Hamburg das Rechenbuch »Remers Arithmetica« mitbringen. Er schenkte es dem Jungen, damit dieser seinen Wissensdurst besser stillen konnte, als das in den Rechenstunden der Fall war.

Es waren glückliche Stunden, die der erfreute Carl Friedrich mit dem Buch des Hamburger Rechenmeisters verbrachte.

»lieb Büchlein« schrieb die Kinderhand sorgfältig auf die Innenseite des Umschlages.

Aushilfslehrer in der Schule Büttners war der junge Johann Bartels, der Sohn eines Zinngießers vom Wendegraben, später Mathematikprofessor an der Universität in Kasan. Seine damalige Aufgabe bestand darin, die Schreibfedern zurechtzuschneiden und den Schülern beim Lernen zu helfen.

Auch er erkannte die ungewöhnliche Begabung des kleinen Gauß. Er studierte mit ihm Bücher, führte ihn in die Wissenschaft von den unendlichen Reihen ein, die in seinem Leben eine solch große Rolle spielten, und richtete es schließlich ein, daß sein Schützling im Jahre 1788 gleich in die 2. Klasse des Katharinen-Gymnasiums kam.

Der Vater Gauß war von einer solchen Entwicklung der Ereignisse nicht begeistert. Er hätte sich einen Sohn gewünscht, der ihm bei seinen umfangreichen Geschäften behilflich wäre.

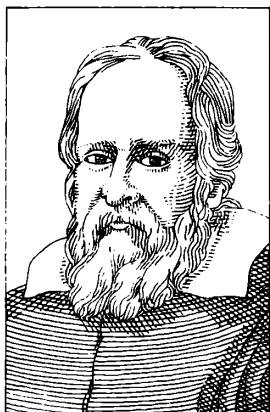
»Nicht wie einer, der den lieben langen Tag nur hinter Büchern hockt und auch noch abends zum Studium unnütz Licht verbraucht«, pflegte er zu sagen und schickte den Sohn rechtzeitig ins Bett.

Carl Friedrich ließ sich jedoch von seinen Zahlen nicht abbringen. Aus roher Baumwolle drehte er sich einen Docht und befestigte ihn in einer ausgehöhlten Rübe, die er mit zusammengepartem Fett ausfüllte. Das flackernde Licht beleuchtete die

Dachbodenkammer nur bescheiden, jedoch ihm genügte es, um sich in die Geheimnisse seiner Zahlen zu vertiefen.

Der junge Mann war im Rechnen wirklich unermüdlich. Er rechnete tagsüber, er rechnete nachts, und seine Ausdauer war bewundernswert. Das Überlegen war für ihn ein freudenspendendes Spiel. Der Gymnasiast spielte mit Zahlen so, wie einstmals das Kind mit ihnen spielte. Auch beim reifen Mann wird sich das nicht ändern.

Dieses Spiel wird jedoch zur Quelle reicher und tiefer Kenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten der Welt der Zahlen, zur Quelle, aus der er vom Mannesalter bis ins Greisenalter hinein stets aufs neue schöpfen kann.



GALILEO GALILEI

Gal (Gal) ist eine SI-fremde Einheit zur Messung der Beschleunigung, die jedoch nur in Spezialgebieten (Geophysik) benutzt werden darf. Sie wurde zu Ehren des italienischen Physikers und Astronomen Galileo Galilei benannt.

Definition:

Das Gal ist die Beschleunigung von 1 cm je s².

Anmerkung:

Gal ist eine nur noch *befristet* für die Anwendung in der Geophysik *zugelassene* Einheit. Sie wurde vor allem für die Messung der Schwerebeschleunigung, insbesondere bei gravimetrischen Messungen, angewendet. Die SI-Einheit der Beschleunigung ist das Meter je Quadratsekunde.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Galileo Galilei wurde am 15. Februar 1564 in der italienischen Stadt Pisa als Sohn eines Tuchhändlers, der auch Mathematiker und Musiktheoretiker war, geboren. Als Siebzehnjähriger begann er an der dortigen Universität Philosophie, Physik und Medizin zu studieren, ging jedoch im Jahre 1585 nach Florenz, um sich ausschließlich dem Mathematik- und Physikstudium zu widmen.

Nach Abschluß der Studien wirkte er als Professor in Pisa und Florenz. Im Jahre 1592 ging er nach Padua, wo er achtzehn Jahre lang tätig war. Hier beobachtete er auch einen neuen Stern im Sternbild des Schlangenträgers, der nach einem Jahr verschwand. Damals begann er das erste Mal Aristoteles' Ansichten anzuzweifeln, nach denen das gesamte Himmelsgewölbe mit seinen Sternen unveränderlich ist.

Nachdem er von der Erfindung des Fernrohres erfahren hatte, begann er unverzüglich, daran zu arbeiten. Mit seinem eigenhändig gefertigten Fernrohr eröffnete sich ihm eine neue Welt der Himmelskörper. Im Sternbild des Orion entdeckte er 500 neue Sterne, er beobachtete die Unebenheit der Mondoberfläche, fand drei Jupitermonde, Sonnenflecken und eine ganze Reihe weiterer bedeutender astronomischer Tatsachen, die er im Werk „Sidereus nuncius“¹⁾ beschrieb. Gleichzeitig verließ er im Jahre 1610 die Universität Padua und wurde Hofmathematiker der Medici in Florenz.

Im gleichen Jahr beginnt der Kampf der Kirche gegen Galilei. Aus seinen Entdeckungen erkennen die gelehrten Theologen sofort, daß sie eine Bestätigung der Lehre des Kopernikus über die Bewegung der Erde und der Himmelskörper sind, die der kirchlichen Darstellung widerspricht. Man wartet ab, bis sich Galilei öffentlich zur Kopernikanischen Lehre bekennt.

Dazu kam es in der Schrift über die Sonnenflecken, auf Grund deren man Galilei des Irrglaubens und der Ketzerei beschuldigte. Im Jahre 1616 wurde er zum Kardinal Bellar-

¹⁾ „Botschaft von den Sternen“

min bestellt, wo er auf Grund eines Erlasses des Papstes Paul V. die Ermahnung erhielt, die Auffassung aufzugeben, daß die Sonne still steht und die Erde sich bewegt. Galilei unterwarf sich, jedoch sprach er nach der Entdeckung dreier Kometen im Sternbild des Skorpions erneut seine Meinung in der Schrift „Discorso della comete“ aus, die wiederum Gegenstand eines heftigen Angriffs der Jesuiten gegen ihn wurde.

Erst nach dem Amtsantritt des Papstes Urban VIII., der ein Gönner der Wissenschaften und der Kunst war, antwortete Galilei auf diese Angriffe. Dem Papst widmete er die Schrift „Il saggiatore“ und im Jahre 1630 seinen berühmten Dialog „Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo“ (Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme). In diesem Werk stellte er das Ptolemäische und das Kopernikanische Weltsystem einander gegenüber, und zwar auf eine Art und Weise, daß daraus die Richtigkeit der Anschauungen des Kopernikus hervorgeht.

Die Jesuiten unternahmen alle Anstrengungen, das Werk zu verbieten und Galilei vor ein Gericht zu stellen. Am 22. Juni 1633 kam es tatsächlich zu einem Urteil in diesem Prozeß, durch das man Galilei zwang, seine Anschauungen zu widerrufen und sich von der Lehre des Kopernikus abzuwenden.

Nach dem Prozeß zog sich Galilei nach Florenz zurück. Im Jahre 1636 beendete er seine Schrift „Discorsi e dimostrazioni matematiche“¹), die seine bedeutendsten Entdeckungen auf dem Gebiet der Mechanik bewegter Körper enthält. Ein Jahr darauf erblindete er auf beiden Augen, jedoch seine geistige Vitalität verließ ihn nicht. Umgeben von seinen Schülern (unter ihnen auch der später berühmt gewordene Physiker Torricelli), denen er noch bis zum letzten Augenblick seine Werke diktierte, starb er am 8. Januar 1642 in Arcetri nahe bei Florenz.

¹ deutscher Titel: „Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend“ (Leipzig 1890)

Die Mathematik, die Naturwissenschaften und die Philosophie fesselten Galilei immer stärker. Eben ging ein Semester zu Ende, und Galilei wollte die Ferien im Hause seiner Eltern in Florenz verbringen. Er wurde sich mit einem Fuhrmann einig, der bereit war, den Studenten für ein geringes Entgelt mitzunehmen.

Die Reise dauerte zwei Tage. Der Fuhrmann hatte Fässer geladen, und Galilei verkürzte sich die Reise damit, daß er aus dem Kopf den Inhalt der einzelnen Fässer berechnete. Nach dem Augenmaß schätzte er die Höhe und den Durchmesser eines Fasses. »Fast wie ein Zylinder«, dachte er, »so daß der Inhalt $r^2 \cdot \pi \cdot h$ sein muß.«

Er wandte sich an den Fuhrmann.

»In diesem Faß habt Ihr drei Hektoliter Olivenöl.« Der Fuhrmann erschrak und betrachtete ihn argwöhnisch von Kopf bis Fuß.

»Woher wissen Sie das?«

Wie sollte Galilei dem Fuhrmann die Formel und die Bedeutung der Zahl » π « erläutern?

»Das ist nicht so einfach«, entgegnete Galilei.

Der Fuhrmann erzürnte und sagte: »Behaltet Eure Geheimnisse für Euch. Vielleicht steckt auch eine Zauberei dahinter.«

Galilei versuchte, dem guten Mann die Formel zu erläutern, aber dieser winkte nur ab: »Nein, laßt mich damit in Ruhe! Ihr habt für die Fahrt bezahlt, fahrt also mit! Aber unterhalten werde ich mich mit Euch nicht mehr.«

Den Rest der Fahrt legten sie schweigend zurück. »Wie stark doch in den Leuten der Aberglaube verwurzelt ist«, sagte der zutiefst betrubte Galilei. »Es wird nicht leicht sein, mit neuen Ansichten zu kommen...«

* * *

Nach Jahren befand sich Galilei erneut in seiner Geburtsstadt Pisa, in der er auch seine frühe Kindheit verlebt hatte. Pisa verließ er als Student, aber jetzt, mit seinen fünfundzwanzig

Jahren, war er bereits Professor. Seine finanzielle Lage war auch weiterhin unbefriedigend, denn der Verdienst eines Professors war zu damaligen Zeiten kärglich. Um seine Lage etwas aufzubessern, gab er schwächeren Studenten Nachhilfestunden.

Galilei war ein leidenschaftlicher Wissenschaftler, er interessierte sich für die vielfältigen Naturerscheinungen und erdachte ständig neue Versuche. Seine Bestrebungen, die Naturgesetze zu enthüllen, stießen bei den meisten Gelehrten auf Widerstand. Die Professoren vermittelten den Studenten Kenntnisse, die noch aus Aristoteles' Zeiten stammten, gingen neuen Erkenntnissen aus dem Wege. Nichts vermochte sie aus dem ruhigen Trott ihres Lebens aufzustören.

Eines Tages, als der Uhrmachermeister Pifferi gerade in Begriff war, den Platz del Duomo zu überqueren, versammelte sich vor der Kathedrale eine Menschenmenge.

»Ihr werdet entschuldigen, junger Mann«, wandte er sich an den am nächsten stehenden Studenten, »was geht hier vor sich?«
 »Unser neuer Mathematikprofessor Galilei will uns beweisen, daß die bisherige Lehre vom Fall der Körper falsch ist«, entgegnete der junge Mann.

»Hm, und könntet Ihr mir nicht liebenswürdigerweise näher erläutern, was Galilei eigentlich beweisen will?« bat der Uhrmacher, der sich für alle technischen Neuerungen interessierte.

»Unsere Physiker lehren: Je schwerer ein Körper ist, desto schneller fällt er«, erläuterte der Student.

»So ist es richtig«, bedeutete der Uhrmacher. »Das beweist uns doch der gesunde Menschenverstand, daß der Stein schneller fällt als ein Strohalm.«

»Darum geht es doch nicht«, setzte der Student fort.

»Ich meine die Körper gleicher Dichte und Qualität, z. B. zwei Steine, zwei Eisenstücke oder zwei Holzkugeln.«

»Aber das ist doch nicht richtig«, rief der Uhrmacher. »Jedes Kind weiß, daß ein zehnmal so großer Stein zehnmal so schnell fallen muß wie der kleine.«

»Nun, so denken auch wir Studenten und unsere Professoren.

So steht das auch bei Aristoteles geschrieben. Aber der neue Professor stellt das in Abrede und will dafür den Beweis er-



bringen. Er behauptet, daß die Körper mit der gleichen Geschwindigkeit fallen und die geringen Abweichungen nur durch den Luftwiderstand verursacht werden. Aber entschuldigt, mein Herr, ich muß mich beeilen. Sonst komme ich zum Versuch zu spät.«

»Welcher Versuch?« rief ihm der Uhrmacher nach, aber er erhielt keine Antwort. Der Student war schon zu weit entfernt.

Dem Uhrmacher ließ die Neugier keine Ruhe, und deshalb eilte er zum Kirchturm.

Vor dem Kirchturm hatten sich die Professoren und Studenten der Universität im Halbkreis versammelt. Sie wurden von der Neugier angelockt. Alle hatten bereits von der neuen Theorie gehört, und nun sollten sie etwas nie Gesehenes und nie Gehörtes erleben. Denn bisher war es niemandem auch nur in den Sinn gekommen, die Lehre vom freien Fall der Körper mit Hilfe eines Versuches zu überprüfen. Wozu eigentlich Versuche anstellen?!

Einige Schritte vor dem Publikum stellte sich Galilei auf.

»Alles vorbereitet?« rief er drei Studenten zu, die oben auf dem Turm standen und beim Versuch halfen.

»Ja, vorbereitet!« gab einer von ihnen zur Antwort. In der linken Hand hielt er einen etwa faustgroßen Stein und in der rechten einen zweiten von der Größe eines menschlichen Kopfes. Galilei wandte sich an das Publikum.

»Wir werden die Natur fragen, und sie wird uns antworten. Zwei Steine, der eine klein und der andere zehnmal so schwer, werden nachher vom Turm herunterfallen. Geben Sie genau Obacht, ob der große Stein zehnmal so schnell herabfällt, also viel eher als der kleine unten ankommt.«

»Selbstverständlich wird der große viel schneller herabfallen als der kleine«, riefen einige Professoren.

Galilei gab keine Antwort. Er hob die rechte Hand und gab ein Zeichen. In diesem Augenblick sausten vom Turm zwei Steine herab und prallten fast gleichzeitig auf das Pflaster.

Galileis Augen leuchteten vor Freude. Der Versuch war geglückt. Damit war ihm der Beweis gelungen, daß die alte Lehre vom freien Fall der Körper falsch ist und daß seine Ansichten richtig sind.

Es war anerkennender Beifall zu hören, und es erklangen Hochrufe, aber sie wurden von Stimmen unterbrochen, die einwandten: »Die Gewichtsdifferenz der beiden Steine war zu gering, deshalb konnte man die Differenz ihrer Fallgeschwindigkeiten nicht ausmachen«, riefen seine Gegner.

Diese Einwände hatte Galilei erwartet. Er gab den Studenten auf dem Turm erneut ein Zeichen. In diesem Augenblick nahm der eine von ihnen einen Stein von der Größe eines Taubeneies zur Hand und der andere einen überdimensionalen Steinblock. Galilei gab wiederum ein Zeichen zum Herunterwerfen der Steine. Kurz darauf trafen beide Steine mit einem geringen Zeitabstand nacheinander auf dem Pflaster auf.

Auch dieser Versuch war geglückt. Jedoch ließen sich wiederum die Professoren hören: »Die Höhe des Turms beträgt nur fünf- unddreißig Meter. Sie ist zu gering, um die Differenz der Fallgeschwindigkeiten deutlich nachweisen zu können.«

Galilei machte sich an den dritten Versuch. Er nahm ein kurzes Pendel zur Hand und setzte es schnell in Bewegung. Auf ein Zeichen ließ man vom Turm einen kleinen Stein fallen. In der Zeit seines Falls machte der Pendelkörper drei Schwingungen. Danach ließ man den Steinblock herabfallen. Er fiel genauso lange! Drei Versuche – und jeder brachte das gleiche Ergebnis! Die ganze Stadt Pisa brachte das Ergebnis dieser ungewöhnlichen Versuche in Aufruhr. Überall in den Familien, in den Werkstätten, in den Geschäften, auf den Straßen, wenn sich zwei Bekannte trafen, auf den Gängen der Universität, sprach man von nichts anderem als von den Versuchen des jungen Galilei. Aber nicht einmal diese hervorragenden Ergebnisse überzeugten die alten Professoren. Nur wenige glaubten, daß Galilei recht habe.

Obwohl der Versuch geglückt war, gab sich Galilei noch nicht zufrieden. Er wollte die Gesetze des freien Falls der Körper mathematisch ableiten und insbesondere die Beziehung zwischen der Bahn des Körpers und der Zeitdauer seines Falls ermitteln. Später, nach einer Vielzahl von Versuchen und Schwierigkeiten, gelang ihm dies schließlich.



WILLIAM GILBERT

Gilbert (Gb) ist in einem speziellen, veralteten Maßsystem die Einheit der magnetischen Spannung. Sie wurde zu Ehren des englischen Arztes und Physikers William Gilbert benannt.

Definition:

Das Gilbert ist die magnetische Spannung, die längs eines Weges von 1 cm eines magnetischen Feldes besteht, wenn das Feld die Stärke 1 Oe hat.

Anmerkung:

Gilbert ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und wird bei uns nicht angewendet. Die SI-Einheit der magnetischen Spannung ist das Ampere (A). Es wird auch der Begriff Amperewindung (Aw) benutzt. Das Ampere ist die magnetische Spannung zwischen zwei Punkten im Abstand 1 m in Richtung des Vektors eines magnetischen Feldes mit der Feldstärke 1 A m^{-1} .

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Gb} = \frac{10}{4\pi} \text{ A} = 0,796 \text{ A}$



William Gilbert wurde am 24. Mai 1544 in Colchester in der Grafschaft Essex in England geboren. Dort war sein Vater Haupttrichter und Mitglied des Stadtrates.

Die klassische Mittelschule absolvierte er in seiner Heimatstadt, und im Mai 1558 nahm er am St.-Johns-College in Cambridge das Studium auf. Nacheinander erreichte er den Titel eines Bakkalaureus, eines Masters of Arts und im Jahre 1569 schließlich den eines Doktors der Medizin. Zugleich wurde er auch Mitglied des Lehrkörpers in Cambridge.

Kurz darauf begab er sich auf eine Reise durch Europa, von der er als Doktor der Physik heimkehrte. Sowohl auf seinen Reisen als auch in England befaßte er sich verstärkt mit der praktischen Medizin, die ihm Erfolg und einen guten Ruf einbrachte. Im Jahre 1573 ernannte man ihn zum Mitglied des Königlichen Kollegiums der Ärzte (Royal College of Physicians), in dem er mehrere verantwortungsvolle Funktionen ausübte. Im Jahre 1600 wurde er Präsident des Kollegiums.

Seine Erfolge als Arzt brachten ihm die Ernennung zum Leibarzt der Königin Elisabeth I. ein.

Neben der Arztpraxis befaßte er sich mit dem Studium der Naturwissenschaften und machte sich auf dem Gebiet des Magnetismus und der Elektrizität sehr verdient. Er entdeckte und beschrieb das Verfahren zur Magnetisierung von Eisenstäben durch Reiben mit einem natürlichen Magneten (Magnetit). Weiterhin entdeckte er, daß die magnetisierten Eisenstäbchen sich in Richtung des Magnetfeldes der Erde einstellen und daß dieser Effekt bei zuvor geschmiedetem Eisen verstärkt wird.

Gilbert beherrschte das Schmiedehandwerk gut, aber auch andere Handwerke; dies gestattete es ihm, die Erscheinungen des Magnetismus auf einer völlig neuen experimentellen Grundlage zu studieren. So stellte er fest, daß bei der Erhitzung des Eisens bis zur Rotglut der Magnetismus verschwindet.

Er untersuchte mit einem Spezialkompaß eigener Konstruktion das Magnetfeld der Erde. Dabei entdeckte er,

daß die Erde wie ein gewaltiger Magnet erscheint, dessen Pole sich in unmittelbarer Nähe der geografischen Erdpole befinden.

Bei der Einschätzung von Gilberts Beitrag zur Erforschung des Magnetismus darf nicht unerwähnt bleiben, daß der beste Magnet, der damals zur Verfügung stand, natürlicher Magnetit war, der sehr selten und teuer war.

Gilbert untersuchte auch elektrische Effekte und entdeckte, daß man außer Bernstein auch viele andere Stoffe durch Reibung elektrisieren kann. Weiter ermittelte er, daß die Anziehungskräfte des Magneten und des Bernsteins nicht identisch sind, wobei er den Bernstein und weitere Stoffe, die man durch Reibung elektrisieren kann, zum Unterschied vom Magneten elektrische Körper nannte.

Die Resultate der umfangreichen experimentellen Arbeiten und der theoretischen Abhandlungen faßte er in einem sechsbändigen Werk „Über den Magneten“ zusammen, das in seiner ersten Fassung in lateinischer Sprache im Jahre 1600 erschien. Die außergewöhnliche Bedeutung dieses Werkes schätzten viele hervorragende Gelehrte, darunter auch Galileo Galilei und Michael Faraday.

Außer der Medizin, der Chemie und dem Magnetismus – den Hauptinteressengebieten seines Lebens – widmete sich Gilbert als allseitig gebildeter Mann auch der Astronomie. Er war einer der ersten englischen Gelehrten, die neue revolutionäre Ansichten über die Bewegung der Erde und der Himmelskörper propagierten, die von Nikolaus Kopernikus und Giordano Bruno entwickelt worden waren.

Nach dem Tode Elisabeths blieb Gilbert auch beim neuen König Jakob I. Leibarzt. Nicht für lange Zeit, denn neun Monate später, am 10. Dezember 1603, starb er in Cholchester ¹⁾ an der Pest.

¹ oder in London. Nach dem damals in England noch gebräuchlichen Julianischen Kalender (der in vielen Ländern schon 1582 durch den Gregorianischen Kalender abgelöst worden war) ist sein Todestag der 30. November.

Gilbert lebte und starb als Junggeselle. Er war ein lustiger und offener Mensch, hatte viele Freunde und korrespondierte mit zahlreichen hervorragenden Gelehrten. Seine gesamte Bibliothek, die Geräte und Sammlungen von Mineralien hinterließ er dem Königlichen Kollegium der Ärzte.

* * *

Der Vorhang im Schlafzimmer der Königin öffnete sich. Hinter ihm kam ein Mann hervor mit hohem schwarzem Hut, schwarzem Anzug und Mantel, wie ihn damals die Ärzte trugen.

Bei einem kleinen Stuhl blieb er stehen, um noch etwas in seiner Arzttasche zu ordnen, und wandte sich dann an die Königin, die ebenfalls hinter dem Vorhang hervortrat.

»Ihre Majestät ist schon völlig in Ordnung. Gott gebe der englischen Königin eine lange Gesundheit!« sagte er schnell mit der vorgeschriebenen Verbeugung und machte sich bereit, fortzugehen.

Es war William Gilbert aus Colchester, der Leibarzt der englischen Königin Elisabeth Tudor.

Die Königin winkte ihm mit der Hand, und Gilbert ging nach einer erneuten Verbeugung davon.

Allein geblieben, versank Elisabeth für einen Augenblick in Gedanken. Sie war mit ihrem Arzt zufrieden. Seine Arztkenntnisse und Heilerfolge waren weit und breit bekannt, und außerdem war er ein ehrenwertes Mitglied des Königlichen Kollegiums der Ärzte. Einen besseren konnte sie sich wirklich nicht wünschen.

Aber trotzdem schien es ihr, als ob gerade er mit dem Leben am Hofe der Königin unzufrieden sei. In der Tat erfüllte er alle seine Verpflichtungen gewissenhaft, am Leben am Hofe nahm er aber nicht teil. Als ob er aus einem bestimmten Grund die Gesellschaft mied, denn er hielt sich die meiste Zeit in seiner Wohnung auf, die er als Leibarzt im Königspalast zugewiesen bekommen hatte.

Ihr war schon des öfteren zu Ohren gekommen, daß er sich dort mit irgendwelchen geheimnisvollen Versuchen befaßte. Die weibliche Neugier kämpfte in ihr mit der Würde der Königin. Was wäre, wenn sie sich mit eigenen Augen überzeigte, wie er seine freie Zeit verbringt, wenn er sich nicht um die Gesundheit der Königin kümmert. Sie überlegte noch einen Augenblick, dann aber faßte sie einen Entschluß.

Sie klatschte in die Hände, und zu der Hofdame, die eintrat, sagte sie: »Lassen Sie Lord Cecil sofort zu mir kommen!«

Die Hofdame ging mit einer Verbeugung davon, und kurz darauf, als hätte er hinter der Tür gewartet, trat Lord Cecil William Burleigh, der Staatssekretär und Hofarzt der Königin, ein.

»Guten Morgen, Eure Majestät«, verbeugte sich Lord Cecil. Er war um die Gesundheit der Königin besorgt und hatte sich offensichtlich beruhigt, als er sich davon überzeugen konnte, daß Elisabeth die Schmerzen im Rücken, von denen sie schon mehrere Tage geplagt wurde, verlassen hatten.

»Ja, mein guter Gilbert hat mich wie immer geheilt«, sagte Elisabeth. »Aber als englische Königin«, und hier wurde ihre Stimme ernster, »sind wir verpflichtet, über unsere Untergebenen, das Heil ihrer Seele und das gottesfürchtige Leben zu wachen. Unterrichtet den Doktor Gilbert davon, daß wir wünschen, daß er uns heute nachmittag vorführt, womit er sich zu Hause beschäftigt, und daß wir ihn persönlich besuchen werden.«

»Ich befürchte, Majestät, daß...«, wollte Lord Cecil etwas einwenden, aber die Königin blieb unbeugsam.

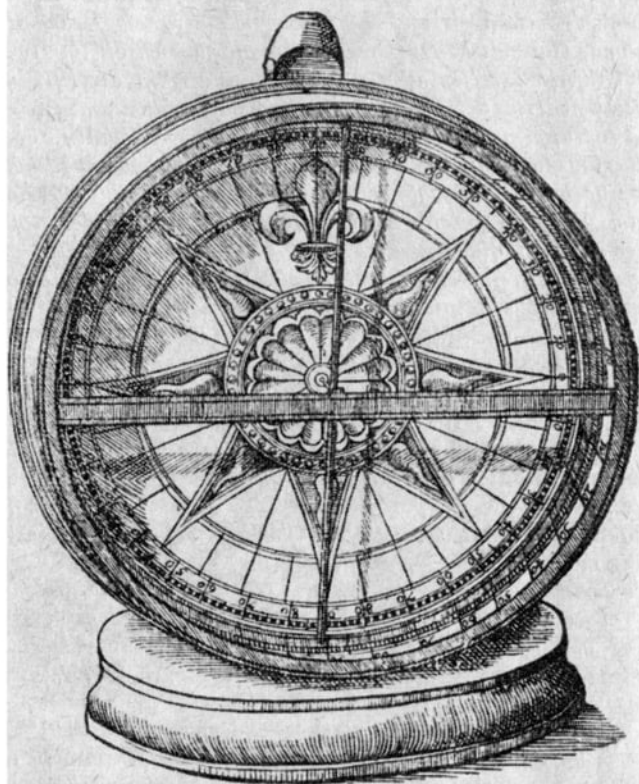
»Geh!« sagte sie kurz und bündig. »Und vergessen Sie nicht, daß Sie mich am Nachmittag begleiten werden!«

* * *

Im Gasthaus »Zum zweiköpfigen Schafbock von Hampshire« saß eine lustige Gesellschaft beisammen und beendete gerade das Mittagessen. Es war William Gilbert mit Freunden, die sich

DE MAGNETE, LIB. V.

Instrumentum declinationis.



Q. J.

Quantini

für seine Versuche und Fragen der Naturwissenschaft interessierten. Gilbert als lustiger und gutherziger Mensch hatte viele Freunde, darunter viele hervorragende Persönlichkeiten der damaligen Zeit.

Auch jetzt saßen sie in freundschaftlichem Gespräch mit berühmten Seefahrern und Reisenden wie Francis Drake und Thomas Cavendish. Die Gesellschaft pflegte sich oft im Hause von Gilbert zu treffen, aber zuweilen zwangen ihn die Pflichten eines Leibarztes der Königin, in den Königspalast umzuziehen, und so trafen sie sich nur selten in irgendeinem Gasthaus.

Gilbert hob den mit Wein gefüllten Becher und bat um Ruhe.

»Meine Freunde«, sagte er halb feierlich und halb im Scherz, »zum Abschluß unserer Tafel möchte ich Euch von der großen Ehre erzählen, die mir zuteil wurde.«

Unter den Freunden verbreitete sich Unruhe, und einer von ihnen meldete sich mit einem Lachen: »Was für eine Ehre denn noch, du bist ohnehin schon genug geehrt!«

Die Gesellschaft brach in Lachen aus.

Gilbert beruhigte die Freunde mit einer Handbewegung. »Heute bekam ich den Hinweis, daß am Nachmittag die englische Königin persönlich einem meiner Versuche beiwohnen will!« Wieder erschallten ein lautes Gelächter und Rufe: »Es lebe die gute Königin Bess!«¹⁾

»Das muß gefeiert werden!« rief jemand. »Herr Wirt, schenkt Wein ein!«

* * *

In Gilberts Laboratorium versammelte sich eine auserwählte Gesellschaft. Gleich am Tisch saß auf dem Ehrenplatz die Königin Elisabeth, hinter ihr drängten sich einige Hofdamen und Edelleute aus ihrem Gefolge. Bei Gilbert stand Lord Cecil und wachte darüber, daß alles in bester Ordnung abließ.

¹ The good queen Bess – wie sie vom Volk genannt wurde.

»Der Magnet und der Bernstein«, wandte sich Gilbert an die Königin, »verdanken ihren Ruhm dem Wort vieler Gelehrter. Viele Philosophen rufen diese Stoffe bei der Erläuterung mancher Geheimnisse zu Hilfe. Wißbegierige Theologen erklären die göttlichen Geheimnisse, die sich im Innern der Sphäre der menschlichen Gedanken verbergen, auch mit Hilfe des Magneten und des Bernsteins.«

Die Königin verschärfte bei der Erwähnung der Theologen die Aufmerksamkeit. Sie war sehr gottesgläubig, und es entging ihr nicht, wie kühn sich Gilbert ausdrückte.

»Aber auch Ärzte, unter ihnen der berühmte Galen, nehmen den Magneten als Beweis, wenn sie die Auswirkung von Überbeanspruchung begründen wollen«, fuhr Gilbert fort, »sie wissen jedoch nicht, daß sich die Ursachen der magnetischen Effekte wesentlich von den Effekten unterscheiden, die beim Bernstein beobachtet werden, und nennen beide Erscheinungen Anziehungskraft. Sie setzen sie einander gleich und halten so an Irrtümern fest, die sie zu noch größeren Irrtümern führen.« Gilbert nahm ein Stück Bernstein zur Hand und fuhr fort: »Wenn wir den Bernstein, auf Griechisch »elektron«, mit Wollstoff reiben, zieht er Spreu und Strohhälmchen an.«

Er führte den Anwesenden vor, wovon er gerade sprach, und fuhr fort: »Ich habe festgestellt, daß sich nicht nur der Bernstein durch diese Eigenschaft auszeichnet, sondern auch viele Edelsteine, Schwefel, Glas und auch Siegellack.«

Er nahm den Glasstab, rieb ihn eine Weile, und siehe da, die Strohhalme und die Streu sprangen vom Tisch an den Stab.

Die Anwesenden klatschten zurückhaltend. Es schien, als hätten sie ein anderes Schauspiel erwartet! Nur die Königin bekundete ein gewisses Interesse. Sie entdeckte auf dem Tisch eine Handschrift. Sie forderte Gilbert auf, ihr daraus vorzulesen.

»De magnete, magneticisque corporibus et de magno...«, begann er zu lesen, aber die Königin unterbrach ihn.

»Genug, lieber Gilbert! Die lateinische Sprache ist nicht angenehm für mein Ohr. Erzählt lieber davon, aber in unserem guten alten Englisch.«

Während Gilbert mit seinem Vortrag und seinen Versuchen

fortfuhr, erinnerte sich die Königin. Noch vor Beginn der ersten Sitzung des Parlaments hatte sie einen Erlaß herausgegeben, daß bei Gottesdiensten ausschließlich das Englische an Stelle des Lateinischen verwendet wird. Gleichzeitig führte sie volkstümliche Gebete in englischer Sprache ein und stellte Artikel des protestantischen Glaubens auf.

»Und somit, um entgegen den Irrtümern und Trugschlüssen, die die Philosophen und gelehrten Theologen predigen, zu betonen, daß die Anziehungskräfte des Magneten und des Bernsteins nicht identisch sind, nenne ich diese Körper – im Gegensatz zum Magneten – elektrische Körper.« Gilbert beendete die Vorlesung und verbeugte sich.

Die Gesellschaft hatte sich unauffällig verhalten und schickte sich nun an, fortzugehen. Nur die Königin verharrte noch eine Weile in ihrem Sessel.

»Es wird doch besser sein, lieber Gilbert« sagte sie nachdenklich, »wenn Ihr dieses Buch in lateinischer Sprache verfaßt. Ich bin der Meinung, es ist nicht erforderlich, daß diese Dinge zu viele Menschen verstehen...«

GVILIELMI GIL-
BERTI COLCESTREN-
SIS, MEDICI LONDI-
NENSIS,

DE MAGNETE, MAGNETI-
CISQVE CORPORIBVS, ET DE MAG-
no magnetē tellure; Physiologia noua,
plurimis & argumentis, & expe-
rimentis demonstrata.



LONDINI
EXCVDEBAT PETRVS SHORT ANNO
MDC.



LOUIS HAROLD GRAY

Gray (Gy) ist die SI-Einheit der Energiedosis ionisierender Strahlung. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers und Radiobiologen Louis Harold Gray benannt.

Definition:

Das Gray ist die Energiedosis, bei der durch ionisierende Strahlung einer homogen verteilten Materie der Masse 1 kg die Energie 1 J gleichmäßig zugeführt wird.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

Louis Harold Gray wurde am 10. November 1905 in London geboren. Seine Eltern bezeichnete Gray selbst als arm. Nach dem Besuch einer Lateinschule wurde er im Alter von 13 Jahren in das Christ's Hospital, Horsham, aufgenommen. Hier zeigte sich bereits sein naturwissenschaftliches Talent. Die gute Ausbildung förderte insbesondere seine Liebe zum naturwissenschaftlichen Experiment, eine Liebe, der er zeit seines Lebens treu blieb.

Nach der Schulzeit erhielt Gray seine wissenschaftliche Ausbildung am Trinity College in Cambridge. Durch seine außerordentlichen Leistungen gelang es ihm danach, in den Jahren 1928 bis 1933 eine Stelle im Cavendish-Laboratorium in Cambridge zu bekommen, das damals von dem berühmten Gelehrten Rutherford geleitet wurde. Diese Jahre standen noch ganz im Zeichen umwälzender Entdeckungen auf dem Gebiet der Physik, und das Cavendish-Laboratorium hatte bedeutenden Anteil daran. Gray hatte das große Glück, hier mit vielen bedeutenden Wissenschaftlern, darunter auch vielen Nobelpreisträgern – unter ihnen J. J. Thomson, Wilson, Blackett, Cockcroft, Chadwick und Aston – gemeinsam arbeiten zu können. Hier wurde der Wissenschaftler Gray endgültig geformt, und in den späteren Jahren war er stets bestrebt, diese „Cavendish“-Atmosphäre auch in seinen eigenen Laboratorien einzuführen. Gray selbst beschäftigte sich in dieser Zeit sehr intensiv mit dem Studium der Wechselwirkungen von Strahlung mit stofflicher Materie. Seine Arbeiten auf dem Gebiet der Absorption harter Gammaquanten, die 1930 zu seiner Promotion führten, erbrachten grundlegende Erkenntnisse zum Paarbildungseffekt. 1929 formulierte er das Hohlraumkammer-Prinzip, das bereits 1912 von Bragg ausgesprochen war. Braggs Arbeiten waren Gray damals nicht bekannt. Diese Theorie, die eine fundamentale Grundlage für weite Gebiete der Dosimetrie ionisierender Strahlung darstellt, wird heute als Bragg-Gray-sches Prinzip bezeichnet.

Trotz seiner großen Erfolge auf dem Gebiet der reinen Physik wandte sich Gray Mitte der 30er Jahre immer mehr der

Radiobiologie zu. Diese Disziplin steckte damals noch in den Kinderschuhen, und Gray erkannte, daß hier noch eine umfangreiche Pionierarbeit zum Wohle der Menschheit zu leisten war. Diesem Arbeitsfeld blieb er dann bis zu seinem Lebensende treu. Seine Aufgabe war zunächst die exakte Messung der ionisierenden Strahlung bei biologischen Prozessen. Er gewann jedoch immer mehr Interesse an den biologischen Problemen. Im Laufe der Jahre erarbeitete er sich alle wesentlichen Grundlagen auf chemischem, biologischem und medizinischem Gebiet, die zum Verständnis der radiobiologischen Vorgänge erforderlich sind.

Zur Untersuchung der Wirkung ionisierender Strahlung auf Gewebe baute er in den späten 30er Jahren gemeinsam mit seinen Mitarbeitern einen Neutronengenerator für biologische Untersuchungen auf. Diese waren mit grundlegenden Arbeiten auf neutronendosimetrischem Gebiet verbunden, wobei er seine Erfahrungen aus dem Cavendish-Laboratorium unmittelbar anwenden konnte.

Nach dem 2. Weltkrieg war Gray in leitender Position an mehreren großen Kliniken tätig, zuerst am Hammersmith Hospital und seit 1953 bis zu seinem Lebensende am Mount Vernon Hospital. Insbesondere war er bestrebt, die jetzt erhältlichen künstlichen radioaktiven Isotope für die Radiobiologie und die Tumorforschung nutzbar zu machen. Sein Bemühen war insbesondere darauf gerichtet, Mittel und Wege zu finden, um die Wirkung ionisierender Strahlung auf Tumorzellen zu erhöhen, ohne dabei die gesunden Zellen stärker in Mitleidenschaft zu ziehen. Gemeinsam mit einem ausgesuchten Stab von Mitarbeitern untersuchte er in diesem Zusammenhang systematisch viele mögliche Einflußfaktoren. Besonders bekannt geworden sind hier seine grundlegenden Arbeiten über den „Sauerstoffeffekt“, wo er als erster zu quantitativen Aussagen über den Einfluß des Sauerstoffs auf die Strahlenempfindlichkeit von Zellen gelangte.

Nicht weniger bedeutungsvoll sind Grays umfangreiche Arbeiten, die er in zahlreichen in- und ausländischen wissen-

schaftlichen Gesellschaften und Komitees leistete. Hier sollen nur seine vielfältigen Aktivitäten in der Internationalen Kommission für Radiologische Einheiten und Messungen (ICRU) genannt werden, in der er lange Jahre stellvertretender Vorsitzender war. In dieser Funktion hat er wesentlich zu klaren Definitionen und Begriffsbestimmungen bei der Messung ionisierender Strahlung beigetragen.

Als Gray am 9. Juli 1965 in Northwood starb, war sein Tod ein empfindlicher Verlust für alle Fachkollegen, die ihn nicht nur als hervorragenden Wissenschaftler, sondern auch als bescheidenen und gütigen Menschen kennengelernt hatten. Die ICRU stiftete ihm zu Ehren im Jahre 1967 eine Medaille. Die Verleihung dieser Medaille kann alle vier Jahre an einen Autor eines besonders hervorragenden Beitrages in einem der wissenschaftlichen Betätigungsgebiete erfolgen, die von besonderem Interesse für die ICRU sind.



JOSEPH HENRY

Henry (H) ist die SI-Einheit der Induktivität. Sie wurde zu Ehren des amerikanischen Physikers Joseph Henry benannt.

Definition:

Das Henry ist die Induktivität einer geschlossenen Windung, die, von einem Strom der Stärke 1 A durchflossen, den magnetischen Fluß 1 Wb erzeugt.

$$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$$

Joseph Henry wurde am 17. Dezember 1797 in Albany (Staat New York) geboren. Nach Abschluß der Stadtschule in Galway studierte er an der Abendakademie in Albany, ursprünglich mit der Absicht, Arzt zu werden. Er zeichnete sich durch Begabung zum Experimentieren aus und war bereits während des Studiums an der Akademie Assistent bei chemischen Versuchen. In den Sommerferien arbeitete er als Aufseher beim Bau der Straße zwischen Kingston und dem Erie-See.

Im Jahre 1826 wurde Henry Professor für Mathematik und Naturwissenschaften an der Akademie in Albany; kurz darauf begann er, mit Elektromagneten zu experimentieren. Die Ergebnisse der Versuche faßte er in der Arbeit „Einige Modifikationen des elektromagnetischen Gerätes“ zusammen, die er an der Akademie von Albany im Jahre 1827 vortrug und durch die er den Ruf eines berühmten Experimentators erlangte. Mit Seide, die er sich von den Hochzeitskleidern seiner Gattin auslieh, isolierte er einen elektrischen Leiter und erhöhte durch das Aufwickeln mehrerer Drahtlagen die Kraft des Elektromagneten wesentlich, wobei er ihm die heute allgemein übliche Form gab.

Nach angestrenzter Arbeit gelang es ihm im Jahre 1830 durch den Einsatz eines langen Leiters und mehrerer kurzer, die optimalen Anschlußbedingungen des Magneten an die Batterie zu ermitteln. Das war die erste Demonstration der Ohmschen Theorie der Widerstände der einzelnen Teile eines elektrischen Stromkreises. Seine parallelgeschalteten Magneten erregten großes Aufsehen; der stärkste von diesen Magneten hielt eine Masse von 3500 engl. Pfund (etwa 1580 kg).

Im Jahre 1831 zog Henry 1 Meile (etwa 1,6 km) Draht um seinen Hörsaal und schloß einen starken Magneten mit einer Glocke und die geeignete Batterie an. Das war die erste Vorführung eines Telegrafen mit einem akustischen Signal. Im gleichen Jahr konstruierte er einen Elektromotor. Obwohl dessen Bewegung eher rückläufig als vorwärts war, so löste er dennoch prinzipiell das Problem der Umwandlung elektrischer in mechanische Energie.

Joseph Henry und Michael Faraday wird die unabhängig voneinander erfolgte Entdeckung der Gegeninduktivität zugeschrieben, jedoch verzögerte Henry die Publikation seiner Experimente, und Faraday gab seine Erfolge als erster bekannt. Schließlich schrieb man Faraday die Entdeckung der Gegeninduktivität und Henry die Entdeckung der Selbstinduktivität zu, die er im gleichen Artikel, in dem er auch die Entdeckung der Gegeninduktivität vom Jahre 1832 darlegte, beschrieb.

Der bereits anerkannte Wissenschaftler Henry wurde im Jahre 1832 zum Professor für Physik am College in New Jersey (jetzt Princeton-Universität) berufen, wo er die Erforschung des Elektromagnetismus fortsetzte. Während seiner Vorlesungen in der Amerikanischen Philosophischen Gesellschaft gab er die Erfindung des elektrischen Relais, der induktionslosen Wicklung und die Tatsache bekannt, daß durch eine geeignete Wahl der Windungen die Spannung erhöht oder vermindert werden kann; damit hatte er das Prinzip des Transformators entdeckt.

Später beschrieb er die Änderung der Induktivität zwischen getrennten Windungen, die Wirkung der Induktivität über eine Entfernung und den Schwingungscharakter der elektrischen Entladung der Leidener Flasche – einen Komplex von Entdeckungen, die für die spätere Entstehung der Radiotelegrafie und des Rundfunks von Bedeutung waren.

Seine Forschungen dehnte er auch auf andere Gebiete aus. Er machte zahlreiche meteorologische Beobachtungen. Im Jahre 1846 wurde er Sekretär der Smithsonian Institution¹). Neben seinen Amtsverpflichtungen organisierte er die telegrafische Wetterberichtserstattung, fertigte die erste Wetterkarte an und schuf die Grundlagen für die wissenschaftlichen Methoden der Wettervorhersage. Umfangreiche nützliche Arbeit für die Sicherheit der Seefahrt leistete er, als er die Wirksamkeit der Nebelhörner und Leuchttürme erhöhte. Viel Mühe wandte er an mehrere Regierungsprojekte und

¹ vgl. Fußnote zu B

trug zu neuen Erkenntnissen in der Akustik und bei der Prüfung von Baustoffen bei.

Im Jahre 1868 wurde er Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften, was er bis an sein Lebensende blieb. Seine Arbeiten kamen als Sammlung „Wissenschaftliche Schriften des Joseph Henry“ im Jahre 1886 heraus. Er starb am 13. Mai 1878 in Washington.



HEINRICH HERTZ

Hertz (Hz) ist die SI-Einheit der Frequenz. Sie wurde zu Ehren des deutschen Physikers Heinrich Hertz benannt.

Definition:

Das Hertz ist die Frequenz eines periodischen Vorganges von der Periodendauer 1 s.

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

Heinrich Rudolph Hertz wurde am 22. Februar 1857 als Sohn eines Rechtsanwalts und späteren Senators in Hamburg geboren. Bereits in der Jugendzeit bekundete er seine Neigung zu verschiedenen Handwerksberufen; er erlernte das Tischlerhandwerk und führte Drechslerarbeiten aus. Mit achtzehn Jahren legte er das Abitur ab. Es hatte den Anschein, als sei er für den Beruf eines Ingenieurs bestimmt.

Er ging nach München zum Technik-Studium, stellte jedoch nach zwei Studienjahren fest, daß ihn die wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Physik mehr anzog. Er wechselte also zur Berliner Universität über und begann Mathematik und Physik zu studieren. Auf den strebsamen Studenten wurde der berühmte Physikprofessor Hermann von Helmholtz aufmerksam und berief ihn in sein Laboratorium als Praktikanten. Später vertraute er ihm eine selbständige Aufgabe an, für deren Lösung Hertz im Jahre 1879 die Goldmedaille der Universität erhielt. Das Studium an der Universität schloß Hertz mit der Doktorarbeit „Über die Induktion in rotierenden Kugeln“ ab.

In den Jahren 1880 bis 1883 war er Assistent von Helmholtz. 1883 wurde er als Privatdozent an die Universität Kiel und zwei Jahre später zum ordentlichen Professor für Physik an die Technische Hochschule in Karlsruhe berufen. Hier führte er seine Untersuchungen der elektromagnetischen Wellen durch, die ihn berühmt machten.

Mit dem Gedanken, elektromagnetische Wellen zu erzeugen und ihre Eigenschaften zu untersuchen, befaßte sich Hertz bereits seit 1879, als die Berliner Akademie der Wissenschaften eine Preisaufgabe über den experimentellen Nachweis der Existenz der Verschiebungsströme ausschrieb. Es war eine der Grundhypothesen der Maxwellschen Theorie über das elektromagnetische Feld, nach der außer dem Licht auch andere, unsichtbare elektromagnetische Wellen mit den gleichen Eigenschaften, wie sie das Licht aufweist, existieren müssen.

Die bis zu dieser Zeit bekannten experimentellen Methoden boten keine Möglichkeit einer Lösung dieser Aufgabe, und

deshalb mußte Hertz eine völlig neue Methodik und neuartige Ausrüstungen erarbeiten. Er fertigte einen originellen Strahler elektromagnetischer Wellen, den sogenannten Vibrator, und einen elektromagnetischen Resonator, mit dem er die Existenz der Wellen nachwies. Im Jahre 1887 verkündete er auf einer Sitzung der Berliner Akademie der Wissenschaften, daß er das Wettbewerbsthema erfolgreich gelöst hätte, und wies die Existenz der Verschiebungsströme nach. Er stellte außerdem fest, daß das elektromagnetische Feld, das sich im Raum von der Quelle weg ausbreitet, von elektromagnetischen Wellen gebildet wird, wie James Clerk Maxwell vorausgesagt hatte.

In weiteren Arbeiten erforschte Hertz eingehend die Reflexion, die Brechung, die Interferenz, die Polarisierung und die Beugung der elektromagnetischen Wellen, er machte darauf aufmerksam, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Wellen der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes gleich ist, und wies die theoretisch abgeleitete Maxwellsche Beziehung zwischen der Brechzahl eines Mediums und seiner Dielektrizitätskonstanten experimentell nach. Hertz hat demnach als erster den Beweis erbracht, daß das Licht seinem Wesen nach elektromagnetische Wellen darstellt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen veröffentlichte er im Jahre 1889 in der Arbeit „Über Strahlen elektrischer Kraft“.

1889 wurde Hertz als Professor für Physik an die Universität in Bonn berufen, wo er die Nachfolge von Rudolf Clausius antrat. Hier setzte er seine wissenschaftliche Arbeit fort. Er erarbeitete die Theorie seines Oszillators (Hertzscher Dipol) auf der Grundlage der Maxwellschen Gleichungen des elektromagnetischen Feldes und versuchte, die Theorie der elektromagnetischen Effekte in sich bewegenden Bezugssystemen zu formulieren.

Hertz befaßte sich auch mit der Mechanik, war aber ein Verfechter der sogenannten kinematischen Richtung der „Mechanik ohne Kraft“, die im Gegensatz zur Newtonschen Mechanik alle physikalischen Effekte durch die Wechselwirkung der sich bewegenden schweren Körper erklärt,

ohne den Begriff „Kraft“ einzuführen. Diese Richtung fand jedoch in der Physik keine Anerkennung.

Die Hertzschen Arbeiten auf dem Gebiet der elektromagnetischen Wellen hatten grundlegende Bedeutung für die weitere Entwicklung, die in letzter Konsequenz zur Erfindung des Radios und des Fernsehens führte. Es ist gewiß bezeichnend, daß der russische Begründer der Funktechnik Alexander Stepanowitsch Popow in seinem ersten Radiogramm im Jahre 1896 die beiden Worte „Heinrich Hertz“ aussendete.

Heinrich Hertz starb am 1. Januar 1894 in Bonn. Er wurde nicht einmal 37 Jahre alt.

* * *

Die Stunde der Musikerziehung begann wie gewöhnlich. In die Klasse wurde ein länglicher, kantiger Schrank gebracht, der ein Harmonium ehrwürdigen Alters verbarg. Für den Transport dieses Instrumentes von Klasse zu Klasse fanden sich stets genügend bereitwillige Hände. Der Umzug brachte nicht nur eine angenehme Abwechslung, sondern auch die Gelegenheit zu vielfältigen Schelmereien.

Professor Streicher entschloß sich, die heutige Stunde dem Gesang zu widmen. Mit unordentlicher Schrift erledigte er schnell die Eintragungen in das Klassenbuch und nahm aus der Notenmappe ein Chorlied heraus, das er für die bevorstehende Schulfeier einstudierte.

»Schüler«, er blickte über die Brille hinweg zur Klasse, »heute werde ich ausnahmsweise nicht prüfen...«

»Hurraa...«, die Worte gingen in der stürmischen Begeisterung unter. Der Professor wartete eine Weile, bis sich der Lärm gelegt hatte.

»Da sich unser öffentlicher Auftritt nähert, setzen wir das Üben des Liedes fort. Nehmt euch die Hefte und teilt sie nach den Stimmen auf! Eins, zwei, drei!«

In die Klasse kam Bewegung, die Schüler teilten sich schnell

in drei Gruppen auf, wobei einige auch noch Zeit fanden, die letzten Rechnungen mit gut gezielten Rippenstößen zu begleichen.

Inzwischen entlockte Profesor Streicher dem Harmonium einige Töne, dann Akkorde, die kurz darauf in das Vorspiel zum Lied »Unser Vaterland« übergingen. Als er würdig mit dem Kopf nickte, erklang aus den Kinderkehlen: »Kennt ihr das Land, so wunderschön...«

Durch die Klasse wurde die Melodie des Liedes vom Vaterland getragen, und Professor Streicher schloß für eine Weile die Augen. Stets aufs neue wurde in ihm die Überzeugung bekräftigt, daß von allen Chorgesängen der von Kindern der schönste ist. Doch plötzlich zeigte sich auf seinem Gesicht der Ausdruck von Unwillen.

»Genug!« schrie er verärgert. In der ausgewogenen Harmonie der Kinderstimmen erklang wieder ein störender falscher Ton, der schon das letzte Mal seine Aufmerksamkeit erregt hatte. Fest entschlossen, seinen Urheber ausfindig zu machen, ließ er von neuem beginnen.

»Kennt ihr das Land, so wunderschön...«

Der Professor erhob sich und trat ganz nahe an die Schüler heran. Er hörte bei jedem gesondert hin, wobei er sich der an das Ohr angelegten Hand bediente. Als man etwa in der Mitte des Liedes angelangt war, entdeckte er endlich den Sünder. Schnell streckte er den Arm aus und zog aus der zweiten Reihe einen aufgeschossenen, etwas blaß gewordenen Jungen heraus, wobei er ihn am Kragen packte.

»Hertz!« schrie er triumphierend auf. »Heinrich Hertz. Ich habe das geahnt. In Gesang hast du »Ungenügend«, scher dich hinaus! Auf den Korridor!«

In der Klasse ertönte wieder Gesang. Heinrich hörte eine Weile zu und begab sich dann ans Fenster. Er zog ein kleines Büchlein aus der Tasche. Er blätterte eine Weile darin und vertiefte sich dann völlig in die Platonschen Dialoge auf Griechisch. Außer der italienischen, französischen und englischen Sprache befaßte er sich auch noch mit anderen Sprachen, die nicht zu den Pflichtfächern gehörten. Seine Fortschritte in Arabisch

waren so frappierend, daß der Lehrer dem Vater eindringlich empfahl, Heinrich zum Orientalistikstudium zu schicken...

* * *

»Und damit ist unsere heutige Vorlesung zu Ende. Auf Wiedersehen, meine Herren!«

Der Physikprofessor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, Heinrich Hertz, legte eilig die dicht mit Anmerkungen beschriebenen Blätter beiseite und wartete, bis der letzte Student den Hörsaal verlassen hatte. Bis zur nächsten Vorlesung verblieben drei Stunden Zeit, und diese mußten genutzt werden.

»Karl, laß uns beginnen«, rief er ins Kabinett nach dem Mechaniker und machte sich selbst, nur im Hemd mit hochgekrempelten Ärmeln, an die Arbeit. Zunächst beseitigten sie gemeinsam alle Metallteile aus dem Raum, nahmen sogar den Kronleuchter herunter und montierten die dünnen Gasrohre ab. Die Bänke verbanden sie durch hölzerne Laufstege miteinander, damit man in allen Richtungen über sie hinweggehen konnte. Dieses Vorspiel diente dazu, den Hörsaal in ein Laboratorium zu verwandeln. Denn es war der einzige geeignete Raum, den Hertz für seine Experimente nutzen konnte.

Inzwischen hatte Karl einen großen Ruhmkorffschen Induktor aufgebaut, den Hertz eigenhändig in einen Oszillator umbaute, dessen Frequenz einige Millionen Schwingungen in der Sekunde betrug. An die Wand des Hörsaals hängte er einen großen Parabolspiegel aus Blech.

Hertz sprang behend auf die Bank. In der Hand hielt er einen Resonator, der ihm zum Nachweis der elektromagnetischen Wellen diente. Es war das ein einfacher Drahttring, der an einer Stelle unterbrochen war. An den freien Enden befanden sich kleine Kügelchen, deren Abstand man mit Hilfe einer Torsionsfeder einstellen konnte.

»Du kannst es in Gang setzen!« Der Mechaniker schloß das

Gerät an, und auf der Funkenstrecke begannen bläuliche Funken überzuspringen.

Hertz erprobte zunächst schon gewohnheitsgemäß den Resonator. Als er ihn in einem bestimmten Abstand vom Oszillator in solch einer Stellung hielt, daß seine Ebene mit der Achse der Funkenstrecke des Oszillators zusammenfiel, sprangen zwischen den Kügelchen des Resonators feine Funken über.

Dann begann er, auf den Bänken hin und her zu gehen, wobei er den Resonator dem Blechparabolspiegel zuwendete. Den Blick hatte er auf die Kügelchen gerichtet und wartete, daß ein Funke überspringt. Nach einer Stunde, als er ergebnislos alle möglichen Positionen ausprobiert hatte, die der Raum zuließ, setzte er sich erschöpft.

»Wieder nichts?« fragte Karl, nun schon aus reiner Gewohnheit.

»Nichts.«

»Machen wir weiter?«

»Nein. Für heute schließen wir ab«, antwortete Hertz und wurde nachdenklich.

In diesem Raum hatte er bereits mittels eines Oszillators und eines Resonators nachgewiesen, daß ein elektromagnetisches Feld, das sich, von der Quelle ausgehend, in einem Raum ausbreitet, elektromagnetische Wellen darstellt, die Maxwell vorausgesagt hatte. Hertz stellte fest, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Wellen konstant ist und diese von einer Metallplatte nicht hindurchgelassen, sondern reflektiert werden.

Nun wollte er den Nachweis erbringen, daß die elektromagnetischen Wellen genauso wie das Licht reflektiert werden können. Jedoch, reflektierte Wellen aufzufangen, gelang ihm nicht.

»Der Raum ist zu klein, um reflektierte Wellen aufzufangen«, überlegte Hertz, indem er unwillkürlich den Mechaniker beobachtete, wie er das Laboratorium in den Hörsaal zurückverwandelte. Und dabei formte sich in ihm der Gedanke, der ihn schon einige Tage verfolgte.

»Wenn wir keinen größeren Raum zur Verfügung haben, müssen wir die Wellenlängen ändern«, dachte er sich, aber laut drückte er das mit einem beliebten arabischen Sprichwort aus:

»Kommt der Berg nicht zu Mohammed, so muß Mohammed

zum Berg kommen! Karl, wir brauchen einen neuen Oszillator mit einer Frequenz von einigen hundert Millionen Schwingungen in der Sekunde.«

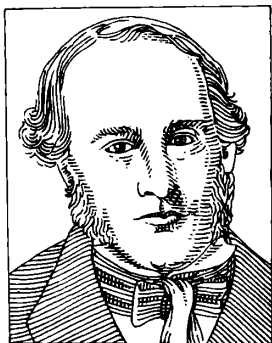
»Dann möchte ich also Bleche und Draht vorbereiten«, brummte der Mechaniker, der es bei der Zusammenarbeit mit Hertz verlernt hatte, sich über irgend etwas zu wundern.

»Ja, und wir beginnen sofort.«

Wieder erwarteten sie Tage anstrengender Arbeit, von denen Hertz in einem Brief an die Mutter schrieb: »Ich arbeite denn auch ganz wie ein Fabrikarbeiter, da ich jeden Handgriff tausendmal zu wiederholen habe, so daß ich stundenlang nichts tue, als ein Loch neben dem anderen zu bohren, einen Blechstreifen nach dem anderen zu biegen, dann wieder stundenlang einen nach dem anderen lackieren usw.«

Als seine Mutter dem Meister, bei dem er noch als Junge die Arbeit an der Drehbank erlernte, mitteilte, Heinrich sei Professor geworden, rief dieser völlig mißgestimmt aus:

»Ach, wie schade, was wäre das für ein Drechsler geworden...!«



JAMES PRESCOTT JOULE

Joule (J) ist die SI-Einheit der Arbeit und der Energie. Sie wurden zu Ehren des englischen Physikers James Prescott Joule benannt.

Definition:

Das Joule ist die Arbeit, die verrichtet wird, wenn sich der Angriffspunkt der Kraft 1 N in Richtung der Kraft um 1 m verschiebt.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

Anmerkung:

Diese Einheit wird auch Newtonmeter (Nm) oder auch Wattsekunde (Ws) genannt.

Joule ist ebenfalls die SI-Einheit der Wärmemenge.

James Prescott Joule wurde am 24. Dezember 1818 in Salford bei Manchester als Sohn eines Bierbrauereibesitzers geboren. Da er körperlich schwach war, erhielt er seine Erziehung bis zum fünfzehnten Lebensjahr zu Hause. Auch später studierte er Chemie, Physik und Mathematik privat bei dem berühmten englischen Physiker und Chemiker John Dalton.

Als Zwanzigjähriger machte Joule durch die Erfindung eines Elektromotors auf sich aufmerksam, indem er die Drehbewegung eines von Strom durchflossenen Leiters in einem Magnetfeld nutzte. Der Vater richtete ihm ein eigenes Laboratorium ein, in dem er begann, sich mit der Untersuchung elektromagnetischer Effekte zu befassen. Seine Arbeiten veröffentlichte er in wissenschaftlichen Zeitschriften.

Im Jahre 1840 entdeckte er, daß sich Körper nur bis zu einem bestimmten „Zustand der Sättigung mit Magnetismus“ magnetisieren lassen, der nicht überschritten werden kann. Längere Zeit untersuchte er experimentell die Wärmemenge, die durch die Wirkung des elektrischen Stromes entwickelt wird, und stellte das Gesetz auf, das später nach ihm benannt wurde. Dieses Gesetz besagt, daß eine in einem stromdurchflossenen Leiter entwickelte Wärmemenge dem Quadrat der Stromstärke, dem elektrischen Widerstand des Leiters und der Zeit direkt proportional ist. Seine Entdeckung veröffentlichte er in den „Protokollen“ der Londoner Royal Society im Jahre 1840.

Ein weiteres Gebiet Joulescher experimenteller Untersuchungen war die Ermittlung des mechanischen Wärmeäquivalents, d. h. der Arbeit, bei der die in Wärme umgewandelte mechanische Energie eine Wärmeeinheit ergibt. Joule kam bereits bei seinen Versuchen mit der Elektrizität zu der Schlußfolgerung, daß die mechanische Energie in Wärme umgewandelt wird. Die Ergebnisse seiner Messungen veröffentlichte er in der Arbeit „Über den Wärmeeffekt der magnetischen Elektrizität und den mechanischen Wert der Wärme“ im Jahre 1843 und in weiteren Arbeiten in den Jahren 1847 und 1850.

Neben der wissenschaftlichen Arbeit leitete Joule zusammen mit dem Bruder nach dem Tode des Vaters die Bierbrauerei. Nach dem Tode seiner Gattin 1854 verkaufte er die Brauerei und widmete sich ausschließlich der wissenschaftlichen Arbeit.

Es interessierten ihn vor allem die Eigenschaften der Gase; Joule erforschte sie als erster eingehend sowohl experimentell als auch theoretisch vom Standpunkt molekular-kinetischer Vorstellungen aus. So berechnete er die Geschwindigkeit der Wärmebewegung der Gasmoleküle und untersuchte die Abhängigkeit ihrer Geschwindigkeit von der Temperatur. Weiterhin begründete er theoretisch das Boyle-Mariottesche und das Gay-Lussacsche Gesetz, ermittelte die spezifische Wärmekapazität einiger Gase und erklärte den Gasdruck durch Stöße der Gasmoleküle auf die Wandung eines Gefäßes. Einige Untersuchungen stellte Joule gemeinsam mit dem Physiker William Thomson (dem späteren Lord Kelvin) an. Von den insgesamt 97 veröffentlichten Jouleschen wissenschaftlichen Arbeiten waren 20 gemeinsam mit Thomson entstanden. So entdeckten sie z. B. gemeinsam, daß beim Übergang eines frei expandierenden Gases aus einem Hochdruckgefäß in ein Gefäß mit geringerem Druck die Temperatur der meisten Gase und der Luft absinkt. Diese Erscheinung wurde später Joule-Thomson-Effekt genannt.

Joule war seit 1850 Mitglied der Londoner Royal Society. Im Jahre 1878 setzte er sich zur Ruhe. Er starb am 1. Oktober 1889 in Sale bei London.

* * *

»Solch ein Kerl ist bis zu 65 Fuß lang und verbraucht täglich etwa 900 Pfund Lebensmittel.¹⁾ Ansonsten ist er schüchtern, ruhig und tut keinem Menschen etwas zuleide.«

¹ englische Maße: 1 Fuß (foot) = 30,48 cm; 1 Pfund (pound) = 453,6 g

Die Rede war von Walen, der Erzähler war kein geringerer als William Scoresby, ein biederer Fünfziger, einstmals ein berühmter Seefahrer, Naturwissenschaftler und jetzt redengewandter Pfarrer in Bradford.

»Und lohnt sich noch der Fang?« fragte James Joule, während sein älterer Bruder Benjamin dem Gast einen weiteren Halbliterkrug mit schäumendem Salforder Bier füllte.

»Nur noch auf der Grönländer Seite. Von Spitzbergen aus ist das schon kaum lohnend. Der Fischfang wurde vervollkommenet, die Schiffe sind schneller, und die Walfische bekommen das immer mehr zu spüren.«

Scoresby verbrachte stets gern einige Tage in der Bierbrauerei bei den Joules. Auch dieses Mal, aus Anlaß einer Sitzung der Royal Society nach Manchester gekommen, lehnte er die Unterkunft im Gasthof ab und zog es vor, täglich den Weg vom nahegelegenen Salford zurückzulegen.

Nicht nur über die Erlebnisse bei vielen Seefahrten in den arktischen Gewässern, von denen Scoresby fesselnd zu berichten wußte, wurde debattiert, sondern häufig darüber, wie die Beziehungen zwischen der Wärme und den anderen Energiearten zu bestimmen seien. Damals zogen sich beide Gelehrten in einen der Räume der Brauerei zurück, in dem sich Joule ein Laboratorium eingerichtet hatte.

»In diesem Glasrohr befindet sich eine Spule mit einem Kern aus Bandeisen«, erläuterte er dem Gast seine neue Vorrichtung, die zur Untersuchung der Wärmeentwicklung in einem stromdurchflossenen elektrischen Leiter dienen sollte. »Der übrige Raum ist mit Wasser ausgefüllt, dessen Temperatur gemessen werden muß.«

»Sofort, oder erst danach?« interessierte sich Scoresby.

»Erst nachdem sich die Wärme nach dem Umrühren des Wassers gleichmäßig verteilt hat. Dann verschließen wir das Rohr auch am anderen Ende schnell und verbinden die Ausgänge der Spule mit einem Galvanometer.«

Joule befestigte das verschlossene Rohr, umwickelt mit einer Zinnfolie, so zwischen den Polen eines starken Elektromagneten, daß es um seine Achse gedreht werden konnte.

Scoresby drehte an der Kurbel und beobachtete den einfachen, geistreich aufgebauten Mechanismus.

»Der Versuch hat zwei Teile«, setzte Joule fort. »Das erste Mal drehe ich die Spule mit einer Geschwindigkeit von etwa 600 Umdrehungen in der Minute eine viertel Stunde lang bei angeschlossenem Elektromagneten. Dann öffne ich das Rohr und messe schnell, um wieviel Grad die Wassertemperatur gestiegen ist.«

»Mit anderen Worten geht es um die Wärme, die sich infolge des Durchflusses des induzierten Stromes entwickelt hat.«

»Nicht ganz. Die Wärme entstand auch durch die Reibung zwischen der Spule und dem Wasser. Deshalb hat der Versuch einen zweiten Teil, bei dem ich das gleiche wiederhole, nur ist der Magnet nicht angeschlossen. Ich messe also erneut die Temperatur und ermittle die Temperaturdifferenz.«

»Somit erhalte ich durch Subtraktion der im zweiten Fall entwickelten Wärmemenge von der im ersten Fall entwickelten Wärmemenge...«, überlegte Scoresby laut, »...die Wärme, die sich infolge des hindurchströmenden induzierten Stromes in der Spule entwickelte«, ergänzte Joule.

»Hm«, Scoresby dachte nach. »Welche Temperaturdifferenz haben Sie ermittelt?«

Joule schaute in seine Aufzeichnungen. Scoresby bemerkte, daß die ersten Seiten mit arithmetischen Übungen und kaufmännischen Berechnungen vollgeschrieben waren. Offensichtlich handelte es sich um ein altes Schulheft. »Es ergibt sich ein durchschnittlicher Temperaturanstieg von 0,10 Grad Fahrenheit«, antwortete Joule. »Ich könnte einen stärkeren Elektromagneten gebrauchen.«

»Darin stimme ich mit Ihnen überein. Die Temperaturdifferenz ist für eine eindeutige Demonstration dieser Erscheinung zu gering.«

»Nur, woher sollen wir ihn beschaffen...«, überlegt Joule. »Einen solchen Magneten zu fertigen, würde nicht nur Zeit, sondern auch Räumlichkeiten erfordern.«

»Darüber machen Sie sich keine Sorgen«, Scoresby machte eine geheimnisvolle Miene. »Ich lade Sie zu mir nach Bradford

ein. Sie werden sehen, daß sich auch auf einer ländlichen Pfarre zuweilen etwas Nützliches findet.«

* * *

James und Benjamin Joule saßen auf der Aussichtsplattform eines Waggons 1. Klasse, und der Zug jagte mit ihnen mit einer Geschwindigkeit von 30 Meilen¹⁾ in der Stunde nach Brighthouse. Von dort aus stand ihnen noch eine Fahrt von etwa 6 Meilen mit der Kutsche nach Bradford bevor.

James Joule kam der Einladung von Scoresby nach, und Benjamin begleitete ihn wegen der Bahnfahrt. Beide waren begeisterte Bewunderer der mit Dampf betriebenen Eisenbahn. James erinnerte sich gern an den Ausflug in die Umgebung von Eccles, wo sie am 15. September 1830 den ersten Zug sahen, der den Verkehr auf der Manchester-Liverpooler Eisenbahn feierlich eröffnete. Sie verbrachten dort viele Sonnaabendnachte und erfreuten sich, im Grase liegend, am Anblick der zischenden Stephenson'schen »Rakete« und später des bedeutend leistungsfähigeren »Planeten«.

In Bradford besuchten sie zuerst die Gottesdienste ihres Gastgebers. James verstieß auch hier nicht gegen seine Gewohnheit und verschlief die ganze Predigt des temperamentvollen Geistlichen.

Als ihm Scoresby einen gewaltigen Magneten zeigte, war er davon begeistert. Später schrieb er über diesen Magneten: »... er erzeugte eine Magnetkraft, die größer war als jede, die ich zuvor jemals ermittelt hatte.«

Joule schaffte alle notwendigen Ausrüstungen nach Bradford und setzte die Untersuchung der Wärmeentwicklung in einem stromdurchflossenen Leiter fort. Tagelang arbeitete er allein, denn Scoresby hatte wegen seiner Tätigkeit in der Gemeinde nur wenig Freizeit.

Der Wirkungsgrad von Scoresbys starkem Magneten kam bald

¹ 1 Meile (mile) = 1,609 km

zur Geltung. An Stelle unscheinbarer Differenzen ermittelte Joule jetzt einen durchschnittlichen Temperaturanstieg von 1,84 Grad Fahrenheit. Aus den Meßergebnissen formulierte Joule das Gesetz, daß die während einer Sekunde in einem stromdurchflossenen Leiter entwickelte Wärmemenge dem Quadrat der Stromstärke und dem elektrischen Widerstand des Leiters direkt proportional ist. Die Mitteilung über die Entdeckung dieses Gesetzes wurde in den Protokollen der Londoner Royal Society veröffentlicht.

»Sehr bemerkenswert«, sagte Scoresby anerkennend, indem er in der Ausgabe der Protokolle blätterte.

»Ohne Ihre liebenswürdige Hilfe hätte ich das Experiment nicht verwirklichen können«, entgegnete Joule.

»Aber, das ist doch nicht der Rede wert«, Scoresby ertrug es nicht, wenn man ihm Dankbarkeit entgegenbrachte. »Ich bin ohnehin tagelang hier nur allein.«

Die gemeinsamen Interessen beider Gelehrter gingen in eine Freundschaft über, die vielleicht nur durch die spätere Freundschaft Joules mit Thomson übertroffen wurde.

»Zeigen Sie lieber Ihre Maschine her, wir versuchen, meine Elektromagneten in ihr zu montieren«, sagte Scoresby, und die Freunde begaben sich erneut an die Arbeit. Anfangs wollten sie nur die Leistung des Jouleschen Elektromotors mit stärkeren Elektromagneten ermitteln. Später verglich man sie jedoch auch mit den Leistungen der übrigen derzeitigen Quellen mechanischer Energie. Diese ihre gemeinsame Arbeit wurde später unter dem Titel »Über die vergleichbare Leistung des Elektromagnetismus, des Dampfes und der Pferde als Antriebsquellen beweglicher Kraft« veröffentlicht.

»Auch ein negatives Ergebnis ist ein Ergebnis«, gab Scoresby zu bedenken, als sie eines Abends am Kamin saßen, in dem die Flammen lustig tanzten und die brennenden Scheite angenehm knisterten. »Obwohl Ihre elektromagnetische Maschine keine wer weiß wie großen Leistungen hat, macht sie auf mich einen sympathischen Eindruck. Nirgends mehr Dampf! Auch die wissenschaftliche Welt ist interessiert.«

Sie schwiegen eine Weile. Joule wollte etwas einwerfen, als

Scoresby hinzufügte: »Auch wenn Ihnen vorher nichts lieber war als das Studium der Planeten.«

»Ja«, pflichtete Joule bei, »und wenn ich bedenke, daß ein Pferd bis zu einem Viertel der Lebenskraft, die ihm das Futter liefert, in nützliche mechanische Arbeit umwandeln kann...«

»Die beste Cornishsche Dampfmaschine nutzt nur ein Zehntel der verfeuerten Kohle aus. Was ist das für ein Ruhm?!«

»Eben gerade. Nur, die elektromagnetische Maschine wird durch Voltasche Batterien angetrieben. Und wenn ich es fertigbrächte, sie so zu vervollkommen, daß die aus einem Pfund Zink in der Batterie gewonnene Leistung die der besten Dampfmaschine, gewonnen aus einem Pfund Kohle, übertrifft?«

»Aber ein Pfund Zink ist mindestens hundertmal teurer als ein Pfund Kohle!«

Joule wurde nachdenklich. »Immer mehr überzeugt mich alles davon«, sagte er dann schließlich langsam, »daß man den Wirkungsgrad der elektromagnetischen Anziehung als wirtschaftliche Kraftquelle nicht wird nutzen können. Denn, auch wenn die Dampfmaschine eine niedrige Leistung aufweist, wird sie von der elektromagnetischen Maschine nie übertroffen werden...«

James Joule ahnte damals noch nicht, daß diese Worte den größten Irrtum seines Lebens bedeuteten.



**WILLIAM THOMSON
(LORD KELVIN)**

Kelvin (K) ist die *Basiseinheit* der Temperatur. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers William Thomson benannt, der nach seiner Erhebung in den Adelsstand Lord Kelvin hieß.

Definition:

Das Kelvin ist der 273,16te Teil der (thermodynamischen) Temperatur des Tripelpunktes von Wasser.

Anmerkung:

Das Kelvin ist nicht nur Einheit der Temperatur, sondern auch Einheit der Temperaturdifferenz.

Die Differenz aus einer Temperatur und der Temperatur 273,15 K wird als Celsius-Temperatur bezeichnet. Die Benennung heißt dann Grad Celsius (siehe unter °C).

William Thomson am wurde 26. Juni 1824 in Belfast in Irland als Sohn eines Mathematiklehrers geboren. Bis zu seinem zehnten Lebensjahr vermittelte ihm der Vater eine Allgemeinbildung. Als man ihn dann als Mathematikprofessor an die Universität nach Glasgow berief, ließ er den zehnjährigen begabten William zu einem Universitätsstudium immatrikulieren.

Der Junge bewältigte dieses Studium erfolgreich und machte sich insbesondere mit den Arbeiten von Laplace und mit Fouriers Werk über die Wärmeleitung bekannt. Mit sechzehn Jahren wechselte er zur Universität in Cambridge über; später ging er ein Jahr nach Paris, wo er in Regnaults Laboratorium arbeitete und sich mit der Experimentalphysik näher vertraut machte.

Als Thomson nach Glasgow zurückkehrte, wurde der kaum zweiundzwanzigjährige junge Mann zum Professor für Physik an die Universität berufen. Dieser blieb er dann während seines ganzen Lebens treu. Bald nach seinem Eintritt in die Universität richtete er sich aus bescheidenen Mitteln in einem verlassenen Weinkeller ein Laboratorium ein und begann, sich der wissenschaftlichen Arbeit zu widmen. Sein Interessengebiet war weitgespannt und umfaßte mehrere Bereiche der Physik, insbesondere jedoch Wärmelehre, Elektrizität und Magnetismus.

1848 veröffentlichte er die erste größere Arbeit auf dem Gebiet der Thermodynamik, in der er auf der Grundlage der Carnotschen Wärmetheorie die absolute Temperaturskala einführte. Zwei Jahre später leitete er die Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck theoretisch ab, die er vorher experimentell ermittelt hatte.

Im Jahre 1851 veröffentlichte er die Arbeit „Über die dynamische Theorie der Wärme“, in der er wie auch Rudolf Clausius vom Carnotschen Prinzip ausging und auf dessen Grundlage den zweiten Hauptsatz der Wärmelehre formulierte, der einen Grundbaustein der Physik darstellt. Mehrere Arbeiten führte er gemeinsam mit James Prescott Joule durch. In den Jahren 1853 bis 1854 untersuchten sie ge-

K

meinsam die Änderung der Gastemperatur bei einer Expansion und stellten dabei einen Effekt fest, den man später den Joule-Thomson-Effekt (siehe unter J) nannte.

Thomson hatte sich noch als Student in Cambridge mit theoretischen Arbeiten über den elektrischen Strom befaßt und dabei die Fourierschen Reihen verwendet. 1853 entdeckte er dann die schwingende Entladung der Leidener Flasche und leitete als erster die sogenannte Thomsonsche Formel zur Bestimmung der Periodendauer elektromagnetischer Schwingungen in Abhängigkeit von der Kapazität und der Selbstinduktivität des Schwingkreises ab. Seine weiteren Arbeiten über die elektromagnetischen Schwingungen und Wellen hatten große Bedeutung für die Entwicklung der drahtlosen Telegrafie.

Seine Theorie der Ausbreitung elektrischer Signale in langen Kabeln und die Entwicklung eines Verfahrens zur Beseitigung der Verzögerung elektrischer Signale ermöglichten es, die Verlegung eines transatlantischen telegrafischen Unterwasserkabels (Überseekabel) zu realisieren. Thomson hat selbst große Verdienste bei der Verwirklichung der Überseetelegrafie erworben. Er entwickelte mehrere Spezialgeräte – insgesamt wurden ihm 70 Patente erteilt –, insbesondere jedoch das Spiegelgalvanometer, das beim Verlegen des Überseekabels unschätzbare Dienste leistete, und ein automatisches Schreibgerät für die gesendeten Telegrafiezeichen. Er beteiligte sich unmittelbar an der Verlegung des Kabels.

Nach seiner Rückkehr widmete sich Thomson Untersuchungen auf dem Gebiet der Mechanik und Hydrodynamik und suchte die Gravitation zu ergründen. Von ihm stammt auch eine Hypothese, daß die Atome eine Art Viren im Äther darstellen. Natürlich hat sich diese Hypothese in der Physik nicht durchgesetzt. Thomson war ein Verfechter der mechanistischen Auffassung über die Physik und war bestrebt, alle Erscheinungen in der Natur auf ein wechselseitiges mechanisches Einwirken zurückzuführen.

Im Jahre 1890 wurde er zum Präsidenten der Londoner Royal Society gewählt und zwei Jahre später in den Adels-

stand mit dem Titel Lord Kelvin of Largs erhoben. Den Namen Kelvin wählte er sich selber nach dem Fließchen, das durch den Park der Glasgower Universität fließt.

Die Professorenstelle gab er im Jahre 1899 auf und zog sich auf sein Schloß in Netherhall bei Largs zur Ruhe zurück. Er war zweimal verheiratet. Am 17. Dezember 1907 starb er in Netherhall und wurde in der Londoner Westminster-Abtei neben dem Grab von Newton beigesetzt.

* * *

Der Kommandeur und der erste Offizier des britischen Kriegsschiffes »Agamemnon« schritten mit nervöser Ungeduld über das Deck. Irgendwie wollten sie über eine Sache, die sie beide quälte, nicht sprechen. Nicht nur sie, sondern auch ein großer Teil der Besatzung war davon überzeugt, daß die Expedition, die am 29. Mai 1858 aus dem Hafen Valencia im südwestlichen Irland in See stach, unter einem Unglücksstern begann.

Dies war genaugenommen bereits die zweite Expedition dieser Art; denn die erste endete mit einem totalen Mißerfolg. Ja, schon allein der Gedanke gehörte in den Bereich der Phantasie. Es ging um nichts weniger als um die Verlegung eines Telegrafenkabels von Europa nach Amerika – mit anderen Worten darum, eine überseeische Brücke zwischen Kontinenten zu schaffen.

Genau vor einem Jahr war die »Agamemnon« von Devonport aus gleichzeitig mit der amerikanischen Fregatte »Niagara« hinausgefahren; jedes Schiff führte die Hälfte des atlantischen Kabels mit. Für die Adern des Kabels benötigte man insgesamt etwa 550 000 km dünnen, mit Guttapercha isolierten Draht, wobei ein Kilometer Kabel eine Masse von rund 570 kg aufweist. Nachdem man ungefähr 480 km Kabel verlegt hatte, wurde der Spannmechanismus beschädigt, und das Kabel riß...

Jetzt näherte sich die »Agamemnon«, bis an die Tiefganglinie mit Kabel beladen, wieder dem Treffpunkt mit der »Niagara«, die von Neufundland aus in See gestochen war. In der Mitte

des Ozeans verband man beide freien Kabelenden miteinander, und dann begaben sich die beiden Schiffe auf die Reise zu ihren Heimathäfen, indem sie dabei das Kabel auf den Meeresboden legten. Die »Agamemnon« hatte kaum 10 km verlegt, als das Kabel riß. Die Schiffe kamen erneut zusammen, und man verband die Kabelenden.

Als die Besatzung der »Niagara« einen Riesenhai bemerkte, war es bereits zu spät. Der Hai griff das Kabel an, und seine Zähne beschädigten die Isolation. Da bereits 130 km Kabel im Meer lagen, versuchte man, die beschädigte Stelle zu reparieren, aber ohne Erfolg. Beim Manövrieren der Schiffe zerriß das Kabel erneut.

So begann alles von neuem. Dieses Mal aber mit Erfolg. Die Schiffe gelangten ohne außergewöhnliche Zwischenfälle in ihre Heimathäfen, und das transatlantische Kabel war auf dem Meeresboden verlegt.

Am 5. August 1858 traf die erste Kabeldepesche – ein Telegramm – in Amerika ein. Sein Absender war kein geringerer als Professor Thomson. Unter anderem hieß es darin: »Europa und Amerika haben eine telegrafische Verbindung erhalten... Zwei große Kontinente werden nicht mehr vom Großen Wasser getrennt – wir haben uns einander genähert.« Kurz darauf wechselten die englische Königin Victoria und der Präsident der Vereinigten Staaten von Amerika Buchanan Glückwunschtelegramme.

Jedoch war die Freude über den Erfolg nur von kurzer Dauer. Die übertragenen Signale wurden immer schwächer. Nach dem Senden von 732 Nachrichten im Verlaufe dreier Wochen, wobei man das Thomsonsche Spiegelgalvanometer verwendete, verstummte das Kabel vollkommen. Die Enttäuschung war groß, nur Thomson überraschte die Störung nicht. Er wußte, daß das Kabel an einigen Stellen »geflickt« war, und schloß auch nicht die Möglichkeit des Angriffs von Haien aus. Daher setzte er sich in den Kopf, die Herstellung der Kabel und der Ausrüstungen für ihre Verlegung zu vervollkommen.

Während der folgenden sieben Jahre beteiligte sich Thomson intensiv an der Vorbereitung der neuen »Überbrückung« des

Ozeans. Neue Verfahren zur Durchführung elektrischer Messungen, vollkommene Mechanismen und insbesondere stärkere Kabel, die widerstandsfähiger gegen Beschädigungen waren, wurden entwickelt.

Den Professorenkollegen, die Thomson rieten, dieses von Pech verfolgte Vorhaben aufzugeben, pflegte der Gelehrte zu sagen: »Was bereits einmal ausgeführt wurde, muß erneut ausgeführt werden. In der Geschichte der Auseinandersetzungen des Menschen mit der Natur ist keine Aufgabe bereits erreichter Positionen bekannt...«

Eigentlich war es Thomson, der die Direktoren der Atlantischen Telegrafengesellschaft davon überzeugte, daß man ein neues Kabel legen müßte.

Persönlich überwachte er die Herstellung des neuen Kabels und reiste allwöchentlich von Glasgow nach London. Im Zug war ständig ein Abteil für ihn reserviert. Nicht selten geschah es, daß Thomsons Sekretär ganz außer Atem in die Kanzlei des Bahnhofsvorstehers gelaufen kam: »Professor Thomson bittet Euch, um jeden Preis den Londoner Schnellzug bis zu seinem Eintreffen aufzuhalten!« Thomson war schon damals eine geschätzte Persönlichkeit, und es kam daher nicht selten vor, daß der Stationsvorsteher den Schnellzug tatsächlich aufhielt.

In London wohnte er bei Verwandten, die sich schon daran gewöhnt hatten, daß er zu einer ungewöhnlichen Zeit erschien, wenn er am wenigsten erwartet wurde. Er hatte einen eigenen Wohnungsschlüssel und wußte, daß er stets ein gemachtes Bett vorfand.

Eines Nachts wachte Thomsons Schwester auf und hörte, wie jemand durch das Fenster in das Haus zu gelangen versuchte. Die erschrockene Schwester bewaffnete sich mit einem schweren Knüttel und war drauf und dran, damit dem Eindringling zuzusetzen. In diesem Augenblick rief sie eine gutbekannte Stimme beim Namen: »Ich habe den Schlüssel vergessen und wollte dich nicht wecken«, rechtfertigte sich der zerstreute Professor.

Es ist nur zu selbstverständlich, daß sich an Bord des Schiffes »Great Eastern« der Professor Thomson als Experte und

Konsultant an den Expeditionen beteiligte. »Great Eastern« war das größte Schiff, das man bis zur damaligen Zeit überhaupt gebaut hatte. Es hatte eine Wasserverdrängung von 27 000 Tonnen, es war mit einer Schiffsschraube und Schaufelrädern ausgerüstet und wurde von einer Dampfmaschine mit einer Leistung von 5 300 PS (3 900 kW) angetrieben.

Die ersten zweitausend Kilometer Kabel verlegte man ohne Störungen. Und dann ereignete sich das Mißgeschick. Beim Manövrieren des Schiffes wurde das Kabel beschädigt. Dreimal gelang es, das Kabel aus der Tiefe hochzuziehen, aber die Zugseile waren zu schwach, so daß sie zerrissen und schließlich die gesamte Ausrüstung samt dem Kabel unter der Oberfläche des Meeres verschwand. Das Schiff mußte in den Hafen zurückkehren.

Der letzte Versuch wurde erneut an Bord des Schiffes »Great Eastern« gestartet. Die Herstellung des Kabels und der Ausrüstungen für die Kabelverlegung hatten ein ganzes Jahr gedauert, und endlich verlegte man im Jahre 1866 das Kabel in einem Arbeitsgang ohne die geringsten Schwierigkeiten! Und somit zitterte und flackerte erneut der Lichtstrahl, reflektiert vom Spiegel des Galvanometers, und bildete Pünktchen, Striche, Buchstaben, Sätze, Telegramme...

So sehr Thomson auch erklärte, daß sein Anteil an der Verlegung des transatlantischen Kabels nur unerheblich gewesen sei, war doch ganz England anderer Meinung. Im November 1866 bedachte ihn die englische Königin »für Verdienste im Zusammenhang mit der Herstellung der telegrafischen Verbindung zwischen Europa und Amerika« mit dem Adelstitel »Sir«. Das Neujahr 1892 brachte Professor Thomson die Würde eines Peers ein und somit die Mitgliedschaft im Oberhaus. Als man ihn aus diesem Anlaß beglückwünschte, empfand er eine riesige Befangenheit. Die Überraschung war so groß, daß er auf die Schnelle nicht zu entscheiden vermochte, welchen Namen er für den Titel eines Lords wählen sollte. Man muß wissen, daß die Verleihung des Titels eines Lords mit einer Änderung des Familiennamens verbunden ist.

Erst mußte der Familienrat zu einer Sitzung zusammentreten,

um den entsprechenden Beinamen auszuwählen. Es wurde eine Unmenge ernstzunehmender und weniger ernstzunehmender Einfälle und Vorschläge eingereicht: Lord Kompaß, Lord Kabel... Schließlich meldete sich Thomsons Gattin zu Wort: »Und warum eigentlich nicht Lord Kelvin?«

Kelvin ist ein bezauberndes Fließchen, das an der Glasgower Universität vorbeifließt und stellenweise kleine Seen bildet, auf denen Schwäne und Wildenten umherschwimmen. Es blieb also dabei, daß er »Lord Kelvin« wurde.

Thomson, der am Familienrat nicht teilgenommen hatte, dachte – als ob es ihn gar nicht beträfe –: »Und warum eigentlich nicht? In der Tiefe meines Herzens war ich doch stets Seemann...«



JOHANN
HEINRICH LAMBERT

Lambert (la) ist eine veraltete Einheit der Leuchtdichte, die vor allem im angloamerikanischen Sprachraum verwendet wurde. Sie wurde zu Ehren des deutschen Philosophen, Mathematikers, Physikers und Astronomen Johann Heinrich Lambert benannt.

Definition:

Das Lambert ist die Leuchtdichte einer Fläche von 1 cm^2 , die einen Lichtstrom von 1 lm (Lumen) in einen (hemisphärischen) Raum von $2 \pi \text{ sr}$ ausstrahlt.

Anmerkung:

Lambert ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und findet bei uns keine Anwendung. Die SI-Einheit der Leuchtdichte ist die Candela je Quadratmeter (cd/m^2). Das ist die Leuchtdichte der Fläche 1 m^2 , die in Richtung der Flächennormalen mit der Lichtstärke 1 cd leuchtet.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ la} = \frac{1}{\pi} \text{ cd}/\text{cm}^2 = 3183 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$

Johann Heinrich Lambert wurde am 26. August 1728 in der elsässischen Kleinstadt Mühlhausen als Sohn eines Schneiders geboren. Die Lehrer schlugen ihn für die Priesterlaufbahn vor; er erhielt jedoch keine Unterstützung vom Magistrat, und so mußte er das Handwerk seines Vaters erlernen.

Das Verlangen nach Bildung führte ihn zu einer Anstellung in der Kanzlei des Stadtschreibers und zu einem verstärkten Bücherstudium. Als Siebzehnjähriger ging er nach Basel, wo er eine Stelle beim Advokaten Iselin antrat. Die schweizerische Familie nahm ihn wie ihren eigenen Sohn auf, und er fand neben der Arbeit ausreichend Zeit für das weitere Studium, wobei er philosophische und juristische Werke bevorzugte.

Später ging er auf Empfehlung Iselins nach Chur zum Grafen von Salis, um die Erziehung von dessen Enkel und zwei weiteren Verwandten zu übernehmen. Hier blieb er acht Jahre und schloß seine Bildung ab. Dann unternahm er mit seinen Zöglingen mehrere Reisen, die ihn nach Göttingen, Utrecht, Haag und schließlich nach Paris führten, wo er mit dem prominenten Philosophen und Mathematiker d'Alembert bekannt wurde.

Im Jahre 1758 kam Lamberts erstes Buch „Die Eigenschaften der Lichtbahn in der Luft“ in französischer Sprache heraus, und ein Jahr später veröffentlichte er das Werk „Die freie Perspektive“. Im Jahre 1760 machte er sich durch seine lateinisch geschriebene „Photometrie“ einen Namen unter den Physikern – ungeachtet der Tatsache, daß er kein allzu geschickter Experimentator war und primitive Methoden anwendete.

In dieser Zeit hielt er sich in Augsburg auf, wo er mit der neugegründeten Münchner Akademie, die ihn für ständig an sich binden wollte, ergebnislose Verhandlungen führte über eine Mitgliedschaft ohne Verpflichtungen, die ihn an die Stadt fesseln. Hier gab er im Jahre 1761 folgende weitere Werke heraus: „Über die Eigenschaften der Bewegung der Kometen“ und „Kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues“.

Im Winter 1763 begab er sich nach Leipzig, wo er „Das neue Organon“ veröffentlichte. Von Leipzig ging er nach Berlin. Dort wurde er im Jahre 1765 ordentliches Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften mit einem Jahresgehalt von 500 Reichstalern. Das Gehalt wurde später auf 1100 Taler erhöht. Gleichzeitig wurde ihm der Titel eines Oberbaurates verliehen mit der Aufgabe, sich um die Förderung der Landwirtschaft zu kümmern. Im neuen Amt fand er nun zur Genüge Freizeit, um sich der wissenschaftlichen Arbeit zu widmen. Aus diesen Jahren stammt das vierbändige mathematische Werk „Beiträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung“, das er im Jahre 1772 abschloß.

Lamberts vielseitige Arbeit, der er sich seit seiner frühen Jugend ununterbrochen mit großer Intensität hingab, blieb nicht ohne Folgen für seine Gesundheit. 21 selbständige Werke (davon erschienen fünf erst nach seinem Tode) und eine große Anzahl von Schriften und Abhandlungen auf mehreren Wissensgebieten zeugen von seiner universalen Bildung, die er als Autodidakt erworben hatte.

Im Jahre 1775 erkrankte er an Tuberkulose, ohne daß er jedoch in seiner Tätigkeit erlahmte. Sein Gesundheitszustand verschlechterte sich ständig, und ein Schlaganfall ereilte ihn inmitten angestrengter Arbeit. Er starb am 25. September 1777 in Berlin.

* * *

Im Februar des Jahres 1764 kam Lambert nach Berlin. Auch hier änderte er seine Lebensweise nicht, die von außerordentlicher Strebsamkeit und Arbeitseifer zeugte.

Gewöhnlich arbeitete er von 5 Uhr früh bis zum Mittag und von 14 Uhr bis um Mitternacht, wobei er während dieser Zeit keinerlei Zerstreuung oder Erholung suchte, von kurzen Spaziergängen abgesehen, wenn schönes Wetter herrschte.

Die Wissenschaft und die Kunst erfreuten sich in dieser Zeit einer allseitigen Förderung des Herrschers Friedrich »des Großen«, der selbst gebildet war und sich insbesondere mit Philosophie und Literatur befaßte.

Es verwunderte nicht, daß er bald den Wunsch verspürte, den hervorragenden Gelehrten, von dessen Genialität die Gerüchte bis an den Hof des Königs drangen, persönlich kennenzulernen.

Bald hatte der König die Möglichkeit, sich nicht nur von der Gelehrsamkeit, sondern auch vom originellen Charakter Lamberts zu überzeugen, der selbst überhaupt nicht zurückhaltend war.

»Herr Johann Heinrich Lambert«, meldete mit klangvoller Stimme der Diener und trat zurück, damit Lambert eintreten konnte.

Die Audienz beim König begann. Lambert verneigte sich schweigend vor dem König und wartete, bis dieser ihn ansprach.

»Guten Abend, mein Herr!« kam ihm der König entgegen. Nach einigen Höflichkeiten fragte er: »Machen Sie mir das Vergügen, mir zu sagen, welche Wissenschaften Sie besonders erlernt haben.«

»Alle«, antwortete Lambert kurz.

»Sie sind also auch ein geschickter Mathematiker?«

»Ja.«

»Und welcher Professor hat Sie in der Mathematik unterrichtet?«

»Ich selbst!«

Der König wurde sich bewußt, daß Lambert seinem Ruf nichts schuldig blieb, und fragte erheitert: »Sie sind demnach ein zweiter Pascal?«

»Ja, Ihre Majestät«, antwortete Lambert, ohne zu überlegen.

Dieses selbstsichere Auftreten gefiel dem König, und offensichtlich enttäuschte ihn Lambert auch durch tatsächliche Sachkenntnis nicht, denn am Ende der Audienz gab er die Anweisung, daß man Lambert zum ordentlichen Mitglied der Berliner Akademie ernennen solle.

Die Ernennung ließ jedoch lange auf sich warten, und Lambert

zeigte sich ungeduldig. Als ihm ein Hofrat versicherte, daß der König die Ernennung ganz sicher unterschreiben werde, zur Zeit jedoch sehr wenig Zeit hätte, bedeutete Lambert:

»O, mein Herr, das bereitet mir keine Sorgen. Es geht mir um seinen Ruhm, denn wenn er mich nicht ernennen würde, wäre das ein Makel in der Geschichte seiner Herrschaft.«

Später ernannte Friedrich der Große Lambert außerdem zum Oberbaurat im Neuen Kollegium für Bauwesen, wodurch sich seine Lage wesentlich besserte.

Bei seinem Antritt in das neue Amt wandte er sich mit folgenden ironischen Worten an die entsetzten Minister:

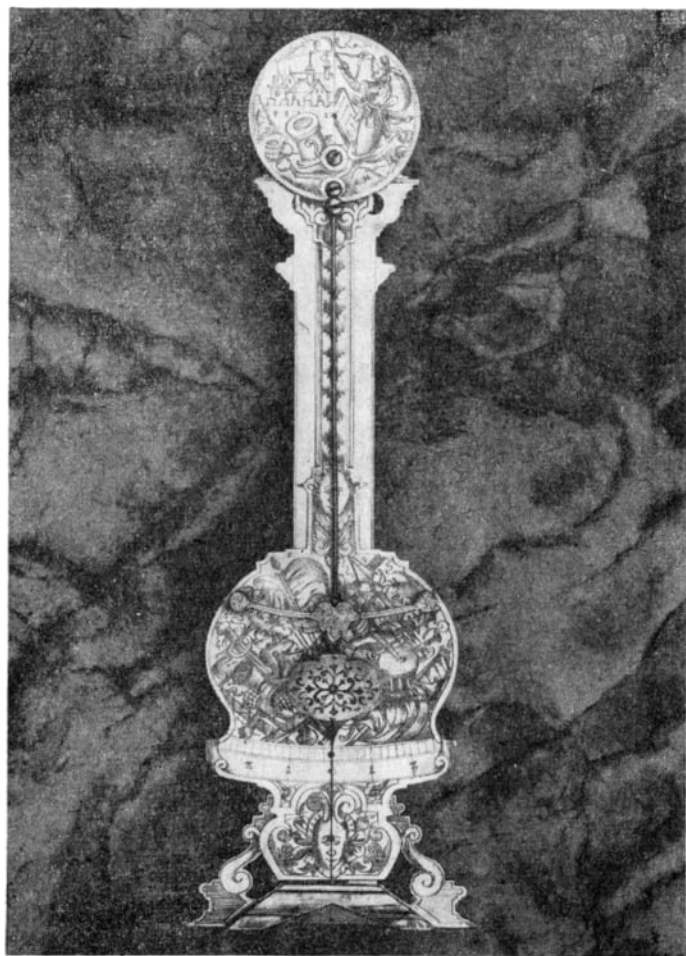
»Meine Herren, ich hoffe, daß Ihr von mir nicht erwartet, ich würde Eure nichtigen Baurechnungen durchsehen. Das ist eine Arbeit, die jeder beliebige Gehilfe erledigen kann, ohne daß ich meine Zeit dafür verschwende.

Wenn es Euch jedoch widerfahren sollte, daß Ihr in Schwierigkeiten geratet, dann schickt mir die Angelegenheit zu, und ich werde Euch gern die Lösung suchen helfen.«

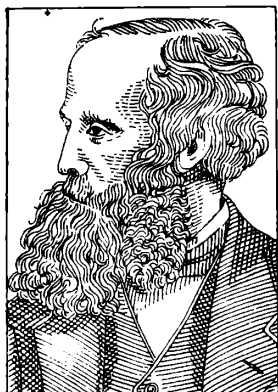
In die Stille, die nach diesen kühnen Worten eingetreten war, fügte Lambert noch erläuternd hinzu:

»Ich denke, daß ich Euch das sagen mußte, damit Ihr nicht zu der irrigen Auffassung gelangt, ich hätte eine Stellung annehmen können, deren Verpflichtungen mich auf das Niveau Eurer Schreiber erniedrigen!«

Als Lambert diese Worte sprach, war er zwar erst 37 Jahre alt, aber er war bereits ein bekannter Gelehrter. Denn erst ein Jahr zuvor hatte er in Leipzig sein dreibändiges Werk »Das neue Organon oder Gedanken über die Erforschung und Bezeichnung des Wahren und dessen Unterscheidung von Irrtum und Schein« herausgebracht, das selbst der berühmte Philosoph Immanuel Kant hoch einschätzte.



Geschützaufsatz (1591)



JAMES CLERK MAXWELL

Maxwell (M) ist eine alte **Einheit** des magnetischen Flusses. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers James Clerk Maxwell benannt.

Definition:

Das **Maxwell** ist der magnetische Fluß, der eine Fläche von 1 cm^2 , die senkrecht zu den magnetischen Feldlinien angeordnet ist, bei einer magnetischen Induktion von 1 G durchflutet.

Anmerkung:

Maxwell ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und findet bei uns keine Anwendung. Die SI-Einheit des magnetischen Flusses ist das Weber (siehe unter Wb). Als Einheitenzeichen wurde auch Mx benutzt.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ M} = 1 \text{ Mx} = 1 \text{ G} \cdot \text{cm}^2 = 10^{-8} \text{ Wb}$

James Clerk Maxwell wurde am 13. Juni 1831 in Glenlair in Schottland als Sohn eines Juristen geboren. Die Mittelschulbildung erwarb er an der Akademie in Edinburgh. Bereits als Fünfzehnjähriger legte er der Edinburgher Royal Society seine erste Arbeit „Über das mechanische Zeichnen von Ovalen“ vor. Im Jahre 1847 begann er, Mathematik und Physik an der Universität in Edinburgh zu studieren, und setzte dann sein Studium in Cambridge fort, das er mit dem Grad eines Bakkalaureus abschloß.

Im Jahre 1856 begann er in Aberdeen seine Physikvorlesungen an der dortigen Universität, später wurde er Professor für Physik und Astronomie am King's College in London. Im gleichen Jahre veröffentlichte er seine erste Arbeit auf dem Gebiet des Elektromagnetismus, unterbrach jedoch diese Forschungen für die Zeit des Aufenthalts in Aberdeen. Er veröffentlichte einige Artikel über physiologische Optik, für die ihm im Jahre 1860 die Londoner Royal Society die Rumford-Medaille verlieh. Er befaßte sich außerdem mit der Erforschung der Saturnringe und wurde dafür mit dem nach einem englischen Astronomen benannten Adams-Preis ausgezeichnet.

Maxwell hat große Verdienste um die Entwicklung der kinetischen Gastheorie. Er entdeckte die statistische Gesetzmäßigkeit in der Gastheorie, und spätere Arbeiten auf diesem Gebiet wiesen ihre allgemeine Gültigkeit nach. Die Ergebnisse seiner Forschungstätigkeit zur kinetischen Gastheorie faßte er im Werk „Theorie der Wärme“ zusammen, das er 1871 veröffentlichte.

Im Jahre 1865 überstand er eine schwere Krankheit und zog sich zu einem mehrjährigen Genesungsaufenthalt auf das Familiengut nach Schottland zurück, wo er sich ausschließlich der wissenschaftlichen Arbeit widmete. Hier begann er, sein berühmtes Werk „Abhandlung über Elektrizität und Magnetismus“ zu schreiben.

Aber schon in den vorangegangenen Arbeiten hatte Maxwell den Begriff des Verschiebungsstromes im Dielektrikum eingeführt und ein mechanisches Modell des elektrischen Feldes

entworfen. In der Arbeit „Dynamische Theorie des elektromagnetischen Feldes“ lieferte er eine vollständige mathematische Formulierung der Theorie des elektromagnetischen Feldes. Aus dieser Theorie ergibt sich die Existenz elektromagnetischer Wellen. Die größte Bedeutung in dieser Arbeit hat jedoch die mathematisch erarbeitete elektromagnetische Theorie des Lichtes.

Maxwell wies darauf hin, daß die Schwingungen in einer elektromagnetischen Welle transversal sind; dazu berechnete er die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen. Nach einem Vergleich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen mit der Lichtgeschwindigkeit kam er zu dem Schluß, daß die „Übereinstimmung der Ergebnisse offenkundlich nachweist, daß das Licht und der Elektromagnetismus Ausdruck der Eigenschaften ein und derselben Substanz sind und daß das Licht eine elektromagnetische Erregung darstellt, die sich in Übereinstimmung mit den Gesetzen des Elektromagnetismus über das Feld ausbreitet“.

Im Jahre 1871 nahm Maxwell die Stelle eines Professors für Experimentalphysik an der Universität in Cambridge an. Maxwell machte sich dadurch verdient, daß er hier das weltbekannte physikalische Cavendish-Laboratorium aufbaute, dessen erster Leiter er dann wurde. Im Jahre 1873 kamen zwei Teile der „Abhandlung über Elektrizität und Magnetismus“ heraus, in der er alles das verallgemeinerte, was vor ihm gefunden worden war und was er selbst auf dem Gebiet des Elektromagnetismus erarbeitet hatte. Sein Verdienst ist es in erster Linie, daß sich in der Physik der Gedanke von der Wesensgleichheit des Lichtes und der elektromagnetischen Wellen durchsetzte. Auch wenn sich seine Vorstellung vom elektromagnetischen Feld als von einem „elastischen Äther“ später als nicht vertretbar erwies, hatte sie dennoch ihre Bedeutung für die schnelle Entwicklung und Lösung der theoretischen Probleme der Physik.

Nach 1873 verschlechterte sich der Gesundheitszustand Maxwells. Er starb am 5. November 1879 in Cambridge.

Obwohl es bereits Mai war, zwangen der kalte Wind und der Regen die Passanten, sich enger in ihre Mäntel zu hüllen. Das ungünstige Wetter erregte keine besondere Verärgerung. Die Londoner hatten sich schon an die Launen des Wetters gewöhnt.

Vor einem Haus mit einer reichen Kolonnade in der Albemarle Street trafen Kutschen ein. Sie brachten würdige, ältere Herren, während jüngere mit und ohne Ehegatten zu Fuß herbeieilten. Plakate am Giebel des Gebäudes verkündeten, daß heute in der Londoner Royal Society James Clerk Maxwell, Physikprofessor am King's College, eine Vorlesung halten wird. Das Thema der Vorlesung »Über die Theorie der drei Grundfarben« lockte die Elite des englischen wissenschaftlichen Lebens an, so daß sich der Saal bis auf den letzten Platz füllte.

Und gerade auf dieser Vorlesung entschloß sich Maxwell, den endgültigen Beweis für die Richtigkeit seiner Dreikomponenten-Theorie anzutreten. Schon seit langem war bekannt, daß alle Farben und Farbtöne durch die Zusammenlegung der drei sogenannten Grundfarben geschaffen werden können. Es ging nur darum, welche drei Farben als Grundfarben anzusehen sind, denn darüber gingen die Meinungen der Gelehrten auseinander.

Maxwell bat Thomas Sutton, einen der erfahrensten Fotografen der damaligen Zeit und Redakteur des Büchleins »Bemerkungen über die Fotografie«, um Hilfe. Der Vorschlag, eine Farbfotografie anzufertigen, überraschte Sutton derart, daß er ihn, ohne zu überlegen, ablehnte. Maxwell kostete es viel Mühe und Zeit, bevor er den berühmten Fotografen für seinen Versuch gewinnen konnte.

Man entschloß sich, eine Schleife zu fotografieren, die aus einem dreifarbigem Band gebunden und vor einem Hintergrund aus schwarzem Samt angebracht war. Sie arbeiteten bei grellem Sonnenlicht und wiederholten die Aufnahme dreimal: jedesmal durch ein anderes Filter. Als Filter diente ihnen ein flaches Glasgefäß. Das erstemal füllten sie es mit Kupferchloridlösung, die eine hellgrüne Farbe aufwies. Für die zweite Aufnahme verwendeten sie eine bläuliche Kupfersulfatlösung. Das dritte

Negativ stellten sie durch eine rote Eisenthiozyanatlösung her.

Im Hörsaal sind drei große Lampen aufgestellt und an ihnen schwere Glaspositive der Aufnahmen befestigt worden. Vor der Linse jeder Lampe wurden die gleichen Filter vorbereitet, die beim Fotografieren Verwendung fanden: ein rotes, ein bläuliches und ein grünes.

Maxwell erläuterte gerade den anwesenden Damen und Herren das Wesen seiner Dreikomponenten-Theorie. Sie gipfelte in der Schlußfolgerung, daß als Grundfarben, mit deren Hilfe man alle übrigen schaffen kann, eben rot, bläulich und grün anzusehen sind.

Bedarf es eines Nachweises? Bitte! Maxwell gibt Sutton und den Assistenten ein Zeichen, die Brenner des Drummondschen Lichtes anzuzünden. Die Lampen flammten auf und spendeten weißes, ein wenig bläuliches Licht.

Jetzt kommt der entscheidende Augenblick. Plötzlich ergießen sich die roten Strahlen der ersten Lampe über den Saal, dann huschen grüne und bläuliche durch die Luft. Drei farbige Bilder werden derart auf die weiße Leinwand projiziert, daß sie genau übereinanderfallen, und siehe da...

Alle sehen die farbige, völlig natürliche Abbildung einer Schleife aus einem dreifarbigem Band, als hätte sie der Pinsel eines Künstlers mit klaren Farben gemalt.

Der Beifallssturm bedeutet einen vollen Triumph der Dreikomponenten-Theorie der Farben. In dem Wirrwarr der begeisterten Gratulanten ahnt nicht einmal Maxwell selbst, daß dieser Tag, der 17. Mai 1861, nicht wegen der Dreikomponenten-Theorie, sondern deshalb zu einem denkwürdigen Tag wird, weil man anläßlich der Beweisführung der Dreikomponenten-Theorie der Welt zum erstenmal die Farbfotografie vorführte!

* * *

Hundert Jahre später fand in London aus Anlaß des Jahrestages der ersten Vorführung der Farbfotografie eine wissenschaftliche Konferenz statt.

Den Wissenschaftlern war es, wie einem Wunder gleich, gelungen, die erhalten gebliebenen Maxwellschen Negative zu beschaffen. Sie gingen daran, die Bedingungen des Versuchs getreu nachzubilden. Die Spezialisten mußten besondere fotografische Platten mit geringer Empfindlichkeit und unwahrscheinlich schlechten Farbeigenschaften vorbereiten. Die Chemiker mischten Lösungen der gleichen Salze als FarbfILTER.

Das Versuchsergebnis war verblüffend. Die Wissenschaftler kamen zu der Schlußfolgerung, daß es bei den damals zugänglichen fotografischen Materialien prinzipiell unmöglich gewesen war, eine Farbfotografie vorzuführen! Suttons fotografische Platten waren absolut unempfindlich gegenüber der grünen Farbe und ebenso auch gegenüber der roten...

Nur, Maxwell hat die Farbfotografie doch tatsächlich vorgeführt. Das geschah in Anwesenheit der Stützen englischen wissenschaftlichen Denkens. Daher mußte man weiter suchen, und die Bemühung wurde schließlich durch die Erklärung des Phänomens gekrönt: Maxwell wußte nicht, daß er eigentlich im bläulichen und unsichtbaren ultravioletten Licht fotografiert hatte. Die dritte Komponente war das grüne Licht, das »im Innern des bläulichen« vorkam. An Stelle der Dreiergruppe von Grundfarben, an deren Zusammensetzung Maxwell experimentierte, ruft den Effekt bei der Farbfotografie eine völlig andere Dreiergruppe von Farben hervor!

Somit war es Maxwell, begünstigt durch ein fast unwahrscheinlich glückliches Zusammenspiel von Umständen, gelungen, die Farbfotografie um mindestens fünfzehn Jahre früher vorzuführen, als das durch die Schaffung neuer fotografischer Emulsionen überhaupt praktisch möglich wurde.

Maxwell war damals dreißig Jahre alt. Er war jung, energisch und kühn. In diesen Jahren gelang ihm auch Unmögliches...

In das physikalische Cavendish-Laboratorium an der Universität in Cambridge ging Maxwell jeden Tag. Er stattete allen einen Besuch ab, blieb aber nur kurze Zeit. In eigene Gedanken vertieft wie nie zuvor, hörte er nicht einmal die Studenten, die sich mit Fragen an ihn wandten. Daher war es für einen Studenten stets eine angenehme Überraschung, wenn sich der Professor am nächsten Tag zu ihm stellte.

»Übrigens, Sie haben mir gestern eine Frage gestellt, ich habe darüber nachgedacht und kann Ihnen sagen, daß...«

Es bedarf keiner Betonung, daß die Antwort immer erschöpfend war. Er war jedoch stets bestrebt, daß die Studenten in dem, was er ihnen riet, nichts Verbindliches sahen. Nur einen Rat.

Um seinen Besuchen einen weniger offiziellen Anstrich zu geben, erschien er fast immer mit seinem Hund im Laboratorium. Er nannte ihn Tobi und hatte ihn noch aus Glenlair mitgebracht.

»Ich fühle mich ungewöhnlich dumm, wenn ich ohne Hund spazieren gehe«, pflegte er zu sagen.

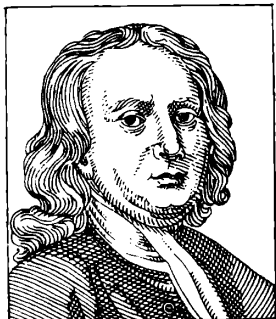
Tobi kannte sich ausgezeichnet im Laboratorium aus. Wenn dicht neben ihm elektrische Entladungen prasselten, knurrte er und gab seinem Unwillen Ausdruck. Er gab sich erst dann zufrieden, wenn Herrchen ihn streichelte. Herrchen durfte alles, ihm sogar Elektroden im Genick befestigen. Bei dieser Operation knurrte Tobi nur ganz leise, aber bloß zum Schein.

Als irgend jemand in den »Anmerkungen« von Henry Cavendish gelesen hatte, daß das Hundefell bei der Reibung stärkere elektrische Entladungen hervorruft als das Katzenfell, mußte Tobi im Laboratorium die Ehre des gesamten Hundegeschlechts verteidigen. Man setzte ihn auf eine isolierte Unterlage und rieb ihn mit einem Katzenfell. Tobi ließ das seines Herrchens wegen mit sich geschehen und hoffte insgeheim, daß das einmal ein Ende findet.

»Besser ein lebendiger Hund als ein toter Löwe!« sagte Maxwell eines Tages und unterbrach die Experimente mit seinem Liebling. Allerdings geschah das erst, nachdem erwiesen war, daß Cavendish recht gehabt hatte.

Nur Tobi genoß das Privileg, im Raum sein zu dürfen; wenn

sich Herrchen mit eigenen Versuchen befaßte. Maxwell arbeitete mit Feuereifer, oft vergaß er alles um sich herum. Bei der Arbeit pfiff er gewöhnlich. Und wenn er in Gedanken versunken war, ließ er unwillkürlich die Hand dorthin sinken, wo der Hund saß. Er streichelte ihn und sprach ihn mit leiser Stimme an: »Tobi... Tobi... Tobi...«



ISAAC NEWTON

Newton (N) ist die SI-Einheit der Kraft. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers und Mathematikers Isaac Newton benannt.

Definition:

Das Newton ist die Kraft, die der Masse 1 kg in der Wirkungsrichtung der Kraft die Beschleunigung 1 m/s^2 erteilt.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

Isaac Newton wurde am 4. Januar 1643¹⁾ in Woolsthorpe an der Ostküste Englands geboren. Sein Vater, ein Landpächter, starb kurz vor der Geburt Isaacs, dessen Erziehung die Großmutter übernahm.

Die Mittelschule besuchte er im nahegelegenen Grantham. Der junge Isaac baute sich mit Vorliebe kompliziertes mechanisches Spielzeug, Modelle, schliff Spiegel und Linsen, befaßte sich mit Chemie und zeichnete gern. Als achtzehnjähriger junger Mann ließ er sich am Trinity College in Cambridge immatrikulieren, wo er neben dem Studium durch Hilfsarbeiten an der Universität etwas Geld verdiente. Er studierte Mathematik, Physik, Theologie und klassische Sprachen. Im Jahre 1665 erlangte er den Grad eines Bakkalaureus und wurde drei Jahre später Magister.

Bereits als Student machte er durch eine ungewöhnliche Selbständigkeit und Originalität in der Arbeit auf sich aufmerksam. Zu seinen ersten Forschungsarbeiten gehörten die Entwicklung der Methode der unendlichen Reihen, die Berechnung der Fläche einer Hyperbel auf 52 Stellen und später die Entwicklung der Lehre vom Rechnen mit unendlich kleinen Zahlen, d. h. die Entwicklung der Differential- und Integralrechnung.

Im Jahre 1669 wurde der junge Newton Professor für Mathematik und hielt fast siebenundzwanzig Jahre lang Vorlesungen am Trinity College. Die Stellung als Professor war nicht allzu anspruchsvoll und ermöglichte ihm, in der reichlichen Freizeit sich der Forschung zu widmen.

In den ersten Jahren seiner wissenschaftlichen Tätigkeit interessierte Newton die Optik, in der er viele Entdeckungen machte. Durch die Zerlegung des weißen Lichtes wies er nach, daß es sich aus einem Farbspektrum zusammensetzt, er erklärte die Farbe von Gegenständen und fertigte eigenhändig das erste Spiegelteleskop. Es vergrößerte etwa vierzigfach; Newton schenkte es im Jahre 1671 der Royal Society

¹⁾ nach dem alten Julianischen Kalender (vgl. Fußnote zu Gb) am 25. Dezember 1642

in London, die ihn ein Jahr später zu ihrem Mitglied wählte. Weiterhin entdeckte er die Interferenz des Lichtes, eine Erscheinung, die heute als sogenannte Newtonsche Ringe bekannt ist, und entwickelte die Korpuskulartheorie, nach der das Licht ein Strom kleinster Teilchen ist. Alle seine Untersuchungen über das Licht faßte er in der dreibändigen „Optik“ zusammen, die erst im Jahre 1704 erschien.

Ab 1676 begann er, sich mit dem Studium der Mechanik zu befassen. Die grundlegenden Entdeckungen in der Mechanik legte Newton in seinem monumentalen Werk „Mathematische Grundlagen der Naturwissenschaft“¹⁾ dar. Die ersten zwei Bände befassen sich mit der theoretischen Mechanik, während der dritte Band der Himmelsmechanik gewidmet ist. Newton sprach hier seine berühmten Axiome der Bewegung aus, jedoch ist das ursprüngliche Ziel dieses Werkes der Nachweis des Gravitationsgesetzes, das aus der Anwendung der Axiome der Mechanik auf die Bewegung der Himmelskörper resultiert.

In den „Prinzipien“ war alles das zusammengefaßt, was über die einfachsten Formen der Bewegung der Materie im Verlaufe der vorausgegangenen Jahrtausende ermittelt worden war. Auch die großen Newtonschen Entdeckungen waren in Wirklichkeit die Vollendung der Forschungsarbeit mehrerer Gelehrter. Newton selbst sagte über seine Erfolge: „Wenn ich etwas weiter sah als andere, so deshalb, weil ich auf den Schultern von Riesen stand.“

Newtons Lehre von Raum, Zeit und Kraft hatte einen gewaltigen Einfluß auf die Entwicklung der Physik, und erst die Entdeckungen des 20. Jahrhunderts – insbesondere die von Planck und Einstein – zeigten die Grenzen der Gesetze, auf denen die Newtonsche klassische Mechanik aufbaute. Ungeachtet dieser Tatsache behielt die klassische Mechanik jedoch ihren großen Einfluß und große Bedeutung auf allen praktisch wichtigen Gebieten.

¹ bekannt als „Prinzipien“ nach dem Originaltitel „Philosophiae naturalis principia mathematica“

Im Jahre 1696 bot man Newton für seine Verdienste die besser bezahlte Stelle eines königlichen Münzwarts an, und im Jahre 1701 verzichtete er auf die Professorenstellung am Trinity College. Zwei Jahre später berief man ihn zum Präsidenten der Londoner Royal Society, der er bis an sein Lebensende blieb. 1705 erhob ihn Königin Anna in den Adelsstand.

In den letzten Jahren seines Lebens redigierte er erneut seine Arbeiten und schrieb das historisch-theologische Werk „Chronologica“. Ungeachtet seines großen Ruhms blieb er sein ganzes Leben lang ein bescheidener und einfacher Mensch. Die Hauswirtschaft führte ihm seine Nichte. Er starb am 31. März 1727¹) in Kensington und wurde in der Westminster-Abtei beigesetzt.

* * *

Das Wetter war so, daß man nicht einmal einen Hund vor die Tür jagen mochte; es schneite, und die Flocken waren so groß wie Taubeneier, der Wind heulte, und unter seinen Stößen verschlug es einem den Atem. In der Abenddämmerung und im Nebel wurde die aufgeweichte Landstraße unpassierbar, und so waren die Bänke, Stühle und Sessel des an der Landstraße gelegenen Gasthauses von Reisenden besetzt, die der Schneesturm auf ihrer Reise überrascht hatte.

Am Tisch beim großen Kamin, in dem ein Feuer lustig knisterte, hatten vier Reisende Platz genommen. Drei von ihnen begannen sofort ein Gespräch, während der vierte offensichtlich keine Anstalten machte, sich an ihren Gesprächen zu beteiligen. Er schaute ins Feuer, die Flammen erleuchteten sein längliches Gesicht, die nicht gerade kleine Nase und die ruhigen Augen. Er schien völlig versunken in die Welt seiner eigenen Gedanken, und nur von Zeit zu Zeit schien es, als wolle er sich am Gespräch beteiligen, aber dann hüllte er sich erneut in Schweigen.

¹ am 20. März 1727 alten Stils

»Ich bin kein Dummkopf«, sagte der Untersetzte, ein Farmer mit rotem Gesicht. »Ich habe hier und dort schon etwas gehört und gelesen.«

»Oh, Herr Digby hat eine schöne Bibliothek«, mischte sich mit einem schmeichlerischen Lächeln sein Freund in das Gespräch ein.

»Unterbrich mich nicht, Bell! Worüber habe ich gerade gesprochen? Aha, ich war ab und zu im Trinity College¹). Zwar nur kurz, aber einige Male habe ich dort doch wissenschaftliche Luft geschnuppert...

Ich habe die lateinische Sprache nicht völlig vergessen, so daß ich schon hin und wieder einen Blick in ein ernsteres Buch werfen kann. Ich kann mich daher mit Euch nicht einverstanden erklären, daß die Theorie des heliozentrischen Systems eine solch große Sensation sein soll. Woher denn, Nikolaus Kopernikus kam mit diesem Einfall nicht als erster.«

»Ich habe nicht im Sinn, Euch zu widersprechen, Herr Digby«, sagte mit leiser Stimme der dritte Tischnachbar. »Vor Kopernikus existierten sicherlich Theorien, die dem Ptolemäischen System widersprachen. Nur hat sie keiner der Schöpfer und Anhänger jener Theorien ausreichend mit mathematischen Beweisführungen oder durch Beobachtungen untermauert.«

»Kein einziger!« Herr Bell hob dabei bedeutungsvoll den Zeigefinger.

Herr Digby wollte etwas entgegnen, als ein Diener zu ihnen trat.

»Sir...«, begann er. Als er wegging, fragte Bell ihn leise: »Wer ist das?«

»Sir Charles Montague und...«, der Diener konnte seine Antwort nicht beenden, denn er wurde wieder von irgend jemandem gerufen.

»Sir Charles Montague! Der Freund von Sir Isaac Newton!« rief Bell aus und vollführte eine tiefe Verbeugung.

»Welch eine Auszeichnung, Mylord!«

¹ Eine der wissenschaftlichen Institutionen, die zur Universität von Cambridge gehören.

»Nur keine Formalitäten, meine Herren«, wehrte Sir Charles mit einem Lächeln ab. »Ich hoffe, daß wir das Gespräch fortsetzen können?«

»Selbstverständlich«, beeilte sich Digby, »natürlich, wenn... Hm! Wenn einen solch gelehrten Herrn ein Gespräch mit uns nicht langweilen wird. Nun, ach was soll's«, er wies zum Fenster hin, »wir müssen ohnehin hier sitzen. Denn man möchte nicht einmal einen Hund vor die Tür jagen...«

»Habt Ihr sie gelesen, Herr...«

»Digby, bitte...«

»... Herr Digby, die Newtonschen Werke?« fragte Sir Charles.

»Ich bin kein Mathematiker. Ich habe mich durch sein erstes Buch »Philosophiae naturalis principia mathematica« gekämpft, nur schien es mir trotz der Behauptung des Autors, daß seine mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie allgemeinverständlich abgefaßt sind, allzu mathematisch.«

»Mathematisch!« pflichtete Bell bei.

»Misch dich nicht ein, Bell! Ja, Sir Isaac ist ein kluger Kopf, aber sein »populäres« Buch ist nur für Eingeweihte. Das zweite Buch hat mich völlig im unklaren gelassen.«

Der vierte Reisende am Kamin wurde aufmerksam. Es schien, als interessiere ihn das Gespräch.

»Nun, ich wundere mich nicht einmal darüber«, lachte Sir Charles. »Allerdings ist es schade, daß Ihr es nicht gelesen habt, und besonders das dritte, in dem Argumente enthalten sind, die die Kopernikanische Theorie bestätigen.«

»Ja, ja, davon haben wir gerade gesprochen. Aber... würdet Ihr uns nicht vielleicht etwas sagen, Mylord... nun, wie soll ich das... etwas Näheres über die Theorie von Kopernikus und über das Werk vor Sir Isaac?«

»Sehr gern, wenn das die Herren interessiert...«

»Es interessiert«, meldete sich Bell.

»Ruhig, Bell!« erzürnte sich Digby. »Unterbrich nicht ständig! Wir hören, Mylord.«

Sir Charles schaute unauffällig zum vierten Reisenden beim Kamin, lachte erheitert und begann zu erläutern. Die Tischgenossen waren eifrige Zuhörer und Gesprächspartner. Es

wurde dem Bier zugesprochen, und sie behandelten die Werke von Kopernikus, Kepler und Newton nacheinander.

Herr Bell brach plötzlich in Lachen aus. »Entschuldigt, Mylord, aber... ha, ha, ha! Ihr habt doch etwas vom Fallen erzählt... Ich kannte den Diener Sir Isaacs, und der sagte, ha, ha..., daß diese Gravitationstheorie Sir Isaac ausgedacht hat, weil ihm... ha, ha, ha... ein Apfel auf den Kopf fiel!«

»Was für ein Apfel?!«

»Ich werde Euch antworten, Herr Digby«, beruhigte ihn Sir Charles. »In der Tat, Sir Isaac erzählte, daß die Tatsache, die seine Gedanken auf die Probleme der Anziehungskraft lenkte, die Vorstellung von einem fallenden Apfel war. So wie die Anziehungskraft das Fallen des Apfels verursacht, so verursacht die Anziehungskraft zwischen den Planeten und der Sonne die Bahnkrümmung der Planeten und die Änderung ihrer Geschwindigkeit. Ja, schließlich zieht die Sonne die Planeten an, und da jede Aktion eine Reaktion zur Folge hat, so ziehen auch die Planeten die Sonne an!«

»Aber... Ihr spottet über mich! Die Sonne und die Planeten ziehen sich an, dann müßten sie doch aufeinander fallen! Der Apfel fällt zur Erde, aber die Erde fällt nicht auf die Sonne!«

»Und trotzdem ›fällt‹ die Erde auf die Sonne. Die Bahnkrümmung stellt eigentlich dieses ständige Fallen dar.

Ihr wollt gewiß erfahren, warum kein Zusammenstoß erfolgt?«

Herr Digby nickte eifrig.

»Denn der Planet bewegt sich selbständig infolge der Eigenbewegung, die, wie wir bereits festgestellt haben, geradlinig wäre, existierte die Anziehungskraft der Sonne nicht. Infolge dessen tritt die sogenannte Zentrifugalkraft auf...«

»Ich verstehe«, rief Digby triumphierend. »Der Stein an der Leine! Sir Isaac schreibt darüber. Aber doch«, überlegte er einen Augenblick, »hat noch niemand gesehen und wird auch nie sehen, wie sich die Erde dreht!«

»Wer weiß? Es ist möglich, daß sich unsere Nachfahren von Mütterchen Erde frei machen können und sie aus dem Weltall inmitten anderer Planeten erblicken«, antwortete Sir Charles halb im Scherz und halb im Ernst.

PHILOSOPHIÆ
 NATURALIS
 PRINCIPIA
 MATHEMATICA.

Autore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
 Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
 S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
 Julii 5. 1686.

LONDINI,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apu
 plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

»Ja, ja«, brummte Digby. »Könntet Ihr noch einmal wiederholen, wie das Gravitationsgesetz lautet?«

»Zwei beliebige Körper im All ziehen sich gegenseitig mit einer Kraft an, die dem Produkt der Massen beider Körper proportional und dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional ist«, erklang die Stimme des unbekannten Reisenden, der beim Kamin Platz genommen hatte.

»Wie... Ich sehe, daß Ihr die Prinzipien kennt«, wandte sich der verwunderte Digby an ihn.

»Ich kenne sie«, entgegnete kurz der Reisende. Er erhob sich, strich sich die Haare von der Stirn und richtete die schlanke Figur auf.

»Gehen wir endlich schlafen, Charles. Entschuldigt, meine Herren.«

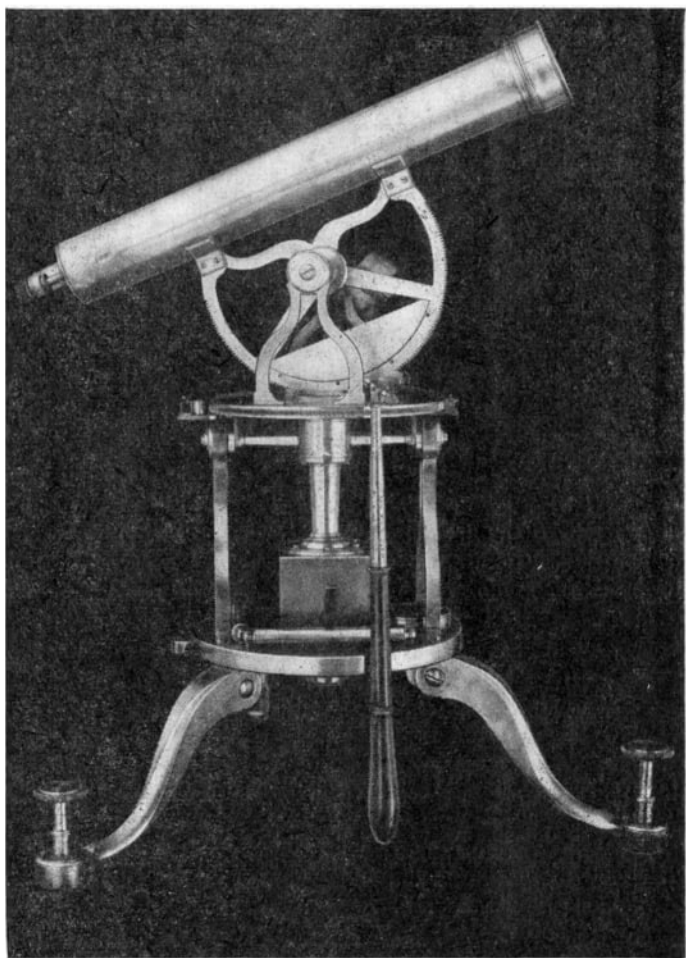
Er verbeugte sich leicht und ging davon.

»Wer ist das?« fragte Digby.

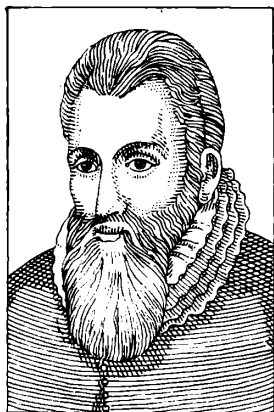
»Sir Isaac Newton«, entgegnete Sir Charles.

»Sir Isaac Newton!«

Die Herren Digby und Bell sprangen in die Höhe und starrten mit weit geöffneten Augen auf die Tür, hinter der Sir Isaac verschwand...



Vollkreisinstrument (um 1750)



JOHN NAPIER

Neper (N_p) ist ein Kennwort bzw. eine dimensionslose Einheit für den natürlichen Logarithmus einer Verhältnissgröße. Sie wurde zu Ehren des schottischen Mathematikers John Napier benannt.

Definition:

Das Neper bedeutet die Dämpfung eines Meßwertes, wenn der natürliche Logarithmus des Verhältnisses aus Meßwert und Ausgangsgröße bzw. Vergleichsgröße gleich 1 ist. Das ist gleichbedeutend damit, daß der Meßwert der 2,718te Teil der Ausgangsgröße ist.

Anmerkung:

Die Einheit Neper wird vor allem in der Nachrichtentechnik angewendet.

John Napier (auch latinisiert: Neper) wurde im Jahre 1550 in Merchiston Castle bei Edinburgh geboren. Seine Bildung erwarb er am Saint Andrews College und danach in Frankreich, Italien und Holland. Im Jahre 1571 kehrte er nach Schottland zurück, wo er heiratete und das ruhige Leben eines Landgutbesitzers führte.

Seine Freizeit widmete er religiösen Streitfragen, der Mathematik, der Astronomie und verschiedenen Erfindungen. Er führte eine ganze Reihe landwirtschaftlicher Experimente durch und entwarf verschiedenartige Kriegsausrüstungen. Im Jahre 1596 sandte er dem Staatsmann Anthony Bacon eine Handschrift, die „geheime Erfindungen, die in diesen Tagen für die Verteidigung dieser Insel gegen Fremde, gegen Feinde des Gottesglaubens und der Religion nützlich und notwendig sind“ zum Inhalt hatte. Die Handschrift befaßte sich mit Zündspiegeln, mit der Artillerie und mit einem Kampfwagen, der dem modernen Panzer ähnelte.

Napier gilt als der Erfinder der Logarithmen. Mit ihrer Ausarbeitung begann er kurz nach seiner Rückkehr nach Schottland, als er angesichts der ermüdenden Rechenoperationen seiner Zeitgenossen erschüttert war. Die Beschäftigung mit den religiösen Streitfällen unterbrach für eine gewisse Zeit seine Arbeit, aber im Jahre 1594 beendete er die Erarbeitung des Prinzips der Logarithmen. Den Rest seines Lebens verbrachte er dann mit der Entwicklung der Theorie, mit der Vereinfachung der Methoden zur Berechnung der Logarithmen und mit der Herstellung der Tafeln. Bei diesen Arbeiten entwickelte er das heutige dekadische System.

Seine Arbeit veröffentlichte er im Jahre 1614 in der Schrift „Mirifici logarithmorum canonis descriptio“. Dieses Werk enthielt Tafeln, eine Anleitung zu ihrer Verwendung, insbesondere auf dem Gebiet der Trigonometrie, und eine Erläuterung des Charakters der Logarithmen. Eine frühere Arbeit „Mirifici logarithmorum canonis constructio“ wurde erst zwei Jahre nach Napiers Tod von seinem Sohn Robert veröffentlicht. Die Logarithmen nannte er hier „künstliche Zahlen“.

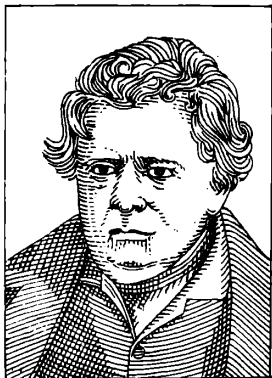
Das Werk „Descriptio“ begrüßten die Mathematiker Henry Briggs und Eduard Wright begeistert. Briggs schrieb Napier, er möchte ihn besuchen, und schlug ihm Verfahren vor, nach denen man die Grundlage der Logarithmen geeigneter entwickeln könnte. Napier stellte Überlegungen bezüglich dieser Möglichkeit an, hätte aber alle Tafeln neu berechnen müssen. Schließlich veröffentlichte Briggs laut Vereinbarung die Tafeln der dekadischen Logarithmen in den Jahren 1617 und 1624.

Zur Verbreitung der Gedanken Napiers in Europa trug Johannes Kepler bei; die Napierschen Logarithmen waren jedoch nicht die gleichen, wie wir sie heute als die Napierschen oder natürlichen Logarithmen kennen. Im Jahre 1617 veröffentlichte Napier seine „Rabdologia“, in der er erläuterte, wie die von ihm entwickelten numerierten Multiplikations- und Divisionsstäbchen zu handhaben sind. Die Methode erreichte eine große Popularität, war aber mathematisch kein Fortschritt. In dem Teil über „Lokalarithmetik“ erläuterte er sehr geistreich, wie man das Multiplizieren, Dividieren und Wurzelziehen durch das Verstellen der Figuren auf dem Schachbrett vornehmen kann.

Napiers Namen tragen auch einige Regeln der sphärischen Trigonometrie. Von wesentlicher Bedeutung für die Trigonometrie und die Astronomie waren auch die als „Napiersche Analogien“ bekannten Formeln für die Berechnung von sphärischen Dreiecken, ein Problem, das Napier eigentlich erst auf den Gedanken der Entwicklung von Logarithmen brachte.

John Napier starb am 4. April 1617 in Merchiston Castle.





GEORG SIMON OHM

Ohm (Ω) ist die SI-Einheit des elektrischen Widerstandes. Sie wurde zu Ehren des deutschen Physikers Georg Simon Ohm benannt.

Definition:

Das Ohm ist der elektrische Widerstand zwischen zwei Punkten eines homogenen und gleichmäßig temperierten metallischen Leiters, durch den bei der Spannung 1 V zwischen den beiden Punkten ein zeitlich unveränderlicher Strom der Stärke 1 A fließt.

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$$

Georg Simon Ohm wurde am 16. März 1787 in Erlangen als Sohn eines Schlossermeisters geboren. Seine Mutter starb früh. Der Vater studierte trotz ständiger Beschäftigung in der Werkstatt selbst Mathematik und Physik nach Büchern, und als der Sohn ins Gymnasium eintrat, weckte der Vater in ihm das Interesse an diesen Wissenschaften und vermittelte ihm die ersten Kenntnisse.

Als Sechzehnjähriger nahm Ohm ein Studium der Mathematik, Physik und Philosophie an der Universität in Erlangen auf, das er in Ermangelung finanzieller Mittel nach einem Jahr bereits unterbrechen mußte. Er suchte sich eine Anstellung und wurde Mathematiklehrer im schweizerischen Nidau und dann in Neuchâtel, bis er später wieder ins heimliche Erlangen zurückkehrte.

Hier beendete er sein Studium und promovierte 1811. Noch einige Zeit blieb er dann als Privatdozent an der Universität. Wegen der bescheidenen materiellen Bedingungen war er jedoch gezwungen, Erlangen erneut zu verlassen und eine Stelle als Professor für Physik und Mathematik am Realgymnasium in Bamberg anzunehmen. Von dort ging er im Jahre 1817 an das Gymnasium nach Köln am Rhein, wo er seine wichtigsten Entdeckungen machte.

Im Physikkabinett führte er mit bescheidenen und unvollkommenen Geräten Versuche aus, wobei er alles, was bisher über die Wirkungen des elektrischen Stromes bekannt war, überprüfte. Die Versuche komplizierten sich, weil ein gewöhnliches Voltasches Element keine konstante Spannung lieferte und einen hohen Innenwiderstand hatte. Daher verwendete er für die Poggendorfsche Reihe ein thermoelektrisches Element aus Wismut- und Kupferdraht. Diese elektrische Stromquelle hatte eine konstante elektrische Spannung. Damit konnte Ohm den Einfluß des Widerstandes unterschiedlicher Leiter auf die Stromstärke genau studieren.

Die Ergebnisse der Untersuchungen veröffentlichte er vorerst nur in kurzen Mitteilungen. Seine wichtigste Entdeckung, nach der die elektrische Stromstärke der elektrischen Span-



nung der Stromquelle proportional und einer Größe, die von den Abmessungen und dem Material des Leiters abhängt, umgekehrt proportional ist, wurde später als Ohmsches Gesetz bekannt. Diese Entdeckung veröffentlichte er erstmals im Jahre 1826 in der Arbeit „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem die Metalle die Kontaktelektrizität leiten.“ Ein Jahr später begründete er sein Gesetz in der umfangreicheren Monografie „Die galvanische Kette, mathematisch behandelt“ theoretisch.

Dem Ohmschen Gesetz begegnete man mit Mißtrauen und scharfer Kritik. Mehrere Physiker verstanden es lange Zeit nicht, diese Entdeckung richtig zu bewerten. Ohm verbitterte das Ignorieren der Ergebnisse seiner Arbeit, aber auch seine schlechten materiellen Bedingungen. Er sehnte sich wieder danach, an die Universität zu kommen. Es gelang ihm jedoch nur, eine Stelle als Professor für Physik an der Polytechnischen Schule in Nürnberg zu erhalten, wo er ab 1833 sechzehn Jahre tätig war.

In seinen Arbeiten wies Ohm unter anderem nach, daß der elektrische Widerstand der Länge des Leiters proportional und seinem Querschnitt und der spezifischen Leitfähigkeit umgekehrt proportional ist. Weiter wies er nach, daß bei einem konstanten Strom die Ladung sich durch den gesamten Querschnitt und nicht nur an der Oberfläche bewegt.

Später beabsichtigte Ohm, akustische und optische Effekte zu untersuchen. Zu dieser Zeit war die große Bedeutung des Ohmschen Gesetzes für die Elektrizität bei den Physikern allgemein anerkannt. Ohms Arbeiten wurden zum Ausgangspunkt für die weiteren Forschungen in der Elektrodynamik.

Im Jahre 1841 zeichnete die Royal Society Ohm mit der Copley-Medaille aus. 1849 erfüllte sich endlich sein langgehegter Wunsch, als man ihn zum Physikprofessor an die Universität nach München berief. Ohm wirkte aber nur relativ kurz an dieser Universität, kaum fünf Jahre. Er verstarb am 7. Juli 1854 nach kurzer Krankheit. Er war nicht verheiratet und lebte stets in bescheidenen Verhältnissen.

Die Tür zum Zimmer des Direktors des Nürnberger Polytechnikums flog auf. Ein stattlicher starker Mann eilte auf den Korridor hinaus. Auf den breiten Schultern ruhte ein gewaltiger Kopf mit einem wilden Haarschopf. Seine Haare waren bereits ergraut, und der Körper war von der langjährigen sitzenden Tätigkeit fett geworden.

Die überraschten Schüler schauten auf ihren Mathematik- und Physikprofessor Ohm, wie er über den Korridor eilte, mit den mächtigen Armen diejenigen, die sich ihm in den Weg stellten und nicht schnell genug Platz machten, wegstieß, dann – zwei Stufen gleichzeitig überwindend – in die zweite Etage hinaufeilte und hinter der Tür seines Kabinetts verschwand.

In der Tür zum Zimmer des Direktors zeigte sich für einen Augenblick ein finsternes Gesicht, und dann geschah nichts weiter, nur eine Weile Ruhe, nach der erneut das Treiben der Schüler anhub.

Die Gruppe der älteren Schüler stellte sich ans Fenster. Die fragenden Blicke richteten sich auf den sommersprossigen Julius und den langen Hubert, die gewohnt waren, Ohm bei den physikalischen Versuchen zu helfen. Julius biß mit sichtlichem Appetit in eine riesige Brotschnitte und grinste mit vollem Mund:

»Eine ganz schöne Explosion...«

Hubert hob vielsagend die Brauen, warf einen Blick zum Direktorzimmer und bemerkte, als wäre er in die Sache eingeweicht: »Er streckt den Alten noch mal zu Boden!« Die übrigen nickten nur mit den Köpfen. – »Hm...«, sagte irgend jemand und wollte noch etwas hinzufügen, als die Glocke ertönte, mit der der Schüler Schilling das Ende der Pause verkündete. Alle stoben wie auf Befehl auseinander, jeder in seine Klasse...

Ohm saß hinter dem Tisch, den Kopf in die Hände gestützt, und dachte nach. Schon längere Zeit war er mit sich unzufrieden. Der Lehrer Ohm kämpfte im Innern mit dem Forscher Ohm. Je länger dieser »Kampf« dauerte, desto mehr entfernte er sich vom Lehrerberuf, durch den er sich ernährte. Am liebsten pflegte er über seinen Geräten und eng mit Ziffern beschriebenen Blättern zu sitzen, zu experimentieren und zu lesen, bis ihn der



Hunger und die Not wieder zwangen, sich seinen Lebensunterhalt mit Unterrichten zu verdienen.

Er hob den Kopf, und sein Blick blieb auf dem Eimer ruhen, in dem das Eis taute. In der Frühe hatten es ihm Julius und Hubert aus dem zugefrorenen Rhein herausgehackt. Das Eis benötigte er für seine Versuche. Schon lange verwendete er auf Anraten von Professor Poggendorff an Stelle des ungenauen Voltaschen Elements ein Thermoelement aus Wismut- und Kupferdraht, das auf dem Seebeck-Effekt beruhte. Die Enden der Drähte waren miteinander verbunden. Das eine Ende war in siedendes Wasser und das andere in das tauende Eis getaucht, also betrug die Temperaturdifferenz der Anschlüsse 100 °C. Diese Stromquelle hatte eine konstante elektrische Spannung.

Ohm erhob sich.

»Es wäre schade um das Eis«, dachte er und machte sich wohl schon das hundertste Mal daran, seinen Versuch zu wiederholen. Er nahm ein Gefäß mit Wasser vom Gestell und stellte es aufs Feuer. In ein anderes legte er einige Eisstücke hinein. Dann fertigte er aus Wismut- und Kupferdraht ein Thermoelement, tauchte die verbundenen Drahtenden in die Gefäße mit dem siedenden Wasser und mit dem Eis und schaltete ein Galvanometer in den Kreis.

Die Arbeit zog ihn voll in ihren Bann. Er führte Messungen aus, notierte und tauschte in sehr kurzen Abständen Kupferdrähte mit unterschiedlichem Durchmesser und unterschiedlicher Länge aus. Danach rechnete er auf einem Blatt Papier ziemlich lange und erhielt – zum wievielten Mal eigentlich schon? – das gleiche Ergebnis.

Er legte die Feder zur Seite und überlegte erneut. Er fühlte sich vereinsamt. Einstmals hatte er dieser Tatsache keine Bedeutung beigemessen. Er hat sich daran gewöhnt, vielen Dingen zu entsagen; so hat er weder Frau noch Kinder. Aber jetzt, da er sich der Fünfzig näherte, bedrückte ihn die Einsamkeit. Zumindest schien es ihm so.

Nur war es in Wirklichkeit nicht die Einsamkeit, auch nicht der Mangel an Fürsorge und Bequemlichkeit. Einsam machte

ihn die Teilnahmslosigkeit der wissenschaftlichen Welt gegenüber seiner Arbeit.

Lange Jahre hatte er mit großer Ausdauer die Beziehung zwischen der elektrischen Spannung, der Stromstärke und dem Leiterwiderstand gesucht. Er war der erste, der klar erkannt hatte, daß ein dicker Kupferdraht dem elektrischen Strom einen geringeren Widerstand entgegengesetzt als ein dünner, und er forschte nach der Erklärung dieser Erscheinung. Sie wurde später Gemeingut aller Gelehrten und als das »Ohmsche Gesetz« eine der Grundlagen der Elektrotechnik.

Seine Überlegungen wurden durch Klopfen an der Tür unterbrochen.

»Herr Professor, es ist Zeit, zur Unterrichtsstunde zu gehen, ich habe schon längst geläutet.« Der Schüler Schilling stand in der geöffneten Tür.

»Ja, ja...«, brummte Ohm befangen und folgte dem Schüler.

»Wenn das wieder der Direktor erfährt«, dachte er, führte über den Gedanken nicht zu Ende, denn sie standen vor der Klassentür.

»Ich danke Ihnen, Schilling«, sagte schließlich Ohm und trat in die Klasse. Schilling grinste. So hatten sie den Professor noch nie erlebt. »Aber die Zeiten ändern sich... vielleicht bin ich schon zu alt«, überlegte er und warf sich damit selbst zum alten Eisen. Draußen schneite es wieder.

Ohm saß hinter dem Pult, schaute auf die Schüler, erfaßte ihre Antworten aber nicht. Anfangs ahnte er selbst nichts von der Bedeutung seiner Entdeckung. Er freute sich, daß ihm die Berechnungen gut gelungen waren, und erst später wurde er sich bewußt, daß es sich doch um etwas Neues handelte, und schickte seine Arbeit an Professor Pogendorff nach Berlin. Kurz darauf erschienen sie in den von Pogendorff redigierten »Annalen der Physik und Chemie«.

Wie sehr er doch auf eine Äußerung der Zustimmung zu seiner Arbeit wartete. Im Geiste glaubte er, daß ihm von irgendwoher doch noch Anerkennung zuteil wird. Jedoch kamen aus den deutschen Ländern nur ablehnende Urteile und Angriffe.

Er stand heftig auf. Den Schülern gab er eine schriftliche Arbeit

auf, nahm aus seinem Kabinett Mantel und Hut, ging schweigend am Schüler Schilling vorbei und begab sich in Richtung Gasthaus.

Unterwegs stellte er weitere Überlegungen an. Er war jetzt Professor der polytechnischen Schule in Nürnberg. Er konnte eigentlich zufrieden sein. Aber zufrieden war er nicht. Er bewarb sich um eine Stelle als Professor an der Universität in München, um endlich aus dem kleinen Laboratorium herauszukommen und mit modernen Mitteln arbeiten zu können. Bislang hatte man ihn nur nach Nürnberg geschickt.

Im Gasthaus hatte er soeben einen Becher Moselwein geleert, als ihn der Briefträger aufsuchte. Ein Brief. Verlegen wendete er ihn in den Händen hin und her. Aus England? Von der Royal Society in London? Was könnten die Herren nur wollen?

Der Brief enthielt eine Anerkennung. Man lobte seine Arbeit, begriff die Bedeutung seiner Entdeckung. Die Gesellschaft hielt es für ihre Pflicht, ihm einen Dank auszusprechen. Sie ernannte ihn zu ihrem ausländischen Mitglied und verlieh ihm die höchstmögliche Auszeichnung – die Copley-Medaille.

Ohm setzte sich den Hut auf und lief aus dem Gasthaus hinaus. Er sehnte sich danach, etwas Technisches, etwas Großartiges zu sehen, etwas, das sich bewegt und dahinjagt. Er lief zur Bahnstation. Er wollte ein bewundernswertes Werk sehen, die Lokomotive »Adler«.

Er hatte Glück. Die Lokomotive befand sich gerade auf dem Bahnhof. Er betrachtete sie und umging sie von allen Seiten. Er hatte sie vielleicht schon hundertmal gesehen und kannte sie völlig auswendig. Heute wollte er sich erneut an ihrem Anblick erfreuen, und nie zuvor erschienen ihm das Kupfer des Dampfkessels so leuchtend, das Antriebsgestänge so gewaltig und dennoch elegant, die Kolbenstangen und das Manometer im Lokführerstand so voller romantischer Rätsel wie gerade heute. Heute endlich gehörten all diese Dinge ihm, dem Physikprofessor Georg Simon Ohm, so wie er sich all diesen glanzvollen Dingen noch in der Kindheit verpflichtet gefühlt hatte.

Am Lokführerstand prangte eine Tafel mit der Aufschrift: »Hergestellt von George Stephenson in Newcastle«.

Ohm winkte ab. »Aus England! Warum stammte alles aus England? Sind wir etwa zu dumm, solch eine Maschine zu bauen? Warum wurde mir eine englische Auszeichnung zuteil und keine deutsche?...«



HANS CHRISTIAN OERSTED

Oersted (Oe) ist eine veraltete Einheit der magnetischen Feldstärke. Sie wurde zu Ehren des dänischen Physikers Hans Christian Oersted benannt.

Definition:

Das Oersted ist die magnetische Feldstärke, die ein Magnetfeld an der Stelle aufweist, an der auf einen magnetischen Einheitspol eine Kraft von 1 dyn¹⁾ ausgeübt wird.

Anmerkung:

Oersted ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und wird bei uns nicht angewendet. Die SI-Einheit der magnetischen Feldstärke ist das Ampere je Meter (A/m). Das Ampere je Meter ist die magnetische Feldstärke innerhalb eines sehr langen Solenoids, bei dem das Produkt aus der Stromstärke und der Zahl der Windungen auf einem Meter Spulenlänge 1 A/m beträgt.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Oe} = \frac{1000}{4\pi} \text{ A/m} = 79,58 \text{ A/m}$

¹ vgl. Fußnote zu Fr

Hans Christian Oersted wurde am 14. August 1777 im Städtchen Rudkjöbing auf der dänischen Insel Langeland als Sohn eines Apothekers geboren. Die schlechten finanziellen Verhältnisse der Eltern ermöglichten ihm keinen regelmäßigen Schulbesuch. Er lernte selbst aus Büchern und wurde gelegentlich auch von einem Privatlehrer unterrichtet.

Als er zwölf Jahre alt war, begann er, dem Vater in der Apotheke zu helfen. Bald wurden ihm die chemischen Arbeiten zur Lieblingsbeschäftigung. Nach der Reifeprüfung ging er auf die Universität nach Kopenhagen zum Studium von Naturwissenschaft, Philosophie und Medizin. Als Zwanzigjähriger promovierte er zum Doktor der Medizin und begann, an der Universität Vorlesungen über Physik und Chemie zu halten; er übernahm auch die Verwaltung einer Apotheke. Bereits während seines Studiums bekundete er Interesse für die wissenschaftliche Arbeit, der er sich jetzt widmen konnte. Ihn interessierte in erster Linie das eben erst erfundene Voltasche galvanische Element.

In den Jahren 1801 bis 1804 unternahm er eine Studienreise durch Deutschland, wo er an verschiedenen Universitäten mit vielen hervorragenden Gelehrten bekannt wurde. Nach der Rückkehr von diesen Reisen wurde er außerordentlicher Professor für Physik und Chemie an der Universität Kopenhagen, an der er mit geringen Unterbrechungen fast ständig Vorlesungen hielt.

Von 1815 bis an sein Lebensende bekleidete er das Amt des Sekretärs der Königlichen Gelehrtenengesellschaft Dänemarks. 1817 wurde er zum ordentlichen Professor für Physik und zum Mitglied der Verwaltung der Kopenhagener Universität berufen.

Im Jahre 1820 veröffentlichte er in der in lateinischer Sprache abgefaßten Schrift „Versuche über die Wirkung des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel“ die Ergebnisse seiner Versuche, die auf die Entdeckung der magnetischen Wirkung des elektrischen Stromes und damit auch des Zusammenhangs zwischen Elektrizität und Magnetismus hinausliefen. Diese Entdeckung hatte prinzipielle Bedeutung. Sie regte

Ohm, Ampère und Faraday zu großen Entdeckungen an und führte in die Physik als neues Teilgebiet den Elektromagnetismus ein. Auf der Grundlage der Oerstedtschen Entdeckung konstruierten Schweigger und Poggendorff Geräte für die Messung des elektrischen Stromes.

Im Jahre 1829 wurde Oersted neben seiner Tätigkeit an der Universität Direktor des neugegründeten Polytechnikums, der späteren Technischen Hochschule. Seine wissenschaftlichen Forschungen setzte er mit Arbeiten auf dem Gebiet der Chemie fort und untersuchte die Komprimierbarkeit der Gase und Flüssigkeiten. Schließlich befaßte er sich mit den Eigenschaften paramagnetischer und diamagnetischer Stoffe.

Oerstedts Entdeckung wurde von der Londoner Royal Society und der Französischen Akademie der Wissenschaften hoch eingeschätzt. Beide Institutionen verliehen ihm Medaillen. Er unternahm eine ausgedehnte Reise nach Frankreich, England, Norwegen und Deutschland, wo er auch mit Gauß zusammentraf.

Oersted war nicht nur ein glänzender Forscher, sondern auch ein guter Pädagoge. Er machte sich um die Reorganisation des Physikunterrichtes an den dänischen Schulen verdient. Nach seinem Lehrbuch „Wissenschaft von den allgemeinen Naturgesetzen“ wurde in Dänemark fünfzig Jahre lang unterrichtet. Er widmete sich Vorlesungen populärwissenschaftlichen Charakters für die Öffentlichkeit und gründete die „Gesellschaft zur Verbreitung der Naturlehre“.

Im Alter war er eine in der Öffentlichkeit wirkende Persönlichkeit, die zu den geschätztesten und einflußreichsten in Dänemark zählte. Er starb am 9. März 1851 in Kopenhagen.

* * *

Im Physikhörsaal der Kopenhagener Universität versammelten sich die Studenten. Professor Oersted sollte seine Vorlesung halten. Die Studenten besuchten diese Vorlesungen gern, und umgekehrt hielt auch Oersted gern Vorlesungen. Er hatte mindestens vier Stunden Vorlesungen täglich, und wenn er keine Vorlesungen an der Universität zu halten hatte, veranstaltete er für die Öffentlichkeit sehr erfolgreich Vorträge über die neuesten Entdeckungen in Physik und Chemie.

Die letzten Studenten nahmen ihre Plätze ein, und der Universitäts-Famulus¹⁾ Jörgen schloß die Tür zum Hörsaal. Im gleichen Augenblick öffnete sich die Tür des Kabinetts, und an das Pult trat ein Mann mit ausdrucksvollen Gesichtszügen und an den Schläfen schon vorzeitig stark ergrauten Haaren, Professor Oersted. Er hielt etwas auf diesen effektvollen Eintritt, aber im übrigen war er ein herzenguter Mensch mit einem feinen Verhalten gegenüber anderen.

»Meine Herren!«, wandte er sich an die Studenten, »die allgemeinen Naturgesetze stehen miteinander in Verbindung, und gleichzeitig stehen auch die Naturerscheinungen untereinander in Verbindung.«

Oersted war ein ausgezeichnete Redner, schon seine ersten Worte fesselten die Studenten. Die heutige Vorlesung befaßte sich mit den Zusammenhängen zwischen Wärme und Elektrizität. Wie gewöhnlich hatte er auch heute einen Versuch für die Studenten vorbereitet. Als die Reihe an den Versuch kam, begab er sich an den Tisch, auf dem Jörgen alles sorgfältig aufgebaut hatte.

Auf Anweisung des Professors schaltete er den elektrischen Strom aus der Voltaschen galvanischen Batterie ein. Der Strom floß durch einen dünnen Platindraht, der unter der Wirkung des Stromes erglühte. Oersted erläuterte den Versuch, und nur flüchtig bemerkte er, daß die an einem Faden in der Nähe des Platindrahtes aufgehängte Magnetnadel, die hier wahrscheinlich vom vorhergehenden Versuch zurückgeblieben war, beim Erglühen des Drahtes von ihrer Lage abwich. Zunächst hatte er

¹ Diener



dieser Tatsache keinerlei Bedeutung beigemessen, denn er glaubte, daß die Ablenkung durch die Temperatur des Drahtes verursacht wurde.

Oersted setzte den Versuch fort, und er hätte die ganze Angelegenheit längst vergessen, nur, als Jörgen einen dickeren Draht verwendete, der sich nicht so stark erhitzte und Oersted, geleitet von irgendeinem sechsten Sinn, auf die Magnetnadel schaute, wich diese wiederum ab. Als Jörgen den Strom ausschaltete, kehrte die Magnetnadel wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück, obwohl der Draht noch heiß war.

»Na so was!« dachte sich Oersted beunruhigt, sollte das etwa ein Hinweis sein auf einen Zusammenhang, den er bereits seit langem annahm? Daß nämlich auch ein Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen existiert... Dieser Gedanke war ihm schon im Jahre 1807 gekommen, doch hatte er ihn bisher noch nicht durch Versuche überprüft.

Oersted riß sich von diesen Gedanken los. Die geringste Unschlüssigkeit in der Vorlesung war bei ihm so ungewöhnlich, daß die Studenten aufmerksam wurden. Aber es geschah nichts Sensationelles. Oersted beendete, obwohl mit großer Selbstbeherrschung – als er Jörgen auftrug, nichts anzurühren – die Vorlesung.

Als der letzte Student den Hörsaal verlassen hatte, stürzte sich Oersted förmlich auf die Anlage. Immer wieder aufs neue schaltete er den Strom ein und aus und beobachtete das Ausschlagen der Magnetnadel. In die Arbeit vertieft, bemerkte er gar nicht, daß es bereits Abend wurde.

Er eilte nach Hause, und obwohl er sonst Freunde und Gäste in seinem Hause zu jeder beliebigen Zeit gern begrüßte – heute wünschte er sich keine. Durch seinen Kopf wirbelten die Gedanken wie ein Karussell. »Morgen, morgen mache ich mich daran«, sagte er sich und zählte im Geiste die Voltaschen Elemente, die er in den verschiedenen Versuchsanlagen angeordnet hatte und die er jetzt alle für den neuen Versuch verwenden wollte.

Zu Hause entschuldigte er sich rechtzeitig bei den Gästen, aber in dieser Nacht schlief er nur wenig...

Am anderen Tag stellte er mit Jörgen ein großes »galvanisches Gerät« aus zwanzig Voltaschen Elementen zusammen, um die Wirkung des Stroms auf die Magnetnadel möglichst gut beobachten zu können.

Die frei aufgehängte Magnetnadel, die in der waagerechten Lage beweglich war, nahm er in die Hand. Die Nadel stabilisierte sich in Nord-Süd-Richtung. Unter der Nadel ordnete er einen Leiter in gleicher Richtung wie die Nadel an. Als er den Strom einschaltete, schlug die Magnetnadel aus und verblieb in der neuen Lage, schräg zur Richtung des Leiters.

Die Versuche wiederholte er bei unterschiedlichen Bedingungen; über der Magnetnadel, unter ihr, seitlich und in verschiedenen Abständen und Richtungen verlief der Draht. Er stellte fest, daß die neu entdeckte Kraft die magnetischen Pole weder nur anzieht noch allein abstößt, sondern in Form von Kreislinien, in deren Zentrum jeweils die Leiter liegen, ausgerichtet ist.

Oersted war aber immer noch nicht von seiner Entdeckung überzeugt. Mit dem gesunden Zweifel eines Forschers prüfte er Leiter aus acht verschiedenen Metallen, allein die Abweichung der Magnetnadel verlief bei fast allen gleichartig. Die Wirkung der galvanischen Elektrizität auf die Magnetnadel erfolgte schließlich auch durch Hindernisse aus Metall, Glas, Holz, Wasser, Harz, Lehm und Stein hindurch. Schließlich legte er die Magnetnadel in ein mit Wasser gefülltes Messinggehäuse, die Wirkung blieb jedoch unverändert.

Als er jedoch »Magnetnadeln« aus Glas, Messing, Harz und anderen Stoffen fertigte, reagierten diese auf die Kraft des elektrischen Stroms nicht.

Ein Tag verging, ein Tag voller Arbeit, und Oersted vergaß das erste Mal seine geliebten Vorlesungen. Jörgen schickte er mit der Absage nach Hause, man solle ihn zur Nacht nicht erwarten...

Nun war es jetzt bereits früh am Morgen, und Oersted hatte nicht ausgeschlafen, aber immer noch glücklich saß er im Arbeitszimmer. Ja, jetzt ist es schon klar!

Es war ihm gelungen, die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes zu entdecken und somit auch den Zusammen-



hang zwischen Elektrizität und Magnetismus, den Zusammenhang zwischen zwei Gruppen von Erscheinungen, die seit Gilberts Zeiten für völlig zusammenhanglos gehalten wurden.

Oersted zog sich einen Sessel zum Tisch und legte Papier und Feder bereit. Er versank für einen Augenblick in Gedanken und begann dann in lateinischer Sprache zu schreiben: »Die galvanische Elektrizität, die über einer frei aufgehängten Magnetnadel vom Norden zum Süden verläuft, lenkt die Magnetnadel mit dem nördlichen Ende nach Osten ab; bei der gleichen Bewegungsrichtung der Elektrizität lenkt sie diese, wenn sie unter der Magnetnadel liegt, nach Westen ab...«

Er schrieb mehrere Stunden. Das Frühstück auf dem Tisch war längst kalt geworden. Es war bereits Mittagszeit, als er auf den Umschlag den Namen des Adressaten schrieb: André Marie Ampère...



Mikroskop (um 1750)



BLAISE PASCAL

Pascal (Pa) ist die SI-Einheit des Druckes. Sie wurde zu Ehren des französischen Mathematikers, Physikers und Philosophen Blaise Pascal benannt.

Definition:

Das Pascal ist der Druck, der durch die Kraft 1 N erzeugt wird, die auf die zu ihr senkrechte Fläche 1 m² gleichmäßig verteilt wird.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

Anmerkung:

Das Pascal ist auch als Einheit für mechanische Spannungen und andere Größen der Art Kraft/Fläche zu verwenden. Der Name Newton je Quadratmeter darf auch benutzt werden.

Blaise Pascal wurde am 19. Juni 1623 in Clermont als Sohn des bekannten Mathematikers Etienne Pascal geboren. Von klein auf bestach er durch sein mathematisches Talent. Als Zwölfjähriger stellte er ein eigenes geometrisches System auf, das auf Euklid zurückging, und mit sechzehn Jahren verfaßte er eine Studie über Kegelschnitte.

Er studierte sehr gründlich Mathematik, Physik und Philosophie. In der Arbeit „Abhandlung über das arithmetische Dreieck“ sprach er einige grundlegende Thesen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Kombinatorik aus; in der Arithmetik ist das Pascalsche Dreieck heute wohlbekannt. Weiterhin ermittelte er die Teilbarkeitsregeln und wurde zum Vorgänger von Newton und Leibniz auf dem Gebiet der Differential- und Integralrechnung.

Als neunzehnjähriger junger Mann konstruierte er eine Rechenmaschine, die im wesentlichen für Additionen bestimmt war. Er verbesserte die Maschine ständig und fertigte davon insgesamt über fünfzig Exemplare an. Die heutigen Rechenmaschinen arbeiten nach dem gleichen Prinzip.

Als Pascal von Torricellis Versuch und der Entdeckung des atmosphärischen Drucks hörte, begann er hartnäckig, weitere überzeugende Versuche für die Beweisführung von Torricellis Entdeckung zu ersinnen. Zu diesem Zweck fertigte er sich zwei Glasröhren, die sinnvoll so miteinander verbunden waren, daß er mit Hilfe der einen die Luft über dem Quecksilberspiegel in der anderen Röhre herauspumpen konnte. Mit Hilfe dieser Versuchsanordnung gelang es ihm nach einigen weiteren Veränderungen, die Existenz des Luftdrucks und die Abhängigkeit der Höhe der Quecksilbersäule im Röhrchen vom Luftdruck überzeugend nachzuweisen und zu demonstrieren.

Um die Abhängigkeit der Höhe der Quecksilbersäule von der Höhe der Meßstelle über dem Meeresspiegel – wie das von Torricelli behauptet wurde – experimentell nachweisen zu können, forderte er im Jahre 1648 seinen Schwager Périer auf, Messungen am Fuße und auf dem Gipfel des Berges

Puy de Dôme vorzunehmen. Die Höhendifferenz von etwa 1000 m wirkte sich tatsächlich dahingehend aus, daß die Quecksilbersäule im Röhrchen auf der Bergspitze 8 cm kürzer war.

Pascal kam als erster auf den Gedanken, mit Hilfe eines Barometers die Höhendifferenz zweier Orte zu messen, und machte darauf aufmerksam, daß die Längenänderungen der Quecksilbersäule eines Barometers auch von der Luftfeuchtigkeit und -temperatur abhängig sind und daher auch der Wettervorhersage dienen können. Die Ergebnisse der Untersuchungen des atmosphärischen Druckes faßte er 1653 in der Arbeit „Abhandlung über den Luftdruck“ zusammen. Sie wurde erst nach seinem Tode im Jahre 1663 gedruckt.

Nicht weniger bedeutungsvoll sind Pascals Arbeiten auf dem Gebiet der Hydrostatik. In der Arbeit „Abhandlung über das Gleichgewicht der Flüssigkeiten“ formulierte er das Grundgesetz der Hydrostatik, das später das Pascalsche Gesetz genannt wurde. Er berechnete die Größe des hydrostatischen Druckes, beschrieb das hydrostatische Paradoxon, das Gesetz der kommunizierenden Gefäße und das Prinzip einer hydraulischen Presse.

Pascal befaßte sich auch mit philosophischen Fragen, wobei er zwar den Fortschritt der Wissenschaft als Ziel der menschlichen Existenz sieht, nur schwankte er in seinen Anschauungen zwischen Rationalismus und Skeptizismus, der ihn zur Ansicht führte, daß der Glaube über dem Verstand steht.

Seit 1653 gab sich Pascal theologisch-philosophischen Betrachtungen hin und trat drei Jahre später in ein Kloster ein. Er starb, neununddreißigjährig, am 19. August 1662 in Paris.

* * *

Pascal hatte an jenem Abend wohl schon zum zehnten Male Torricellis Versuch wiederholt. Das an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhrchen füllte er mit Quecksilber, drehte es um und tauchte es mit dem offenen Ende in ein Gefäß mit Quecksilber. Das Quecksilber im Röhrchen sank etwas ab und stabilisierte sich stets in gleicher Höhe.

Danach blätterte er erneut in der Schrift von Simon Stevin. »Warum nur habe ich nicht Flämisches gelernt«, brummte er zornig, indem er sich bemühte, einige Abhandlungen aus dem Kapitel über Hydraulik und Hydrostatik zu verstehen. »Das eine ist mir klar«, überzeugte er sich selbst, »in der Flüssigkeit nimmt der Druck in Richtung von unten nach oben ab.« Pascal erhob sich und füllte zum elften Mal das Röhrchen mit Quecksilber. Aus dem Tisch und den Stühlen baute er sich eine improvisierte Treppe, über die er bis unter die Zimmerdecke gelangte. In der Tat bedurfte das auch ein wenig artistischen Könnens, denn in der einen Hand hielt er das Röhrchen und das Gefäß mit dem Quecksilber und in der anderen die Kerze, mit der er gerade auf die Quecksilbersäule leuchtete.

Mit den Worten »Natürlich, sie hat sich überhaupt nicht gerührt!« kletterte er unwillig wieder auf die Erde herab und räumte die Pyramide aus Möbelstücken wieder weg. Die immer häufiger auftretenden Kopfschmerzen zwangen ihn, sich rechtzeitig schlafen zu legen.

Am Morgen, als er erwachte, war ihm bereits alles klar. Der Schwager, das Schwagerchen Périet, der die ältere Schwester geheiratet hatte! Nur der kann ihm helfen. Er überlegte nicht lange und begann, einen Brief zu schreiben. Es vergingen noch einige Tage, bevor er alles Notwendige vorbereitet hatte...

* * *

Frau Périet las den Brief des Bruders noch einmal. Seitdem sie nach Clermont geheiratet hatte, sahen sie sich nur selten.

»Blaise, teurer Blaise...«, erinnerte sie sich. In Gedanken

kamen ihr die Erinnerungen, als ob es erst gestern gewesen wäre. Ganz deutlich sah und hörte sie den Vater, wie er dem Jungen verbot, sich mit Mathematik zu befassen, damit sie seine Aufmerksamkeit vom Studium der lateinischen und griechischen Sprache nicht ablenkte.

Verbieten Sie aber einem neugierigen Jungen etwas. Natürlich dachte er in seiner Freizeit, beim Spiel, immer wieder daran. Und so kam es dann auch, daß er gewöhnlich spielte, indem er versuchte, mit einem Stück Kohle einen vollkommen runden Kreis, ein Dreieck, dessen Seiten und Winkel gleich groß waren, und ähnliche Sachen auf die Erde zu malen.

Dann suchte er die Proportionen der Abbildungen zueinander. Da der Vater alles nur Erdenkliche unternahm, um vor dem Sohn alles zu verheimlichen, wußte er nicht einmal ihre Bezeichnungen. Deshalb mußte er sich die Bezeichnung selbst schaffen. Die Kreislinie nannte er ein Rad, die Gerade einen Stock und analog weitere Dinge. Anhand dieser Definitionen erdachte er Thesen und schließlich auch Beweisführungen.

Eines Tages, er war gerade in Gedanken versunken, trat der Vater ins Zimmer, Blaise bemerkte ihn jedoch lange nicht. Es ist schwer zu sagen, wer erschrockener war, Blaise, als er den Vater erblickte, oder der Vater, der gewahr wurde, daß der Sohn das tat, was er ihm ausdrücklich verboten hatte. Aber die Überraschung des Vaters war größer, als ihm Blaise auf die Frage nach seinem Tun entgegnete, daß er etwas gefunden habe, was eigentlich ein Lehrsatz aus dem Euklid war. Der überraschte Vater fragte daraufhin, wie er auf diesen Gedanken gekommen sei, und der Junge entgegnete ihm, nur so, daß er eine neue These gefunden habe. So nach und nach bekannte er sich zu all seinen Definitionen und Lehrsätzen, doch verwendete er dabei immer noch Bezeichnungen wie Rad und Stock.

Der Vater war erstaunt. Er war so überrascht von der Größe und Kraft des Genies, daß er wortlos fortging. Umgehend suchte er den Herrn Le Pailleur, einen sehr gelehrten Mann, auf. Er saß eine Weile unbeweglich da, wobei er sich einige Tränen wegwischte, bis ihn Le Pailleur nach dem Grund seines Schmerzes fragte.

»Ich weine nicht aus Kummer, sondern vor Freude. Wissen Sie, wie sehr ich darauf bedacht war, meinen Sohn davon abzuhalten, die Geometrie kennenzulernen, damit sie ihn nicht von den anderen Studien abbrächte. Schauen Sie aber, was er angestellt hat!« Und er zeigte ihm alles, was er gesehen hatte, wovon man beinahe behaupten könnte, daß Blaise die ganze Mathematik entdeckt hatte.

Die Ankunft des Gatten riß Frau Périer aus ihren Erinnerungen heraus. Sie reichte ihm den Brief des Bruders und eine Schachtel mit seltsamen Röhrchen, Gefäßen und lebendigem Silber – dem Quecksilber.

Périer war ein sehr pedantischer Mensch mit festen Prinzipien. Obwohl er nicht viel von dem verstand, worum ihn der Schwager gebeten hatte, entschloß er sich dennoch, die dem Brief beigelegte Anweisung genauestens zu befolgen.

* * *

Man schrieb das Jahr 1648, und es war ein sonniger Herbst. Die Périers beschlossen, die Ausführung von Pascals Wunsch mit einem angenehmen Spaziergang zu verbinden.

Für den Ausflug wählten sie den 19. September aus. Frau Périer bereitete in einem Korb eine Erfrischung vor, und früh am Morgen begaben sie sich auf den Weg. Am Fuße des Berges Puy de Dôme füllte Périer in Anwesenheit vieler Schaulustiger zwei gleich große Röhrchen mit Quecksilber und kennzeichnete die Höhe, bis zu der das Quecksilber absank, als er sie mit dem geschlossenen Ende nach oben kehrte. Eines der Röhrchen ließ er am Fuße des Berges in Clermont zurück, mit dem anderen begaben sie sich auf den kegelförmigen Gipfel des über 1400 m hohen Berges.

Der Weg führte zunächst durch Wald, später jedoch wurden die Bäume immer seltener, bis sie schließlich nur noch über Basaltfelsen stiegen. Es war gerade Mittag vorüber, als sie unter dem Gipfel anlangten.

Hier führte Périer den zweiten Teil des Versuchs aus. In Übereinstimmung mit Pascals Vermutung war das Quecksilber im Röhrchen einige Daumenbreiten weiter abgesunken als unten in Clermont. Die Périers kennzeichneten sorgfältig die Höhe der Säule auf dem Röhrchen, stärkten sich mit den Vorräten aus dem Korb und begaben sich auf den Heimweg. Am nächsten Morgen schrieb Périer dem Schwager einen genauen Bericht...

* * *

Pascal war mit dem Versuchsergebnis sehr zufrieden. Trotzdem ließ es ihm noch keine Ruhe. Er wollte den Versuch abermals dadurch überprüfen, daß er auf den Kirchturm kletterte. Es zeigte sich eine zwar unscheinbar kleine, trotz allem aber klar auszumachende Höhendifferenz des Quecksilbers in den Röhrchen.

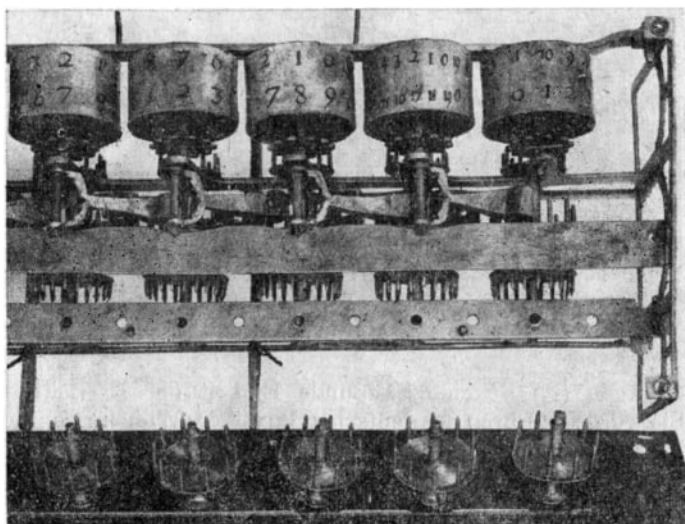
»Ja, jetzt hab' ich es endlich«, sagte Pascal zufrieden, als er vom Kirchturm herunterstieg. »Im Luftmeer um die Erde nimmt der Druck von unten nach oben ab, gerade so wie in einer schweren Flüssigkeit.«

Vor der Kirche traf er mit Pater Noël zusammen. Sofort erläuterte er ihm brühwarm seine neue Theorie.

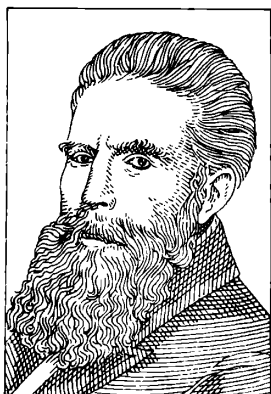
Pater Noël lachte nur. »Aber lieber Pascal, wie können Sie nur auf diese Beweise bauen. Und was ist, wenn die Leere, die sich bei Torricellis Versuch über der Quecksilbersäule bildet, mit irgendwelchen feineren, unsichtbaren Luftteilchen gefüllt ist?«

Pascal machte eine finstere Miene und bemerkte dann ironisch: »Mit unsichtbaren?! Sich auf unsichtbare Dinge und Erscheinungen zu berufen, das sind keine Beweise, sondern...«, hier verstummte er für einen Augenblick, »vielleicht eher Ihr Beruf. Aber ich sage Ihnen, daß das mit der tatsächlichen Wissenschaft nichts gemein hat. Sie versuchen nur die alte Physik zu retten, die sich auf unglaubliche Spekulationen stützte.«

Bevor Pater Noël eine passende Antwort gefunden hatte, schritt Pascal bereits quer über den Platz, und seine Gedanken waren längst mit einem weiteren Problem beschäftigt...



Inneres der Rechenmaschine Pascals (1642)



WILHELM CONRAD RÖNTGEN

Röntgen (R) ist eine SI-fremde Einheit der Exposition. Sie wurde zu Ehren des deutschen Physikers Wilhelm Conrad Röntgen benannt.

Definition:

Das Röntgen ist die Dosis ionisierender Strahlung (Exposition) bei der sich in 1 cm³ Luft unter Normalbedingungen eine solche Menge von Ionen bildet, daß deren Gesamtladung für jedes Vorzeichen gesondert gleich einer elektrostatischen Ladungseinheit ist.

Anmerkung:

Das Röntgen ist eine noch *befristet zugelassene* Einheit. Aus der bekannten Größe der Elementarladung kann ermittelt werden, daß 1 R $2,083 \cdot 10^9$ Ionenpaare in 1 cm³ Luft erzeugt. Die SI-Einheit der Exposition ist das Coulomb je Kilogramm (C/kg).

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$

Wilhelm Conrad Röntgen wurde am 27. März 1845 im Städtchen Lennep am rechten Rheinufer als das einzige Kind vermögender Eltern geboren. Drei Jahre später siedelte die Familie nach Holland über, in das Heimatland der Mutter, in dem er die frühe Jugendzeit verbrachte.

Mit siebzehn Jahren schloß man ihn aus der Schule aus, weil er den Namen eines Mitschülers nicht verraten wollte, der die Karikatur eines Lehrers an die Tafel gemalt hatte. Dieses harte Urteil war Ursache vieler seiner späteren menschlichen Schwierigkeiten.

Seit Herbst 1865 besuchte Röntgen das Eidgenössische Polytechnikum in Zürich, wo man Studenten auch ohne Abiturprüfung aufnahm, wenn sie die außerordentlich strengen Anforderungen der Aufnahmeprüfung erfüllten. Nach drei Jahren erwarb er das Diplom eines Maschinenbauingenieurs mit Auszeichnung...

Er trat die Stelle eines Assistenten beim Physikprofessor Kundt in Zürich an; unter dessen Anleitung führte er seine ersten wissenschaftlichen Forschungen aus und fertigte seine Doktorarbeit an. Später nahm Professor Kundt die Berufung an die Hochschule nach Straßburg (Strasbourg) an, wohin er seinen Assistenten mitnahm. Die in Straßburg verbrachten Jahre, die der Erforschung der Eigenschaften der Gase, der elektrischen Eigenschaften der Kristalle und anderer Rätsel der Physik gewidmet waren, können als die Zeit des Heranreifens eines hervorragenden Talents gelten.

Die junge Universität, die nicht belastet war durch die feudalen Traditionen der alten deutschen Hochschulen, brach mit der Formalität und hat Röntgen den Titel eines Dozenten auch ohne Abiturzeugnis zuerkannt, was seine Stellung als selbständigen Wissenschaftler juristisch und materiell sicherte.

1879 wurde Röntgen zum ordentlichen Professor für experimentelle Physik nach Gießen (in Hessen) berufen, wo er zehn Jahre schöpferischer wissenschaftlicher Arbeit verbrachte; es war das die glücklichste Zeit seines Lebens. Aus der Gießener Zeit stammen achtzehn Röntgensche Publika-

tionen, mit denen er weit über die Grenzen Deutschlands hinaus berühmt wurde.

Im Jahre 1888 verließ Röntgen Gießen und übernahm nach Professor Kohlrauschs Weggang das neue, vorzüglich ausgestattete physikalische Institut in Würzburg, wo er sieben Jahre später die X-Strahlen fand. Diese Entdeckung am 8. November 1895 rief in der ganzen Welt ein stürmisches Echo hervor. Röntgens Zeitgenossen erkannten deren gewaltige Bedeutung für die Menschheit, obwohl man den großen Umfang der tatsächlichen Möglichkeiten, die die Entdeckung der Röntgenstrahlen für die Wissenschaft und auch für die Technik eröffnete, nicht ahnen konnte.

Als Röntgen am 23. Januar 1896 auf einer Sitzung der Würzburger Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft während des Vortrages eine Aufnahme von der Hand des Anatomieprofessors Kölliker anfertigte, schlugen die begeisterten Teilnehmer vor, die X-Strahlen als „Röntgensche Strahlen“ zu bezeichnen. Seit dieser denkwürdigen Sitzung gelang es nicht mehr, Röntgen zu einer öffentlichen Vorlesung zu bewegen. Zur großen Entrüstung der bürgerlichen Welt lehnte er sogar den Adelstitel ab, den ihm der bayrische Hof zusammen mit dem „Verdienstorden der Bayrischen Krone“ verlieh.

Fünf Jahre nach dem Tode Nobels sollten erstmals Preise aus seiner Stiftung verliehen werden; Röntgen war der erste Physiker, dessen Kandidatur die Schwedische Akademie vorschlug. Röntgen nahm den Nobelpreis entgegen, die Geldprämie in Höhe von 50 000 schwedischen Kronen überwies er aber der Universität in Würzburg.

Röntgen verschloß sich allen Vorschlägen auf finanzielle Nutzung seiner Entdeckung, obwohl – wie er schrieb – „die Amerikaner mir mit Millionen von Dollar vor den Augen umherfuchtelten“. Die Röntgenstrahlen wurden Besitz der gesamten wissenschaftlichen Welt. Röntgen arbeitete unermüdlich weiter; er bemühte sich um die vollständige Aufklärung des Wesens der von ihm entdeckten Strahlen und unterbrach diese Arbeit lange Jahre nicht.

Die Berufung Röntgens an den Lehrstuhl für Physik nach München im Jahre 1900 bedeutete eine weitere Auszeichnung. Trotz der gegebenen Versprechungen waren die Bedingungen für die wissenschaftliche Arbeit auf dem neuen Lehrstuhl wesentlich schlechter als in Würzburg. Gleichgültig gegenüber den Ehrungen, unzufrieden mit den Ergebnissen der eigenen Arbeit und beunruhigt durch die Krankheit seiner Gattin, zeigten sich bei Röntgen melancholische Zustände.

In den ersten Jahren des 1. Weltkrieges mußte sich Röntgen wie jeder andere Bürger den Vorschriften über die Rationierung der Lebensmittel unterordnen. Mit anderen Worten, er begann zu hungern. Auf den Schultern des siebzيجjährigen Greises ruhte auch die Sorge um das Haus. Die Arbeit im Laboratorium – jetzt doppelt schwer – verbrauchte den Rest seiner Kraft.

Im Jahre 1922 ermöglichte ihm ein alter Freund, seinen Urlaub in der Schweiz zu verleben. Er kehrte nach München zurück, erholt und mit neuen Eindrücken. Jedoch verließen ihn kurz darauf die Kräfte, und es traten alte Krankheiten zutage, die durch die Unterernährung verursacht worden waren.

In äußerster Erschöpfung starb er am 10. Februar 1923 in seinem Haus in München.



RENÉ ANTOINE
FERCHAULT DE RÉAUMUR

Grad Réaumur ($^{\circ}\text{R}$) ist eine alte Einheit der Temperaturdifferenz. Sie wurde zu Ehren des französischen Physikers und Zoologen René Antoine Ferchault de Réaumur benannt.

Anmerkung:

Grad Réaumur ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit und wird bei uns nicht angewendet. Die Basiseinheit der Temperaturdifferenz ist das Kelvin (siehe unter K). Eine zugelassene Einheit für Temperaturdifferenzen ist der Grad Celsius (siehe unter $^{\circ}\text{C}$).

Umwandlungsbeziehung: $n^{\circ}\text{R} = 1,25\ n^{\circ}\text{C}$

René Antoine Ferchault de Réaumur wurde am 28. Februar 1683 in La Rochelle geboren. Anfangs studierte er Jura in Bourges, übersiedelte aber im Jahre 1703 nach Paris, wo er Naturwissenschaften, Mathematik und Physik studierte. Zu den Mitgliedern der Pariser Akademie der Wissenschaften zählte er bereits mit fünfundzwanzig Jahren. Während seiner fast fünfzigjährigen aktiven Mitgliedschaft war er zwölfmal ihr Direktor. Auf den Akademiesitzungen trug er fünfund-siebzig seiner Originalarbeiten vor.

Nach der Veröffentlichung einiger mathematischer Arbeiten galt Réaumurs Interesse fast gleichermaßen der Zoologie und der Technologie. In der Zoologie machte er auf der Grundlage umfangreicher Experimente und Beobachtungen eine Vielzahl von Entdeckungen. Von seinen zahlreichen Arbeiten muß das Werk „Abhandlung zur Naturgeschichte der Insekten“ erwähnt werden, das in den Jahren 1734 bis 1742 in sechs Bänden in Paris erschien; es umfaßte 4000 Seiten und 250 Anlagen, die etwa 5000 Abbildungen enthielten. Durch dieses Werk wurde Réaumur zu einem der Begründer der Wissenschaft von den Insekten. Der siebente Band dieses Werkes erschien erst zwei Jahrhunderte nach seinem Tode, und das Material reichte auch noch für einen achten Band.

Im Jahre 1711 stellte man ihn in der Akademie als bezahlten Mechaniker ein (heute könnte das einem Ingenieur-Technologen entsprechen). Auf diesem Posten war er für die Herausgabe von Büchern über verschiedene Zweige des Handwerks und der Industrie verantwortlich. In dieser Zeit seiner Tätigkeit an der Akademie entstand sein Werk „Beschreibung der Künste und der Handwerke“, das erst nach seinem Tode im Jahre 1761 in siebenundzwanzig Bänden im Druck erschien. Réaumur machte eine Vielzahl technischer und wissenschaftlicher Entdeckungen, über die er in der Akademie referierte: z. B. über die Herstellung von Spiegeln, die Bearbeitung von Schiefer, die Herstellung künstlicher Perlen, die Gewinnung von Eisen, über die Eigenschaften des Papiers u. a.

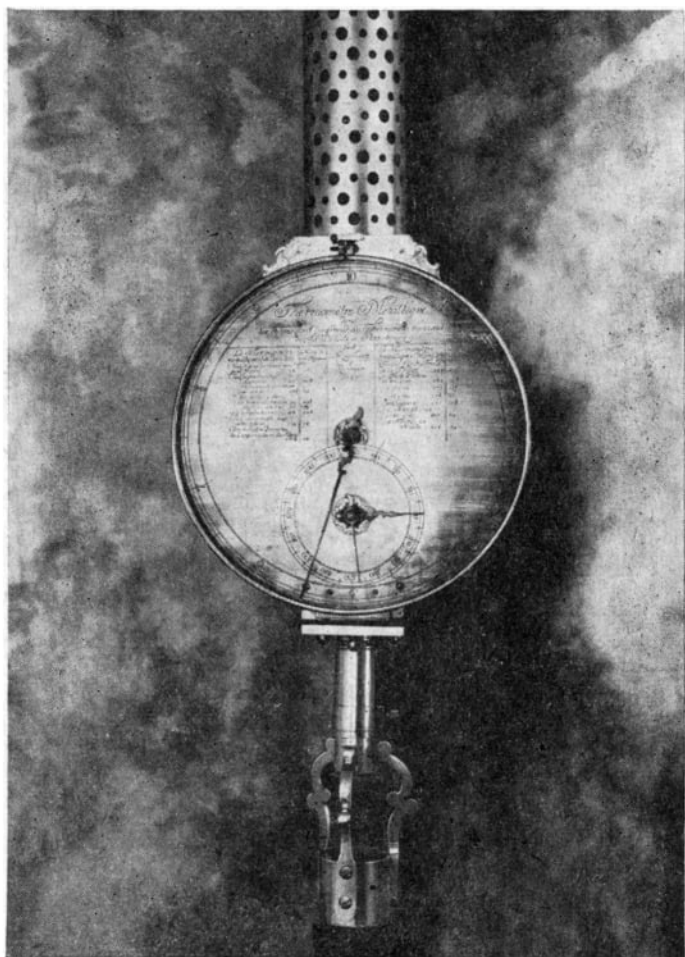
Im Jahre 1722 veröffentlichte er eines seiner wichtigsten

Werke: „Kunst der Umwandlung von Schmiedeeisen in Stahl“. Das Buch enthält die Ergebnisse der technologischen Forschung, die auf die praktische Anwendung der Erkenntnisse gerichtet ist und den Beginn der Stahlerzeugung in Frankreich zur Folge hatte. Im Jahre 1725 widmete Réaumur sein Augenmerk der Herstellung von verzinnem Blech, das bislang aus Deutschland eingeführt worden war. Er stellte auf der Grundlage von Experimenten fest, daß die Beseitigung der Oberflächenschicht des Eisens und eine glatte Oberfläche wichtige Bedingungen für die Produktion guter Bleche sind. Damit machte er sich um die Einführung der neuen Produktionstechnik in Frankreich verdient.

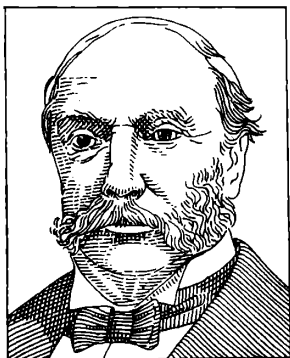
In den folgenden Jahren widmete sich Réaumur der Erforschung des Porzellans, und er erfand das nach ihm benannte Réaumursche Porzellan, was eigentlich Glas darstellte, das dem Porzellan ähnlich war. Er befaßte sich auch mit der Konstruktion von Thermometern. Zunächst handelte es sich um ein Alkoholthermometer und später um ein Quecksilberthermometer, das vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt des Wassers in 80 Grad geteilt war. Diese Skale erhielt nach ihm die Bezeichnung Réaumurskale. Er beschäftigte sich auch mit der Herstellung von Ankern und der Fertigung von Nadeln. Im Jahre 1749 veröffentlichte er ein zweibändiges Werk über die Konservierung von Eiern und über das künstliche Brüten.

Das Lebenswerk Réaumurs spricht von einem tiefen Interesse und einer aktiven Beteiligung an den praktischen Verwirklichungen wissenschaftlicher Entdeckungen und Erkenntnisse. Seine Ansichten über die Notwendigkeit einer engen Bindung zwischen der Wissenschaft und der Praxis brachte Réaumur noch im Jahre 1720 in einem umfangreichen Memorandum für die Akademie zum Ausdruck. Diese Anschauungen inspirierten eigentlich sein gesamtes Lebenswerk.

Réaumur starb am 18. Oktober 1757 in Bermondière (Maine).



Stand-Metallthermometer mit Skalenteilung nach De Lisle und Réaumur dazu Vergleichstabelle extremer Temperaturen (1747)



LORD RAYLEIGH

Rayl (Rayl) ist eine alte Einheit der spezifischen akustischen Impedanz. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers John William Strutt, des späteren Lord Rayleigh, benannt.

Definition:

Die spezifische akustische Impedanz von 1 Rayl entsteht, wenn ein Schalldruck von 10^{-6} bar die Schallgeschwindigkeit 1 cm/s verursacht.

Anmerkung:

Das Rayl ist eine gesetzlich *nicht zugelassene* Einheit. Als Größe der mechanischen Impedanz eines akustischen Mediums gilt die spezifische akustische Impedanz mit der SI-Einheit $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^3$.

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Rayl} = 10 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^3 =$
 $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}/\text{m} = 10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

John William Strutt, der spätere Lord Rayleigh, wurde am 12. November 1842 in Langford Grove in der englischen Grafschaft Essex geboren. Die Grundschulbildung erhielt er durch Privatlehrer. Bereits damals zeigte sich seine mathematische Begabung. Als Zwölfjähriger wurde er am Trinity College in Cambridge immatrikuliert, und vier Jahre darauf beendete er das Studium als bester Mathematikstudent, ausgezeichnet mit dem Smith-Preis.

Nach Beendigung des Studiums wirkte er weiter an der Universität. 1873 wurde er Mitglied der Royal Society, und im gleichen Jahr erbte er vom Vater den Adelstitel, so daß er unter dem Namen Lord Rayleigh bekannt wurde. Im Jahre 1879 übernahm er den Lehrstuhl von James Clerk Maxwell und wurde Direktor des Cavendish-Laboratoriums.

Im Jahre 1887 wurde er Professor für Naturkunde in der Royal Institution in London, wo er bis 1905 verblieb, als man ihn zum Präsidenten der Royal Society wählte. Drei Jahre später kehrte er nach Cambridge zurück, wo er bis zum Jahre 1914 Rektor der Universität war.

Rayleigh befaßte sich in seinen wissenschaftlichen Arbeiten mit den Problemen der klassischen Physik, insbesondere mit Akustik, Optik und Elektrizität. Es interessierte ihn besonders die Bewegung von Wellen aller Art. Für die elektromagnetischen Wellen leitete er eine Gleichung ab, nach der die Intensität des gestreuten Lichtes umgekehrt proportional zur vierten Potenz der Wellenlänge ist. So wird z. B. ein Strahl violetten Lichtes, das die halbe Wellenlänge von rotem Licht aufweist, sechzehnmal stärker gestreut als der Strahl des roten Lichtes. Damit bestätigte sich die Annahme von John Tyndall, daß die blaue Farbe des Himmels durch die Lichtstreuung an den kleinen Staubteilchen in der Atmosphäre hervorgerufen wird.

In weiteren Arbeiten entwickelte Rayleigh eines der Gesetze der Strahlung des schwarzen Körpers (Rayleigh-Jeanssches Gesetz) und leitete die Gleichung für die Strahlung eines schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Wellenlänge ab. Später zeigte sich, daß die Gleichung nur für das Gebiet der

langwelligen Strahlung Gültigkeit hat. Zum gleichen Zeitpunkt leitete Wilhelm Wien eine Gleichung für das Gebiet der kurzwelligen Strahlung ab. Beide Gleichungen wurden zum Ausgangspunkt der Quantenmechanik.

Rayleigh untersuchte auch Wasserwellen, seismische und akustische Wellen. In den Jahren 1877 bis 1878 gab er das hervorragende zweibändige Werk „Theorie des Schalls“ heraus.

Während seines Wirkens in Cambridge waren die von ihm ins Leben gerufenen Lehrgänge für experimentelle Physik im Cavendish-Laboratorium besonders erfolgreich. Er selbst war ein begabter Experimentator und erzielte wertvolle Ergebnisse mit Hilfe von oft sehr einfachen, aber sinnvollen Apparaturen.

Seine bekannteste Entdeckung gehört jedoch ins Gebiet der Chemie. Bei der Dichtemessung von Gasen wurde Rayleigh mit einem ungewöhnlichen Rätsel konfrontiert. Beim Sauerstoff fand er durch die Messungen stets die gleichen Dichten, unabhängig davon, auf welche Weise er ihn gewonnen hatte: entweder durch die Freisetzung aus chemischen Verbindungen oder aus der Luft. Anders lagen die Dinge beim Stickstoff. Der Stickstoff aus der Luft wies vielleicht schon zum hundertsten Mal eindeutig eine etwas höhere Dichte auf als der bei der chemischen Reaktion freigesetzte Stickstoff. Rayleigh nahm an, daß die Ursache in der Verunreinigung zu suchen ist, die bei der Gewinnung des Stickstoffes aus der Luft entstehen konnte. Aber es ließ sich experimentell keinerlei Verunreinigung nachweisen. Er veröffentlichte daher dieses Rätsel in der Zeitschrift „Nature“.

Der schottische Chemiker William Ramsey bat Rayleigh um die Genehmigung, dieses Problem lösen zu dürfen. Im Jahre 1894 fand er im Spektrum des Gases, das nach der Bindung des Stickstoffs aus der Luft an Magnesium zurückblieb, eine neue Spektrallinie. Sie bedeutete die Entdeckung eines damals noch unbekannten, im Vergleich zum Stickstoff etwas dichterem Gases, des chemischen Elementes Argon. Für diese Entdeckung erhielten beide Forscher im

Jahre 1904 den Nobelpreis: Rayleigh für Physik und Ramsay für Chemie.

Lord Rayleigh starb am 30. Juni 1919 auf seinem Sitz in Terling Place bei Witham (Essex).



ERNEST RUTHERFORD

Rutherford (Rd) ist eine nicht mehr verwendete Einheit für die Messung der Radioaktivität von Stoffen. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers Ernest Rutherford benannt.

Definition:

Das Rutherford ist die Aktivität einer solchen Menge eines radioaktiven Stoffes, in der es zu 10^6 Atomkernumwandlungen in 1 s kommt.

Anmerkung:

Die Einheit Rutherford wurde selten verwendet und ist gesetzlich *nicht zugelassen*. Stattdessen wurde und wird noch heute die SI-fremde Einheit Curie (siehe unter Ci) benutzt. Die SI-Einheit der Aktivität ist das Becquerel (siehe unter Bq).

$$\text{Umwandlungsbeziehung: } 1 \text{ Rd} = \frac{1}{37} \text{ mCi} = 10^6 \text{ Bq} = 1 \text{ MBq}$$

Ernest Rutherford wurde am 30. August 1871 in einem kleinen Dorf in der Nähe der Stadt Nelson auf Neuseeland als eines von zwölf Kindern eines kleinen Farmers geboren. In der Schule bestach er von Anfang an durch seine Begabung; er tat sich in allen Fächern hervor. Auf Empfehlung der Lehrer entschlossen sich die Eltern, ihn zu einem Studium zu schicken.

Nach Abschluß der Mittelschule in Nelson studierte er vier Jahre Mathematik und Physik an der neuseeländischen Universität in der Stadt Christchurch, wo er mit der wissenschaftlichen Arbeit vertraut wurde. Das Studium schloß er mit Auszeichnung ab. Für eine Arbeit auf dem Gebiet des Elektromagnetismus erhielt er einen Preis, der es ihm ermöglichte, nach England zu gehen und seine Arbeit sowie das Studium im Cavendish-Laboratorium in Cambridge fortzusetzen.

Im Cavendish-Laboratorium untersuchte er unter Anleitung des Direktors und führenden Physikers J. J. Thomson elektrische Entladungen in Gasen und die Ionisierung der Luft mit Hilfe der neuentdeckten Röntgenstrahlung. Durch diese Arbeiten wurde der junge Rutherford in der Welt der Wissenschaft bekannt.

Nach der Entdeckung der Radioaktivität begannen viele Forscher, die radioaktive Strahlung zu untersuchen. Auch Rutherford interessierte das Problem, und es bestimmte die Richtung seiner weiteren Forschungstätigkeit. Bereits im Jahre 1897 unterschied er zwei Arten radioaktiver Strahlung, nämlich die Alpha- und die Beta-Strahlung. Im gleichen Jahr wurde er zum Physikprofessor an die kanadische Universität in Montreal berufen.

1900 entdeckte Rutherford die Radium-Emanation. Drei Jahre später sprach er unabhängig vom Ehepaar Curie den Gedanken aus, daß die radioaktive Strahlung das Ergebnis von Veränderungen der Atome ist, und erarbeitete gemeinsam mit Soddy die Theorie des radioaktiven Zerfalls.

Im Jahre 1907 siedelte Rutherford wieder nach England über, wo er Physikprofessor an der Universität in Manchester wurde. Hier begann er nachzuweisen, daß sich Helium bei

radioaktiven Umwandlungen aus Radium bildet, was er im Jahre 1909 gemeinsam mit Royds auch experimentell bestätigte.

Zwei Jahre später entwickelte Rutherford sein Atommodell, nach dem sich das Atom aus einem positiv geladenen Kern, in dem fast die gesamte Atommasse konzentriert ist, und aus Elektronen mit negativer elektrischer Ladung und relativ geringer Masse zusammensetzt, die sich – ähnlich wie die Planeten um die Sonne – um den Kern bewegen. Die Anzahl der Elektronen ist bei den verschiedenen Elementen unterschiedlich, wobei die Kernladung gleich der Summe der Elektronenladungen ist, so daß das Atom als Gesamtheit elektrisch neutral erscheint.

Die Unzulänglichkeiten dieses Atommodells beseitigte später Rutherfords Schüler Niels Bohr, als er es mit den Gesetzen der Planckschen Quantentheorie kombinierte.

Im Jahre 1919 übernahm Rutherford nach J. J. Thomson dessen Stelle als Professor für experimentelle Physik in Cambridge. Im gleichen Jahr erreichte er im Cavendish-Laboratorium den größten Triumph seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, als er nachwies, daß man den Atomkern des Stickstoffs durch Bombardieren mit Alphateilchen spalten kann. Dieser Versuch, bei dem erstmalig die künstliche Umwandlung eines Elements gelang, wurde der Beginn einer neuen Etappe der Physik, der Physik des Atomkerns. In den weiteren Jahren verwirklichte dann Rutherford gemeinsam mit Chadwick mit Hilfe eines Alphateilchenbeschleunigers die künstliche Umwandlung weiterer leichter Elemente. In dieser Zeit sagte Rutherford die Existenz des Neutrons voraus, das Chadwick im Jahre 1932 tatsächlich entdeckte.

Rutherford begründete eine berühmte Schule von Physikern. Seine Schüler waren führende Physiker der ganzen Welt wie Bohr, Chadwick, Wilson, Millikan, Kapiza u. a. Er selbst betonte den internationalen Charakter der Wissenschaft und die Unumgänglichkeit der Zusammenarbeit der Forscher in aller Welt.

Die Ergebnisse seiner Entdeckungen veröffentlichte er in mehreren Arbeiten. Viele Akademien der Wissenschaften ehrten ihn durch Verleihung ihrer Mitgliedschaft. Im Jahre 1908 erhielt er den Nobelpreis für Chemie, weiterhin die Rumford-Medaille, die Copley-Medaille, die Franklin-Medaille und andere Auszeichnungen. In den Jahren 1925 bis 1930 war er Präsident der Londoner Royal Society. Im Jahre 1931 wurde er für seine Verdienste um die Entwicklung der Wissenschaft in den Adelsstand mit dem Titel Lord Rutherford of Nelson erhoben. Er starb am 19. Oktober 1937 in Cambridge und wurde neben Newton, Darwin und Faraday beigesetzt.

* * *

Man traf sich auf dem Trafalgar Square in London. Einer von ihnen, ein Mann um die dreißig, breitschultrig und gut gebaut, sah einem wohlhabenden Farmer vom Lande ähnlich. Der andere, ein Junggeselle... Sein rundliches, glattrasiertes Gesicht hätte einen gutmütigen Ausdruck haben können, wenn nicht die glänzenden, lebendigen Augen mit einem Blick, scharf wie ein Dolch, gewesen wären. Sie schritten über den ausgedehnten Platz, passierten die von der Sommersonne beschienene Nelsonssäule, die vor der Nationalgalerie emporragte, und nahmen gemeinsam an einem Tisch eines Cafés Platz, ohne das Gespräch abubrechen.

»Ich habe zur Zeit ziemlich ernsthafte Schwierigkeiten«, sagte der jüngere Mann. »Ich bin mir nicht sicher, ob mein Radiumpräparat rein genug ist.«

»Wie?« wunderte sich sein Gesprächspartner. »Was veranlaßte Sie zu diesem Zweifel?«

»Ich habe die Anwesenheit von Helium festgestellt. Es kann aus Beimengungen oder auch von der radioaktiven Umwandlung des Radiums herrühren.«

»Sie schlußfolgern also, daß die Alphateilchen...?«

»Ja, aber ich habe keine Möglichkeit, etwas nachzuweisen, denn ich bin mir der Reinheit der Präparate nicht sicher.«

»Ich habe frisches, absolut reines Radiumbromid mitgebracht. Wenn es Ihnen etwas nützt, könnte ich es Ihnen leihen.«

»Ich wäre Ihnen sehr dankbar...«

Am Nebentisch saß ein unbekannter junger Mann, der dem Gespräch von Zeit zu Zeit angestrengt lauschte. Die Worte wie Radiumpräparat, Helium, Radiumbromid weckten in ihm sichtliches Interesse.

Wer sind diese Männer, die sich über die neuesten wissenschaftlichen Forschungen unterhalten? Vielleicht gelänge es, sie um ein Interview zu bitten? Mr. Smith war ein frischgebackener Reporter. Überall, wo nur möglich, suchte er Themen für seine Reportagen. Bisher jedoch nur mit geringem Erfolg. Es war sein Wunsch, sich auf die wissenschaftliche Berichterstattung zu spezialisieren, nur: wie ein Gespräch mit einem Wissenschaftler arrangieren? Selten hat einer von ihnen Zeit und Lust, sich mit einem Journalisten zu unterhalten. Aber vielleicht wäre es jetzt möglich, etwas in Erfahrung zu bringen?

Mr. Smith rief den Kellner. »Wer sind diese Herren da?« fragte er, indem er unauffällig mit Blicken auf die beiden ihn interessierenden Unbekannten hinwies.

»Der Jüngere ist Soddy, der Assistent des Professors Ramsay, er kommt oft hierher«, antwortete der Kellner. »Und der dort...«, der Kellner zuckte mit den Achseln, »irgendein Provinzler.«

»Provinzler?«

»Er war gestern zum Mittagessen hier. Ich hörte, wie er sich mit irgend jemanden über die Bodenbearbeitung auf Neuseeland unterhielt. Ganz sicher ist es ein Farmer.«

»Farmer? Neuseeländer? Und er unterhält sich mit Soddy, einem Physiker, Wissenschaftler, wie mit seinesgleichen?«

Mr. Smith wurde immer aufgeregter. Er versteckte sich hinter der Zeitung und lauschte weiter.

»Ich halte Sie eigentlich auf, Herr Soddy«, sagte der »Farmer« mit klangvoller Stimme. »Selbstverständlich bin ich auf Ihre weiteren Versuche mit der Alphastrahlung gespannt, aber ich wollte mich auch ganz einfach einmal mit Ihnen treffen. Ich

erinnere mich immer wieder gern an die Zeit Ihrer Arbeit bei mir in Montreal.«

Arbeit bei ihm? Also hat Soddy bei ihm gearbeitet? In Montreal. Wer zum Kuckuck kann dieser Mann sein?

»Seien Sie versichert, daß auch ich mich dankbar an die Assistentenzeit bei Ihnen, Herr Rutherford, erinnere.«

Rutherford?! Die Zeitung fiel dem Reporter aus den Händen. Also das ist der berühmte Professor Rutherford, der gerade Mitglied der Royal Society geworden war. Rutherford! Der aufgeregte Reporter näherte sich mit einer Verbeugung dem Nachbartisch.

»Ich bitte um Entschuldigung, meine Herren, aber, wenn ich mich nicht irre, spreche ich mit dem berühmten Physiker, dem Erforscher der Radioaktivität, dem Mitglied der Royal Society, mit Professor Rutherford?«

»Ja, ich bin Rutherford«, entgegnete kurz der »Farmer«. »Und der Herr... Sie entschuldigen, in welcher Angelegenheit?«

»Ich heiße Smith, bin Reporter und spezialisiere mich, also... eigentlich will ich mich auf die wissenschaftliche Berichterstattungsspezialisieren. Solche eine Gelegenheit! Oh, Mister Rutherford, ich bitte Sie um ein kleines Interview, nur einige Minuten«, sagte Smith schnell, indem er einen Block hervorholte.

»Das ist aber eine Plage mit diesen Reportern! Ich dachte, das sei nur in Amerika so, aber ich sehe, daß das auch in England nicht besser ist. Man kann sich nicht einmal in Ruhe unterhalten.«

»Schuld daran ist Ihr Ruhm«, lachte Soddy. »Sie sind ungewöhnlich populär.«

»Na, na, auch wenn man Ihnen jetzt noch Ruhe gönnt, sage ich voraus, daß auch Sie in ein paar Jahren das »Vergnügen der Popularität« kennenlernen«, antwortete Rutherford lebhaft und wandte sich an den Reporter: »Was wollen Sie von mir wissen?« Das war viel, und die Debatte zog sich bis in die späten Stunden hin. Der Block des Reporters füllte sich...

* * *

Es vergingen noch einige Wochen, und Rutherford erhielt von Soddy eine Nachricht. Die sorgfältigen und ausführlichen Untersuchungen ergaben, daß Helium tatsächlich aus Radium entsteht.

»Es wurde nachgewiesen, daß sich Helium aus Radium bildet, aber ob es mit den Alphateilchen identisch ist, darin sind wir uns nicht sicher«, überlegte Rutherford.

Er setzte die Forschung fort. Fünf Jahre später stand Rutherford in Manchester, wo er bereits seit einem Jahr den Lehrstuhl innehatte, im Arbeitskabinett vor einem Gerät, mit dessen Hilfe er gemeinsam mit dem jungen Assistenten Royds die Identität der Alphateilchen mit Helium nachwies.

»Herr Professor, Post aus Schweden«, Royds reichte Rutherford einen Brief und ein Telegramm.

»Aus Schweden?« wunderte sich Rutherford. Er überflog mit den Augen den Text des Telegramms und reichte dem Assistenten den Vordruck mit glühendem Gesicht.

»Eine Benachrichtigung über die Verleihung des Nobelpreises?« rief Royds aus. »Ich beglückwünsche Sie herzlich, Herr Professor!«

»Wir beglückwünschen Sie, wir beglückwünschen Sie«, schüttelten die Assistenten Geiger und Marsden dem Professor freudig die Hand.

Die Mitarbeiter hatten Rutherford sehr gern und nahmen die hohe Wertschätzung, die ihm zuteil wurde, mit Begeisterung und Freude auf.

»Ich danke Ihnen, meine Herren«, antwortete Rutherford und öffnete den Brief. Eine plötzliche Überraschung und Verwunderung zeichneten sich auf seinem Gesicht ab. Er überlas noch einmal den Brief, verglich ihn mit dem Telegramm und brach in schallendes Gelächter aus.

»Das ist aber prächtig, wunderbar!« rief er, indem er den Brief hin- und herschwenkte und so stark lachte, daß ihm die Tränen in die Augen traten. »Einer der besten Witze, die ich erlebt habe!« Die Assistenten schauten verwundert auf den Professor. Was fand er denn so Lächerliches im Brief der Schwedischen Akademie?

»Hervorragend!« wiederholte Rutherford, indem er sich die Augen wischte. »Man hat aus mir einen Chemiker gemacht!«

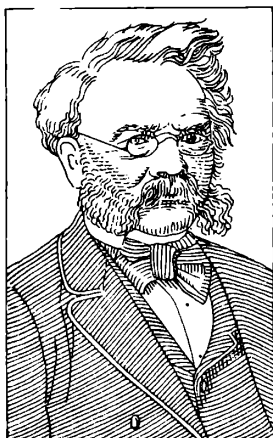
»Einen Chemiker?!«

»Ja, nicht mehr und nicht weniger, nur einen Chemiker. Man hat mir den Nobelpreis für Arbeiten auf dem Gebiet der Chemie verliehen!«

Marsden las den Inhalt des Briefes und des Telegramms laut vor. Mit höflichen Worten teilte die Schwedische Akademie Professor Rutherford mit, daß ihm der Nobelpreis für Chemie verliehen wurde.

»Tatsächlich«, rief Geiger, »da hilft nichts, wir müssen den Tatsachen Rechnung tragen, daß wir offensichtlich nicht in einem physikalischen, sondern in einem chemischen Laboratorium arbeiten.«

»Ich hatte es bereits mit vielen Umwandlungen zu tun, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit verliefen«, sagte Rutherford, der sich schon ein wenig beruhigt hatte. »Aber meine jetzige eigene Verwandlung von einem Physiker in einen Chemiker war die schnellste von allen, die ich bisher erlebt habe.«



WERNER VON SIEMENS

Siemens (S) ist die SI-Einheit des elektrischen Leitwertes. Sie wurde zu Ehren des deutschen Ingenieurs **Werner von Siemens** benannt.

Definition:

Das Siemens ist der elektrische Leitwert eines Leiters vom Widerstand $1 \, \Omega$.

$$1 \, \text{S} = 1/\Omega = 1 \, \text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}^2$$

Werner Siemens wurde am 13. Dezember 1816 in Lenthe bei Hannover als eines von neun Kindern eines Kleinbauern und Gutspächters geboren.

Schon in der Grundschule und auf dem Gymnasium zeigte er Interesse an den Naturwissenschaften. Seinen sehnlichsten Wunsch nach technischer Hochschulbildung konnten ihm die Eltern jedoch nicht erfüllen; deshalb meldete er sich zur Artillerie- und Ingenieurschule in Berlin.

Nach Abschluß der Schule nutzte der junge Offizier jede freie Minute für Versuche auf den verschiedensten Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Bereits im Herbst 1840 gelang es ihm, kleine Metallgegenstände galvanisch zu vergolden, später entwickelte er einen Differentialregler für die Dampfmaschine, eine Druckvorrichtung mit Zinkplatten für eine rotierende Schnellpresse, einen Funkenfänger für Lokomotiven und vieles andere mehr. Seine Erfindungen versuchte er zu Geld zu machen, denn er unterstützte die verarmten Eltern und die zahlreichen Verwandten vorbildlich.

Seit 1846 widmete sich Siemens dem elektrischen Telegrafen, dessen große Bedeutung für die Nachrichtentechnik damals erkannt wurde. Es gelang ihm, ein Zeigertelegrafengerät mit Selbstunterbrecher zu konstruieren. Dieses Gerät wurde bei einer Wettbewerbsausschreibung für das geeignetste zum Aufbau des preußischen staatlichen Telegrafennetzes befunden.

Siemens wurde schon längere Zeit vom Universitätsmechaniker Johann Georg Halske bei der Verwirklichung seiner Erfindungen unterstützt. Nach dem Erfolg ihres Zeigertelegrafen gründeten sie gemeinsam die Firma „Siemens & Halske“. Damals war Siemens bereits zur Militär-„Kommission für die Einführung der elektromagnetischen Telegraphen“ abkommandiert. Aus dieser Zeit stammt auch seine Erfindung einer Presse für die nahtlose Isolierung einer Drahtleitung mit Guttapercha.

Im Jahre 1849 verließ Siemens nach vierzehn Dienstjahren die Armee, um sich ganz seiner Firma und der wissenschaftlichen Arbeit zu widmen. Auf dem Gebiet der elektrischen

Telegrafie gelangen ihm mehrere bedeutsame Verbesserungen und Erfindungen, von denen man zumindest das Tellergerät zur Erzeugung hochgespannten Gleichstromes durch Induktion und den Doppel-T-Anker nennen muß. Diese Arbeiten gipfelten im Bau der indisch-europäischen Telegrafienverbindung, die zur damaligen Zeit eine technische Sensation darstellte; Siemens wendete dabei weitere neue technische Lösungen an.

Die wichtigste Siemenssche Entdeckung ist jedoch das dynamoelektrische Prinzip im Jahre 1866, nach dem zur Selbsterregung eines Generators der Restmagnetismus ausreicht, der stets in weichem Eisen auftritt. Dadurch wurden alle Hindernisse aus dem Weg geräumt, die die Erzeugung elektrischen Stromes in praktisch nutzbarer Menge beschränkten. Siemens erkannte die Bedeutung seiner Entdeckung sofort und begann mit der Fertigung elektrischer Generatoren für Beleuchtungszwecke.

Siemens widmete sich jedoch auch anderen Erfindungen. Im Jahre 1865 baute er die erste Rohrpostanlage, verbesserte die Konstruktion des Wasserzählers und eines Alkoholoimeters und beteiligte sich auch an den Arbeiten seines Bruders Friedrich, die zur Erfindung der Regenerativfeuerung von Schmelzöfen führten. Außer den technischen Entdeckungen löste er viele wissenschaftliche Probleme, die beispielsweise die statische Aufladung erdverlegter Leitungen oder die Verlegung von Tiefseekabeln betreffen. 1879 baute er für die Berliner Gewerbeausstellung die erste elektrische Eisenbahn.

Für seine Verdienste in Wissenschaft und Technik verlieh man ihm zweimal die Ehrendoktorwürde, 1874 wurde er zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Berlin ernannt und im Jahre 1888 in den Adelsstand erhoben. Werner von Siemens war zweimal verheiratet und hatte zwei Söhne, die nach ihm die Betriebsführung übernahmen. Er starb am 6. Dezember 1892 in Berlin-Charlottenburg.

Werner Siemens wurde mitten in der Nacht im Schlaf gestört. Einen Augenblick lang fehlte ihm die Orientierung. Er lag in einem Hotelzimmer.

Er erinnerte sich, daß er sich in Petersburg befand. Im Schein der kleinen Nachttischlampe schaute er auf die Uhr. Es war zehn Minuten nach Mitternacht. Das Klopfen an der Tür wiederholte sich.

Siemens rief verärgert: »Wer ist da?«

»Ich komme auf Befehl seiner Exzellenz, des Herrn Grafen Kleinmichel«, meldete sich eine Stimme hinter der Tür.

Siemens sprang vom Bett auf. Der Graf Kleinmichel war Verkehrsminister, Vertrauter des Zaren und gefürchtetster Mann Rußlands.

Als Siemens aus dem Zimmer trat, sah er vor sich einen Stabs-offizier, zwei Leutnants und vier Kosaken. Die Offiziere grüßten, und die Kosaken machten Ehrenbezeugungen.

»Seine Exzellenz bittet um Entschuldigung, daß sie Sie wecken ließ«, sagte der Stabsoffizier. »Der Herr Minister erwartet, daß Sie ihn unverzüglich aufsuchen.«

»Das sieht eher wie eine Verhaftung aus«, entgegnete Siemens und wies auf die Kosaken, in ihrer Habachtstellung.

»Seine Exzellenz bittet Sie sehr dringend, Herr Siemens!«

Siemens ging mit. Vor dem Hotel wartete eine Kutsche.

Werner Siemens baute schon zwei Jahre Telegrafenleitungen für die russische Regierung. In kurzer Zeit stellte er die Verbindung zwischen Moskau und Petersburg sowie Petersburg und Kronstadt her. In sechs Wochen baute er eine 1100 Kilometer lange Verbindung zwischen Petersburg und Warschau. In diesen zwei Jahren entstanden auch die Leitungen Moskau—Kiew, Kiew—Odessa, Petersburg—Helsinki und andere.

Fast die ganze Zeit führte Rußland gegen die Türkei sowie gegen Frankreich und England, die Verbündete der Türkei waren, Krieg.

Die russischen Häfen in der Ostsee waren blockiert, und das gesamte Material mußte über verschneite, verschlammte und durch das Meer verbarrikadierte Festlandswege hergeschafft

werden. Schon ein ganzes Jahr währte die Belagerung von Sewastopol durch die Verbündeten.

»Wir brauchen unverzüglich eine telegrafische Verbindung mit Sewastopol!« Mit diesen Worten begrüßte der Adjutant seiner Exzellenz Werner Siemens. Graf Kleinmichel war nicht anwesend, denn er war vom Zaren noch nicht zurückgekehrt.

»Seine Exzellenz hat den Wunsch, daß Sie bis zum Morgen um sieben Uhr den Kostenvoranschlag vorbereiten und den Zeitpunkt mitteilen, bis zu dem der Bau abgeschlossen sein wird.« Siemens arbeitete die ganze Nacht hindurch. Es bereitete ihm keine außergewöhnlichen Schwierigkeiten, er war am Ende noch froh darüber. Er fand in der Arbeit Befriedigung. Auf dem Arbeitstisch stand eine Talbottypie¹⁾ der Friedrichstraße, die ihn auf allen seinen Reisen begleitete. Vom Bild her schauten ihn Mathildes Augen an.

Die Arbeiten in Rußland waren jedoch nicht seine wichtigste Leistung. Diese wartete in Berlin auf ihn, in der Schöneberger Straße 19, wo Meister Halske mit geübter Hand auch die kompliziertesten Geräte nach Siemens' Entwürfen fertigte.

Erst kürzlich konstruierte er dort aus einem langsam arbeitenden Morsegerät einen Schnelltelegrafen. Mit Hilfe des alten Geräts konnte man bestenfalls vierzig Wörter in der Minute senden. Siemens lochte mit seinem Drei-Tasten-Perforator den Text auf einen Papierstreifen, ließ den Lochstreifen durch das Kontaktgerät laufen und sendete vierhundert Wörter in der Minute.

Wenn man über große Entfernungen telegrafieren wollte, reichte der Strom, den die Voltaschen oder Daniellschen Elemente lieferten, nicht aus. Die Batterien auf solche Abmessungen zu vergrößern, daß die Empfangsstationen noch deutliche Impulse registrierten, war schwierig und kostspielig.

Siemens hatte schon seit langem einen Einfall. Er betraf ein Gerät, das den Gleichstrom der Batterien durch Induktion in starke Wechselstromimpulse umwandeln sollte.

Das erste Modell hatte er bereits konstruiert. Zwischen den

¹ Vorläufer der Fotografie

Polen eines Elektromagneten lief ein tellerförmiger Anker um. Dieses Modell wartete jetzt zu Hause auf ihn.

Früh am Morgen, genau um sieben Uhr, stand Siemens nach durchwachter Nacht im Arbeitszimmer des Grafen Kleinmichel mit den Berechnungen in den Händen. Seine Exzellenz hatte man früh um sechs Uhr erneut zum Zaren gerufen. Siemens wartete auf die Rückkehr des Ministers.

Der Graf erschien erst kurz vor acht Uhr und war sehr aufgeregt. »Ich habe seiner Majestät in Ihrem Namen, lieber Herr Siemens, versprochen, daß Sie die Leitung Moskau — Sewastopol in sechzehn Wochen errichten. Seine Majestät war mit Ihrem Versprechen sehr zufrieden.«

»Aber das ist doch unmöglich, Exzellenz!« widersprach Siemens. »Der Sommer neigt sich bereits seinem Ende entgegen, die Häfen sind blockiert, und in solch kurzer Zeit können wir auf dem Festlandweg das Material nicht beschaffen!«

»Herr Siemens!« schrie Graf Kleinmichel. »Es ist der Befehl des Zaren!«

Siemens schwieg. Er kehrte ins Hotel zurück. Von diesem Augenblick an standen vor der Tür seines Zimmers zwei Kosaken. Auf Befehl des Zaren.

Siemens beendete die Leitung in der festgelegten Zeit. Sie ermöglichte noch die rechtzeitige Übermittlung der Nachricht über den Fall der Festung Sewastopol an den Zaren.

Im Jahre 1855 kehrte Siemens aus Rußland zurück. Er etablierte sich wieder in seinem kleinen Zimmerchen in der Schöneberger Straße in Berlin mit Ausblick auf den Anhalter Bahnhof.

»Der Bau von Telegrafenleitungen macht mir keinen Spaß mehr«, sagte eines Tages Siemens zu Halske. »Ich denke, daß uns die Engländer wieder überholen. Mit meinen Guttaperchakabeln haben sie bereits eine Leitung durch den Ärmelkanal und im Schwarzen Meer verlegt, aber bisher ist es ihnen noch nicht gelungen, mit diesen Leitungen richtig zu telegrafieren. Zumindest bisher nicht, und das ist unser Glück!«

»Wir hätten uns das Kabel patentieren lassen sollen.«

»Wenn ich keine andere Arbeit gehabt hätte! Schon vor Jahren habe ich auf die elektrostatische Aufladung erdverlegter oder

in der Tiefsee verlegter Kabel aufmerksam gemacht. Die Engländer hat das allerdings nicht interessiert. Aber jetzt, da sie mit ihrer Weisheit am Ende sind, schreiben sie mir.«

Siemens reichte Halske einen Brief.

Die englische Firma Newall and Co., die auch ein Kabel im Mittelmeer verlegt hatte, war mit dem Auftrag zur Verlegung eines Kabels durch das Rote Meer bis nach Indien betraut worden. Nur betrug jetzt die Entfernung von Suez bis Aden 2500 Kilometer.

Siemens sollte die persönliche Aufsicht bei der Prüfung der Eigenschaften des Kabels übernehmen, daher ging er an Bord des Schiffes, das in Suez das Kabel verlegte.

Bis Aden ging alles gut. Dort stellte Siemens das Empfangsgerät auf und versuchte, die Verbindung mit Suez herzustellen. Suez meldete sich nicht. Die Leitung war wie tot.

Der Direktor der Expedition raste. »Wozu haben wir Sie mitgenommen, Mister Siemens? Jetzt stecken wir hier 5000 Kilometer von London entfernt und wissen keinen Rat.«

»Ich helfe Ihnen!« sagte Siemens ruhig.

Noch am gleichen Tag schloß er sein Meßgerät an die Leitung, dessen Prinzip ihm in der Schöneberger Straße eingefallen war, als er durch das Fenster den Menschenstrom betrachtete, der sich zum Eingang des Anhalter Bahnhofs drängte. »Wenn ich den Widerstand des Kabels und den Widerstand des Wassers kenne, kann ich auch die Stelle bestimmen, an der das Kabel gerissen ist.«

»Das Kabel ist drei Meilen vor Aden gerissen«, sagte er zu dem Leiter der Expedition am Morgen des folgenden Tages.

Die Anwesenden waren alle Ingenieure. Sie antworteten ihm mit lautem Gelächter.

»Mister Siemens«, donnerte der Direktor, »ich verbiete Ihnen solchen Bluff!«

»Und ich, Herr Direktor, fordere Sie auf, sich von diesem Bluff zu überzeugen.«

Man zog das Kabel heraus. Drei Meilen vor Aden fand man die unterbrochene Stelle. Siemens reparierte das beschädigte Kabel, rief Aden an und erhielt augenblicklich Antwort.

Erstmalig verwendete er für die Telegrafie über Kabel einen Kommutator, so daß man über eine Leitung gleichzeitig in beiden Richtungen telegrafieren konnte. Diese beiden Siemens'schen Erfindungen, aber auch später noch viele weitere, alle wurden in Berlin geboren, in dem kleinen Zimmerchen in der Schöneberger Straße, mit Ausblick auf den Anhalter Bahnhof...



Zeigertelegraf von Siemens



GEORGE GABRIEL STOKES

Stokes (St) ist eine alte Einheit der kinematischen Viskosität. Sie wurde zu Ehren des englischen Physikers und Mathematikers George Gabriel Stokes benannt.

Definition:

Das Stokes entspricht der kinematischen Viskosität $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Anmerkung:

Das Stokes ist nur *befristet zulässig*.

Die SI-Einheit der kinematischen Viskosität ist das Quadratmeter je Sekunde (m^2/s). Es ist das die kinematische Viskosität einer Flüssigkeit von der Dichte $1 \text{ kg}/\text{m}^3$, deren dynamische Viskosität $1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ beträgt. Allgemein gilt: Kinematische Viskosität ist gleich dynamische Viskosität, dividiert durch die Dichte des Mediums.

George Gabriel Stokes wurde am 13. August 1819 in Skreen in Irland geboren. Er studierte im Pembroke College und danach an der Universität in Cambridge. Im Jahre 1841 wurde er Mitglied der Universität, und ein Jahr später erreichte er den akademischen Grad eines Magisters (master of arts). Als Dreißigjähriger wurde er Professor für Mathematik und Physik an der Universität in Cambridge, und in diesem Beruf arbeitete er bis an sein Lebensende.

Für Stokes ist der Wesenszug charakteristisch, daß er dem physikalischen Denken größere Bedeutung beimaß als mathematischen Abstraktionen. In den Jahren 1845 und 1850 veröffentlichte er Arbeiten über viskose Flüssigkeiten; er berechnete die Korrektur für die Pendelreibung bei der Bewegung durch die Luft.

1849 erschienen seine Arbeiten über die Erscheinungen der optischen Interferenz, die als Newtonsche Ringe bekannt sind, und im gleichen Jahr noch eine Arbeit über die dynamische Theorie der Beugung, die sich mit allgemeinen Problemen der Wellen in einem elastischen Äther befaßte. Aus dieser Zeit stammt auch das berühmte Stokessche Gesetz des Falls der Körper im viskosen Medium, das u. a. besagt, daß die Fallgeschwindigkeit von der Masse der Körper abhängig ist. Im gleichen Jahre veröffentlichte er eine Arbeit über die Änderungen der Gravitation auf der Erdoberfläche, wodurch er zu einem Bahnbrecher auf dem Gebiet der Geodäsie wurde.

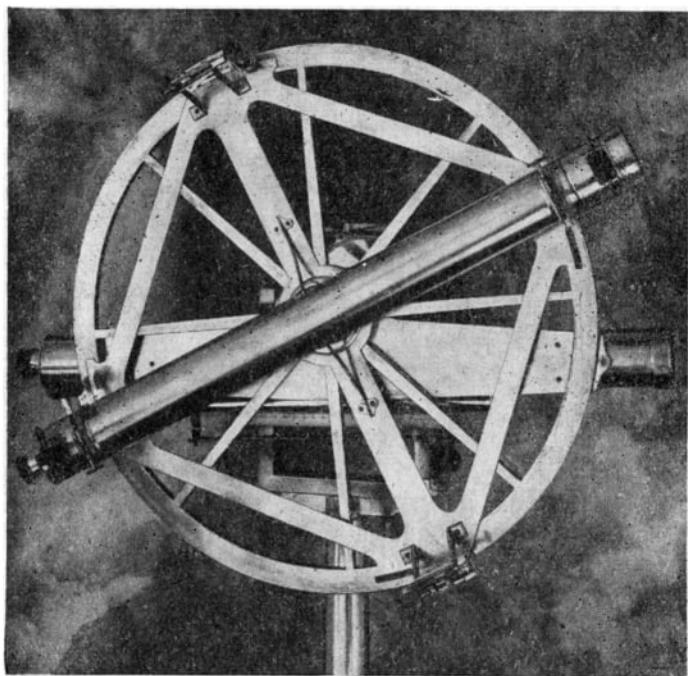
1851 wurde er zum Mitglied der Londoner Royal Society ernannt. Ein Jahr später gab er eine Arbeit über die Fluoreszenz heraus; er ist auch der Urheber der Bezeichnung dieser Erscheinung. Bei Versuchen stellte er fest, daß einige Lösungen, insbesondere Chininlösungen, unter normalen Bedingungen farblos waren, unter bestimmten Bedingungen jedoch eine blaue Farbe annahmen. Stokes verwies darauf, daß dieser Fluoreszenzeffekt durch ultraviolettes Licht hervorgerufen wurde, und fand, daß auch noch andere anorganische und organische Stoffe die Fähigkeit der Fluoreszenz besitzen. Ein großes Verdienst hat er an

der vollen Aufklärung des Wesens der Fluoreszenz, die bezüglich einiger Effekte schon vorher bekannt war. Er wies nach, daß die Stoffe das einfallende Licht so aufnehmen, daß dabei ihre Moleküle in eine schwingende Bewegung geraten. Darin besteht das Wesen der Fluoreszenz. Er ist auch Urheber der Stokesschen Regel, die besagt, daß das fluoreszierende Licht eine geringere Frequenz aufweist als das Licht, welches es hervorgerufen hat.

Im Jahre 1854 wurde Stokes Sekretär der Londoner Royal Society und in den Jahren 1885 bis 1890 auch ihr Präsident. 1854 sprach er die Vermutung aus, daß die schwarzen Linien, die Fraunhofer im Sonnenspektrum festgestellt hatte, die Folge der Absorption des Lichtes durch die kälteren Atome in den äußeren Schichten der Sonne sein können. Dieses Problem untersuchte er jedoch selbst nicht näher. Deshalb gelten auch Kirchhoff und Bunsen als Urheber der Spektralanalyse.

Stokes befaßte sich auch mit der Untersuchung der ultravioletten Strahlung, mit unterschiedlichen Lichteffekten, mit dem Gleichgewicht elastischer Körper, mit der Theorie der Meereswellen, der Theorie des Schalls und vielen weiteren Problemen der experimentellen Physik. Er verkörperte die Kombination aus einer mathematischen Begabung und der Fertigkeit eines Experimentators. Er bekleidete auch das Amt des Verwalters der Universität in Cambridge und war von 1887 bis 1891 Abgeordneter der Universität. Die Ergebnisse seiner Arbeiten gab er in späteren Jahren in mehreren Sammelausgaben heraus.

Er starb am 1. Februar 1903 in Cambridge.



Repetitionskreis (Instrument für astronomische Beobachtungen) (um 1790)



NIKOLA TESLA

Tesla (T) ist die SI-Einheit der magnetischen Induktion (der magnetischen Flußdichte). Sie wurde zu Ehren des kroatischen Ingenieurs und Erfinders Nikola Tesla benannt.

Definition:

Das Tesla ist die magnetische Induktion eines homogenen magnetischen Flusses, der die Fläche 1 m^2 senkrecht mit der Stärke 1 Wb durchsetzt.

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$$

Nikola Tesla wurde am 10. Juli 1856 in Smiljan beim Städtchen Gospić in Dalmatien¹) als Sohn eines Priesters der orthodoxen kroatischen Kirche geboren. Bereits beim Studium auf der Mittelschule bewies er eine hervorragende Begabung für Mathematik und Physik.

Seit 1875 studierte er an der Technischen Hochschule in Graz. Nach kurzer Unterbrechung wegen finanzieller Schwierigkeiten beendete er das Studium in Prag.

Von der Prager Universität ging er nach Budapest und nahm eine Tätigkeit in der dortigen Telefongesellschaft auf. Er machte durch einige praktische Erfindungen auf sich aufmerksam, so daß ihm von einer Pariser Elektrizitätsgesellschaft, die zum Edison-Konzern gehörte, die Stelle eines Ingenieurs angeboten wurde. Bereits damals trug sich Tesla mit dem Gedanken, einen Elektromotor für Mehrphasen-Wechselstrom zu konstruieren, der die Nachteile der damaligen Einphasenmotoren beseitigen würde.

Im Jahre 1882 nahm er das Angebot an und ging nach Paris. Hier gelang es ihm, in seiner eigenen kleinen Werkstatt den ersten Motor ohne Kommutator, ohne Bürsten, genau nach seinen Budapester Vorstellungen zu bauen. Mit der Erfindung hatte er bei den Vorgesetzten der Gesellschaft kein Glück.

Zwei Jahre später befand er sich auf einer Reise nach Amerika, wo er über ein Jahr bei der Edison-Gesellschaft arbeitete. Aber auch hier fand er keine Möglichkeit, seine Erfindung zur Geltung zu bringen, und daher dachte er daran, sich selbständig zu machen. Das gelang ihm erst beim zweiten Versuch, als im Jahre 1887 die Gesellschaft „Tesla Electric Company“ ins Leben gerufen wurde. Noch im gleichen Jahr meldete er die grundlegenden Patente an, die sich auf die Drehfelder und die Elektroenergieübertragung bezogen. Auf dem Gebiet der Drehfelder erwarb Tesla insgesamt 41 Patente, und seine Arbeiten erregten in Fach- und Geschäftskreisen ein gewaltiges Interesse.

Die Mittel, die er durch die Herstellung elektrischer Maschi-

¹ im heutigen Jugoslawien

nen gewann, verwendete Tesla für weitere wissenschaftliche Forschungen. Ihn interessierten insbesondere die Gebiete Hochspannung und Hochfrequenz. Er baute einen Hochfrequenzstromgenerator und untersuchte die Eigenschaften und Auswirkungen eines starken elektromagnetischen Feldes, das in der Umgebung von Leitern bestand, die von einem Hochfrequenzstrom durchflossen wurden. In einem solchen Feld leuchteten gasgefüllte Röhren auf, und Tesla erahnte dabei die Bedeutung der Hochfrequenzströme für medizinische Zwecke; insbesondere die Hochfrequenzbestrahlung des menschlichen Körpers (Diathermie) hat große Bedeutung erlangt. Weltbekannt wurde auch Teslas Hochfrequenztransformator, der seinem Prinzip nach sehr einfach war. Tesla besaß viele Patente auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik.

Über seine Forschungsergebnisse hielt Tesla mehrere Vorlesungen in Amerika und Europa, wobei er erstmals seinen Plan zur Nutzung der Hochfrequenzströme für die drahtlose Telegrafie und die drahtlose Elektroenergieübertragung entwickelte.

1893 gab er die öffentliche Tätigkeit und das Reisen völlig auf und widmete sich ausschließlich seinen Forschungen. Zwei Jahre darauf brannte sein Laboratorium mit allen Geräten ab. Im Verlaufe des folgenden Jahres beginnt er die Arbeiten im neuerbauten Laboratorium und errichtet in New York einen drahtlosen Sender, mit dem er im Umkreis von 35 km eine einwandfreie telegrafische Verbindung erreicht hat.

Aber sein Ziel ist nicht der Telegraf, sondern die drahtlose Elektroenergieübertragung. In Colorado errichtete er einen Sender, mit dem er die Fernübertragung einer so großen Elektroenergiemenge durchführte, daß in 25 km Entfernung vom Sender elektrische Glühlampen aufleuchteten.

Im Jahre 1900 begann er in Wardencluf den Aufbau eines siebenmal stärkeren Senders. Leider verschlang dieses kostspielige Unternehmen bald seine finanziellen Mittel, daher mußte er nach einem Jahr den Bau abbrechen. Tesla über-

schätzte seine Kräfte; seine späteren Forschungen auf dem Gebiet der drahtlosen Elektroenergieübertragung brachten keine positiven Ergebnisse.

Mit schwindenden Kräften zog sich Tesla völlig ins Privatleben zurück und starb am 7. Januar 1943 in New York.

* * *

Ohne Geld, hungrig und müde ging Tesla in New York an Land. Den Entschluß, unverzüglich zu Edison aufzubrechen, faßte er nicht ohne Zögern; mittellos und ohne angemessene Kleidung konnte er auf ihn keinen günstigen Eindruck machen.

In Gedanken versunken schritt Tesla durch die unbekannten Straßen der fremden Stadt in der Richtung, die ihm der Polizist angegeben hatte. Als er auf die Schaufenster der Geschäfte und Werkstätten blickte, sah er zufällig, wie sich in einer der Werkstätten ein entkräfteter älterer Mann vergeblich bemühte, einen kleinen Generator in Gang zu setzen, der zur elektrischen Beleuchtung diente.

Tesla trat entschlossen in die Werkstatt und bot seine Dienste an. Das anfängliche Mißtrauen des Werkstattleiters gegenüber dem ärmlich gekleideten Fremden verwandelte sich bald in aufrichtige Bewunderung. Nachdem der Generator in Gang gekommen war und der mit dem Erfolg zufriedene Tesla sich entfernen wollte, bot ihm der Leiter außer den Dankesworten auch eine kleinere Geldsumme an.

Kaum etwas anderes hätte Tesla mehr erfreuen können als dieser unerwartete Verdienst. Diese wenigen Dollar ermöglichten es ihm, anständig zu Mittag zu essen und in einem billigen Hotel unterzukommen.

Am anderen Morgen begab er sich in das Büro der New Yorker Abteilung der Edisonschen Gesellschaft für elektrische Beleuchtung. In einem uralten Haus in der Fünften Avenue befanden sich die Laboratorien, die Werkstätten und das persön-

liche Kabinett von Thomas Alva Edison. Dieses Haus zu finden war nicht schwer. Vom frühen Morgen bis in die späte Nacht versammelten sich um das Haus Neugierige, die durch die für damalige Zeiten seltene Reklame der Gesellschaft angelockt wurden.

»Könnte ich bitte mit Herrn Edison sprechen?« fragte Tesla den Sekretär.

»Mister Edison sieht sich außerstande, alle, die ihn zu sehen wünschen, zu empfangen«, folgte die Antwort.

»Aber ich bin deshalb sogar aus Europa hierher gekommen!« Edisons Sekretär musterte den aufgeschossenen, hageren Mann und sagte ohne die geringste Spur von Verwunderung: »Zu Mister Edison kommen sie auch aus anderen Teilen der Welt, nur erweitert das keineswegs die Stundenzahl, die ein Tag hat.«

»Dann bitte ich Sie, Herrn Edison mein Empfehlungsschreiben der Pariser Edison-Gesellschaft zu überbringen...«

»Oh! Das ist etwas anderes. Ich melde Sie sofort an, Herr...!«

»Tesla, Nikola Tesla.«

Nach einigen Minuten trat er in das Kabinett des Mannes, den man in allen Winkeln Amerikas den »Zauberer vom Menlo Park« nannte.

Der berühmte Erfinder las das Empfehlungsschreiben und hörte Tesla aufmerksam zu. Gegenüber seinen Gedanken über die Möglichkeit der Nutzung von Mehrphasen-Wechselströmen blieb er völlig gleichgültig. Aus den Berichten der kontinentalen Gesellschaft hatte er bereits etwas über seinen Besucher gehört, aber er schätzte an dem jungen Ingenieur nur dessen in der Tat außergewöhnlichen Arbeitseifer.

Edison machte Tesla mit dem Vorsitzenden der New Yorker Abteilung der Gesellschaft bekannt und empfahl ihn als einen erfahrenen Elektroingenieur. Somit war Tesla ohne Verzug in die Werkstätten der Gesellschaft aufgenommen und bekam die Stelle eines Privatingenieurs bei Reparaturen von Elektromotoren und Generatoren für Einphasenstrom zugewiesen.

Bald darauf bekam die New Yorker Abteilung der Gesellschaft den Auftrag für die Reparatur des Generators auf dem Schiff »Oregon«, das gegen Abend des folgenden Tages nach Europa

auslaufen sollte. Es schien unmöglich, in solch kurzer Zeit den Fehler im Generator zu finden und zu beseitigen. Die Annullierung der Fahrt hätte einen großen Verlust bedeutet, denn alle Schiffskarten waren ausverkauft.

Mit der Reparatur wurde Tesla beauftragt. Die Erfahrungen, die er bei der Arbeit in Europa gesammelt hatte, und seine guten Kenntnisse halfen ihm, den Schaden – einen Kurzschluß in der Wicklung – schnell zu ermitteln und ihn durch Umwickeln der durchgeschmorten Spule zu beseitigen. Für diese Arbeit benötigte Tesla zwanzig Stunden, wobei er das Schiff überhaupt nicht verließ.

Als er in den frühen Morgenstunden, es war gegen fünf Uhr, vom Schiff zurückkehrte, traf er in der Fünften Avenue mit Edison und einigen seiner Mitarbeiter zusammen, die auch erst jetzt aus dem Laboratorium zurückkehrten.

»Aber, das ist doch unser junger Herr aus Paris auf Abwegen«, sprach ihn Edison an und nahm an, Tesla kehrte von nächtlichen Vergnügungen zurück.

»Ja, meine Herren, das war für mich tatsächlich ein Vergnügen«, entgegnete Tesla und berichtete Edison, wie er den Generator auf dem Schiff repariert hatte und dessen rechtzeitiges Auslaufen ermöglichte.

Edison war mit Tesla sehr zufrieden, aber diese Zufriedenheit brachte er nur im Kreise der engsten Freunde zum Ausdruck.

Nach diesem Vorfall stieg Teslas Autorität als Ingenieur gewaltig an, obwohl Edison ihm gegenüber auch weiterhin kühl blieb. Tesla arbeitete manchmal 18 bis 20 Stunden täglich mit Begeisterung, und dabei fand er auch noch Zeit, über Fragen der Nutzung der Mehrphasen-Wechselströme zu arbeiten.

Edison brachte immer häufiger und offener seinen Unwillen über Teslas eigene Untersuchungen zum Ausdruck. Die Kälte in ihren persönlichen Beziehungen zueinander wurde auch durch das prinzipiell unterschiedliche Herangehen an die Lösung ingenieurtechnischer Probleme vertieft. Edison verneinte die Notwendigkeit theoretischer Hypothesen in der experimentellen Forschung. Die Lösung einer Aufgabe fand er über eine gewaltige Anzahl unterschiedlicher Versuche, was große und häu-

fig völlig unbegründete Zeitverluste zur Folge hatte. Er selbst pflegte darüber zu sagen: »Ich erforsche keine Naturgesetze und habe keine großen Entdeckungen gemacht. Ich habe nicht so geforscht wie Newton, Kepler, Faraday und Henry, um die Wahrheit zu ermitteln. Ich bin nur ein professioneller Erfinder. Alle meine Forschungen und Versuche wurden ausschließlich mit dem Ziel angestellt, ihre praktische Nutzung zu ermöglichen.«

Demgegenüber durchdachte Tesla jeden beliebigen aufkommenden Gedanken tiefgreifend und allseitig, untermauerte ihn theoretisch und ging danach zur experimentellen Überprüfung dessen über, was er aus mehreren Möglichkeiten sorgfältig ausgewählt hatte. Ein solcher Unterschied der Arbeitsmethoden beider hervorragender Ingenieure brachte den tiefen Widerspruch ihrer Denkweisen, ihrer theoretischen Vorbildung und inneren Überzeugung zum Ausdruck.

Einmal hatte Edison Tesla vorgeschlagen, eine konstruktive Verbesserung der elektrischen Einphasenmotoren, die er selbst entwickelt hatte, zu erarbeiten. Für die erfolgreiche Lösung der Aufgabe sicherte er ihm eine Belohnung von 50 Tausend Dollar zu.

Tesla machte sich an die Lösung der Aufgabe und entwickelte bald vierundzwanzig konstruktive Veränderungen am Edison-Motor, indem er für diesen einen neuen Kommutator und Regler konstruierte, wodurch sich der Wirkungsgrad wesentlich erhöhte. Die Arbeit verschaffte Tesla große Befriedigung. Die verdiente Belohnung gedachte er für die weitere vervollkommnung seines Mehrphasen-Wechselstrom-Motorensystems zu verwenden.

Edison schätzte alle Vorschläge Teslas sehr hoch, und als der Konstrukteur zögernd die versprochene Belohnung forderte, entgegnete er ihm kurz:

»Mein lieber Tesla, ich sehe, daß Sie noch immer ein Ausländer sind, da Sie den amerikanischen Humor nur so schlecht verstehen.«

Die versprochene Belohnung war also nichts anderes als ein schlechter Scherz.

Edison ahnte kaum, welch tiefe Erschütterung er in dem äußerst sensiblen und vertrauensseligen Erfinder hervorrief. Sein ganzes Leben lang erinnerte sich Tesla an diesen schlechten Witz, der seine Pläne über die weitere Arbeit zunichte machte.

»Das bedeutet also, daß in der Welt, in der alles käuflich ist, kein Ehrenwort existiert«, dachte Tesla, und es schmerzte ihn um so mehr, da ihm diese bittere Lehre über die kapitalistische Moral ein talentierter und berühmter Mann der Wissenschaft bescherte.

Ungeachtet der vollen materiellen Zufriedenstellung kündigte der stolze und gewissenhafte Tesla bald darauf die Arbeit bei Edison. Das geschah im Frühjahr 1885, ungefähr ein Jahr nach seiner Ankunft in Amerika. Aber auch diese kurze Zeit reichte aus, daß Tesla in amerikanischen Geschäftskreisen, die seine tiefgründigen Kenntnisse und seine Arbeitsfähigkeit zu schätzen wußten, bekannt wurde.



EVANGELISTA TORRICELLI

Torr ist eine SI-fremde Einheit des Druckes, die heute nur noch selten gebraucht wird. Sie wurde zu Ehren des italienischen Physikers Evangelista Torricelli benannt.

Definition:

Das Torr ist der hydrostatische Druck einer 1 mm hohen Quecksilbersäule (von der Dichte $13595,1 \text{ kg/m}^3$) bei einer Temperatur von 0°C und der Normfallbeschleunigung ($9,80665 \text{ m/s}^2$).

Anmerkung:

Die Einheit Torr ist nur noch *befristet zugelassen*. Die SI-Einheit des Druckes ist Pascal (siehe unter Pa).

Umwandlungsbeziehung: $1 \text{ Torr} = 133,322 \text{ Pa}$

Evangelista Torricelli wurde am 15. Oktober 1608 in Faenza geboren. Seit seiner frühen Jugend war er Waise, und seine Erziehung übernahm der Onkel, ein gelehrter Mönch. So wurden sein Interesse für die Wissenschaft und die Liebe zum Experimentieren geweckt.

Mit achtzehn Jahren trat er bei einem bekannten Mathematiker, dem Schüler und Freund Galileis, Benedetto Castelli, in die Lehre. Die Interessen des jungen Torricelli waren vielseitig. Er befaßte sich mit Mathematik, Mechanik, schliiff Linsen für Fernrohre und zeigte, wie man kleine Glaskugeln zum Vergrößern verwenden kann. Diese stark vergrößernden Lupen waren bei den Naturwissenschaftlern auch noch hundert Jahre später recht beliebt und verhalfen zu wichtigen Entdeckungen im Reich der Kleinstlebewesen.

Noch bei Castelli begann Torricelli an seiner Schrift „Über die Bewegung schwerer Körper“ zu arbeiten, die im Jahre 1641 in Florenz erschien und in der lateinischen Übersetzung den ersten Teil des größeren Werkes „Arbeit auf dem Gebiet der Geometrie“, das drei Jahre später erschien, bildete.

In seiner ersten Schrift wendete Torricelli die Galileischen Gesetze des freien Falls zur Erläuterung der Gesetzmäßigkeit beim Herausfließen einer Flüssigkeit aus Gefäßen durch eine Öffnung in einer dünnen Wandung an. Er wies nach, daß die Ausflußgeschwindigkeit des Flüssigkeitsstromes aus einer Öffnung der Geschwindigkeit des freien Falls aus der Höhe gleich ist, in der sich der Flüssigkeitsspiegel im Gefäß befindet. Diese Abhängigkeit wurde später als das Torricellische Ausflußgesetz bekannt. Er fand auch, daß der aus der seitlichen Öffnung eines Gefäßes austretende Flüssigkeitsstrom die Form einer Parabel hat; durch diese Entdeckungen legte er die Grundlagen der Hydrodynamik.

Im gleichen Jahr 1641 empfahl ihn Castelli dem damals bereits völlig erblindeten Galilei. Er wurde Galileis eifriger Schüler und nach dessen Tode würdiger Nachfolger im Amt eines Hofmathematikers beim toskanischen Großherzog in Florenz.

Torr

Torricelli wurde insbesondere durch seine Entdeckung des atmosphärischen Druckes berühmt. Noch Galilei hatte erkannt, daß man mit Hilfe einer Pumpe Wasser maximal bis auf eine Höhe von 10 m hochsaugen kann. Er schlußfolgerte richtig, daß die „Kraft des Vakuums“ begrenzt ist und einen Wert nicht überschreiten kann, den das Gewicht einer 10 m hohen Wassersäule ausmacht. Torricelli kam auf den Gedanken, an Stelle der Wassersäule Quecksilber zu verwenden und zu prüfen, in welcher Höhe sich sein Pegelstand stabil einstellt.

Diesen Gedanken verwirklichte im Jahre 1643 Galileis jüngster Schüler Vincenzo Viviani. Das an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhrchen füllte er mit Quecksilber, kehrte es um und tauchte es mit dem offenen Ende in ein Gefäß mit Quecksilber. Das Quecksilber im Röhrchen sank etwas ab und stabilisierte sich in der Weise, daß die Differenz zwischen den Quecksilberbeständen im Gefäß und im Röhrchen etwa 76 cm betrug. Der leere Raum, der sich über dem Quecksilberspiegel im Röhrchen bildete, wurde später „Torricellische Leere“ genannt.

Torricelli erläuterte diesen Versuch richtig mit der Ablehnung des phantastischen „horror vacui“ (Furcht vor der Leere). Schon zu Aristoteles' Zeiten herrschte die Ansicht, daß die Natur Furcht vor der Leere habe, was z. B. das Ansteigen des Wassers unter dem Kolben einer Saugpumpe, die Kapillareffekte und andere Erscheinungen bewiesen. Torricelli wies nach, daß die Ursache dieser Erscheinungen im atmosphärischen Druck zu suchen ist und ein Vakuum durchaus erzeugt werden kann, woran man seit je sehr große Zweifel gehegt hatte. Er selbst wiederholte diesen Versuch viele Male, wobei er feststellte, daß sich die Höhe der Quecksilbersäule etwas verändert, aber stets proportional dem atmosphärischen Druck ist. Auf diese Weise erfand er eigentlich das Gerät für die Messung des atmosphärischen Druckes, das wir heute Quecksilberbarometer nennen.

Die Entdeckung des atmosphärischen Druckes veröffentlichte Torricelli nur in einem Brief. Seine Vorlesungen in der

„Accademia della Crusca“ in Rom gab man erst über ein halbes Jahrhundert nach seinem Tode heraus.
Er starb am 25. Oktober 1647 in Florenz.

* * *

Das Begräbnis ging zu Ende. Die Menschen gingen auseinander. Torricelli und Viviani kehrten in Gedanken versunken zurück. Der Lehrer hat Abschied genommen, der große und nahestehende Mensch, Meister Galileo Galilei...

Man hatte doch den Eindruck, als sei es gestern gewesen, da Meister Antonio keinen Erfolg mit seinem neuen Brunnen hatte, dem tiefsten, den man bislang gegraben hatte. Die Pumpe wollte und wollte kein Wasser an die Oberfläche fördern. Galilei hatte damals zu ihm gesagt: »Das Wasser steigt nicht höher als zwanzig Ellen, und vielleicht auch noch etwas weniger. Der Horror vacui hat Grenzen ...«

Bereits in antiken Büchern schrieb man, daß die Natur keine Leere erträgt. Der Horror vacui – die Furcht vor der Leere – ist die Ursache, daß überall dort, wo sich ein luftleerer Raum bilden könnte, die Natur bestrebt ist, diesen zu füllen. Das ist auch die Erklärung dafür, warum die Pumpe in der Lage ist, aus der Tiefe des Brunnens Wasser hochzuziehen. Wenn der Kolben in der Pumpe nach oben geführt wird, muß er Wasser nach sich hochziehen, damit unter ihm kein luftleerer Raum – kein Vakuum – gebildet wird.

»Ihr müßt das, müßt das untersuchen«, klangen ihnen die Worte des Lehrers in den Ohren. »Das Wasser in den Rohren kann in eine Höhe von etwa achtzehn Ellen emporsteigen. Warum nicht höher?«

»Tatsächlich, warum?« dachte Viviani laut. »Und wenn der Horror vacui die Ursache darstellt, warum wirkt er nur bis zu dieser Grenze?«

»Zunächst muß man genau ermitteln, wie hoch die Wassersäule ist, die man durch den Kolbenhub in das Rohr hinaufziehen

kann«, setzte Torricelli die Überlegungen fort. »Dazu ist aber ein durchsichtiges Rohr notwendig. Am besten ein Glasrohr...«
»Das wird schwer gehen. Wie ein solch langes und völlig gerades Rohr, damit sich in ihm der Kolben hin- und herbewegen kann, anfertigen?«

»Man muß sich mit irgendeinem Glasermeister beraten!«

»Oder in Eisenrohren Glasfensterchen einbauen?«

»Nein, nein, das ist alles überflüssig«, wandte sich plötzlich Torricelli an seinen Schüler. »Das ist nicht der richtige Weg. Wenn das Wasser auf Grund des Horror vacui in das Rohr eintritt und wir nun das eine Ende zustopfen, fließt es nicht heraus, damit kein luftleerer Raum entsteht. Denn wenn du einen mit Wasser gefüllten Topf mit dem Boden nach oben kehrst und seine Öffnung unter Wasser hältst, fließt das Wasser nicht aus ihm heraus.«

Viviani nickte beipflichtend: »Ich verstehe! Ihr wollt das an einem Ende zugelötete Rohr mit Wasser füllen und es wie den Topf umstülpen?«

»Richtig. Wenn die Natur keine Leere verträgt, muß sich das ganze Wasser im Rohr halten. Wenn aber das Wasser absinkt...«

»Meint Ihr nicht, daß es absinkt?«

»Hast du gehört, was Meister Galilei gesagt hat, daß das Wasser nur bis zu einer Höhe von achtzehn Ellen steigen kann? Wenn es auf diese Höhe absinkt und dort stehen bleibt, ist dies ein untrügliches Zeichen dafür, daß der Horror vacui nur bis zu dieser Grenze ein Gesetz darstellt, oder...«

»Oder?«

»Nicht die Furcht vor der Leere, sondern etwas anderes treibt das Wasser in die Röhre.« Viviani schlug sich an die Stirn.

»Man muß das Rohr umdrehen! Wie bewerkstelligt Ihr das aber? Denn das Rohr muß doch mindestens zwanzig Ellen messen! Ihr werdet wohl auf den Kirchturm hinaufkrazeln müssen.«

»Na, und was wäre? Wenn Galilei in Pisa Steine vom Turm herabwerfen konnte, dann können wir auch auf ein Dach steigen und den Versuch mit dem Rohr ausführen.«

Während sie so ihre Überlegungen anstellten, gelangten sie in die Stadt.

»Guten Tag«, riß sie Meister Antonio aus ihren Gedanken heraus. »Der Herrgott hat euren Meister zu sich genommen. Wir werden nun nicht mehr erfahren, warum aus meinem Brunnen kein Wasser fließen will!«

»Nicht erfahren?! Wir müssen es erfahren!« ereiferte sich Viviani. »Versteht Ihr? Wir müssen!«

»Aber wer...?« fragte der überraschte Antonio.

»Wer? Wer? Na wir!«

Torricelli schloß sich dem Gespräch an, sprach aber ruhig.

»Meister Antonio«, sagte er entschieden, »der Tod nahm einen Wissenschaftler zu sich, aber die Wissenschaft wird sich weiterentwickeln. Es ist möglich, daß wir bereits in Kürze erfahren, was das Wasser in einer Höhe von achtzehn Ellen aufhält.«

»Ihr erfahrt das?« fragte Antonio mit einem gewissen Respekt.

»Vielleicht...«, Torricelli stockte plötzlich. »Junge, wir werden kein solches langes Rohr benötigen. Wir können den Versuch einfacher gestalten! Laß uns gehen, geh'n wir!« und zog Viviani hinter sich her, als ob ihnen die Fersen brannten.

Antonio blickte ihnen eine Weile nach, zuckte dann die Schulter und murmelte leise: »Verrückte...«

Viviani schaute erwartungsvoll auf seinen älteren Freund, aber Torricelli lief ins Haus hinein, warf sich in den Sessel und zupfte sich in Gedanken versunken sein kleines, kurzgeschorenes Bärtchen.

»So«, meldete er sich schließlich.

»Was, Meister?« fragte Viviani. Unwillkürlich gebrauchte er eine Anrede, mit der beide bisher Galilei angesprochen hatten.

»Das Wasser hält sich in einem leeren Rohr in einer Höhe von ungefähr achtzehn Ellen. Was, wenn wir eine schwerere Flüssigkeit verwendeten...?«

»Eine schwerere?«

»Zum Beispiel »argentum vivum« – lebendiges Silber. Es ist mehr als dreizehnmal so schwer wie Wasser. Deshalb müßte seine Säule nur den dreizehnten Teil ausmachen. Es reichte uns dann ein Rohr von der Länge unter zwei Ellen.«

»Und warum meint Ihr, daß das Quecksilber auf eine geringere Höhe als das Wasser im Rohr ansteigt?«

Torricelli lachte. »Ich denke mir das«, entgegnete er. »Ich muß feststellen, wie hoch das Quecksilber aufsteigt. Danach erläutere ich dir meine Gedanken. Wir werden sehen, ob der Horror vacui ein feststehendes Gesetz ist.«

Die geschickten Finger Vivianis hielten vorsichtig das feine zerbrechliche Glas. Das erste, zweite, dritte Röhrchen. Quecksilbertropfen füllten die Röhrchen. Viviani kehrte sie mit dem Boden nach oben und befestigte sie in den Schüsselchen mit dem Quecksilber.

Torricelli, der nach mehreren Wochen von Reisen zurückkehrte, begrüßte er mit aufgehellter Miene und guter Neuigkeit.

»Eure Vermutung hat sich erfüllt, Meister. So, wie Ihr gesagt habt, nahm ich ein Glasröhrchen von zwei Ellen Länge, füllte es mit Quecksilber und drehte es um, wobei ich das offene Ende unter dem Quecksilberspiegel in einem Schüsselchen hielt.

Die Quecksilbersäule im Röhrchen sank ab und verharrte stets in gleicher Höhe bei achtundzwanzig Zoll. Dann goß ich in kleinere und größere, dünnere und dickere Röhrchen Quecksilber hinein. Aus den kürzeren floß es überhaupt nicht heraus, aber in den langen, genau wie ich es Euch sage, verharrt es immer nur in dieser Höhe.«

Er zeigte Striche, die er auf den Röhrchen, immer in gleicher Höhe, aufgetragen hatte. Torricelli schaute sich alles aufmerksam an und zupfte sich dabei sein Bärtchen.

»Na also. Die Höhen der Flüssigkeitssäulen stehen im umgekehrten Verhältnis zu ihrer Masse. Wasser hält sich in einer Höhe von achtzehn Ellen und Quecksilber bei achtundzwanzig Zoll. Über der Säule kann jedoch ein leerer Raum sein und ist es auch.«

»Und der Horror vacui...«, begann Viviani und beendete, durch Torricellis Blick ermutigt: »Der Horror vacui existiert nicht! Die Natur fürchtet die Leere nicht!« »Aber...«, er verstummte. »Aber was treibt das Wasser dann in die Rohre?«

Torricelli schaute ihn mit ernster Miene an.

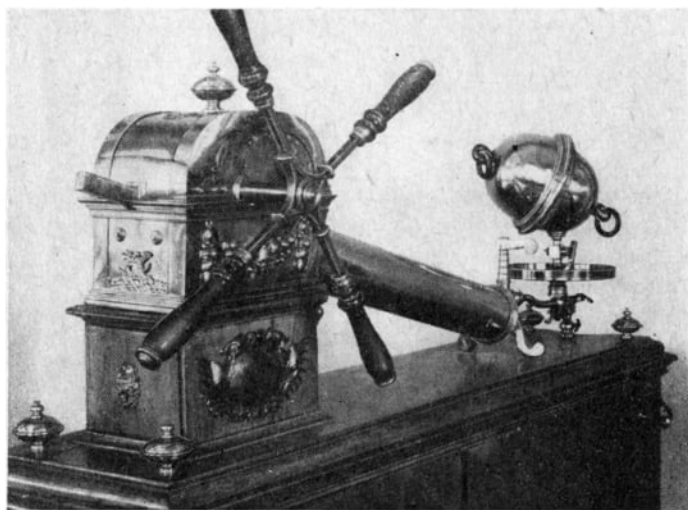
»Die Luft«, sagte er langsam und überlegt. »Die Luft, die uns umgibt, drückt auf die Wasseroberfläche. Aber nur mit solch einer Kraft, daß sie die Wassersäule oder die Säule einer

anderen Flüssigkeit von der gleichen Masse nur in einer Höhe von achtzehn Ellen zu halten in der Lage ist.«

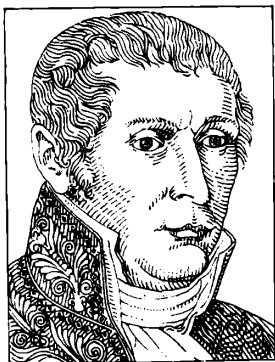
»Die Luft!« rief Viviani. »Nicht der Horror vacui treibt die Flüssigkeit in die Röhre, sondern der Luftdruck, der auf die Flüssigkeit einwirkt.«

Torricelli stand still und in Gedanken versunken da.

»Ihr müßt das, Ihr müßt das untersuchen...«, hörte er im Geiste die zitternde Greisenstimme seines Lehrers. »Ja, Meister«, sagte er schließlich leise, »wir haben es untersucht!«



Luftpumpe (1709 in Leipzig für den sächsischen Hof gekauft)



ALESSANDRO VOLTA

Volt (V) ist die SI-Einheit der elektrischen Spannung (der Potentialdifferenz, der elektromotorischen Kraft). Sie wurde zu Ehren des italienischen Physikers Alessandro Volta benannt.

Definition:

Das Volt ist die elektrische Spannung zwischen zwei Punkten eines homogenen und gleichmäßig temperierten metallischen Leiters, in dem bei einem zeitlich unveränderlichen Strom der Stärke 1 A zwischen den beiden Punkten die Leistung 1 W umgesetzt wird.

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$$

Alessandro Volta wurde am 18. Februar 1745 in der italienischen Stadt Como in einer Adelsfamilie geboren. Noch auf der Schulbank gewann er die Naturwissenschaften lieb; als Neunundzwanzigjähriger wurde er Physiklehrer in seiner Heimatstadt. Fünf Jahre später erhielt er einen Ruf als Professor an die Universität in Pavia.

Als Student gab er seine erste wissenschaftliche Arbeit „Über die Anziehungskraft des elektrischen Feuers und die damit zusammenhängenden Erscheinungen“ heraus. In den ersten Jahren seines Wirkens in Como und Pavia entwickelte er eine ganze Reihe von Geräten, von denen wenigstens das Elektroskop mit den Strohhalmen genannt sei, das er durch Anbringen eines Kondensators verbesserte.

Als im Jahre 1791 Luigi Galvani seine Arbeiten und Versuchsergebnisse mit präparierten Froschnerven und -muskeln veröffentlichte, nahm Volta zuerst seine Hypothese von der „tierischen Elektrizität“ auf. Als er aber die Galvanischen Versuche selbst wiederholte, vertrat er die Auffassung, daß der Grund für das Entstehen des elektrischen Stromes in den Muskeln und Nerven eines präparierten Frosches in zwei miteinander verbundenen unterschiedlichen Metallen zu suchen ist, die gleichzeitig elektrisch über die leitfähige Flüssigkeit des tierischen Gewebes verbunden sind.

Der mehrjährige wissenschaftliche Streit zwischen Galvani und Volta endete mit Voltas Sieg und mündete gleichzeitig in die Erfindung der galvanischen Batterie, der sogenannten Voltaschen Säule, die Weltruf erlangte.

Der Entdeckung gingen die Entwicklung der sogenannten Kontakttheorie und Versuche voraus, deren Grundlage der Kontakt zweier unterschiedlicher Metalle war, die Volta so in einer Reihe anordnete (Voltasche Spannungsreihe), daß zwei Metalle stets eine um so größere Potentialdifferenz aufwiesen, je weiter sie in der Reihe voneinander entfernt lagen.

Diese Erkenntnisse wie auch die Ergebnisse einer analogen Untersuchung der Flüssigkeiten wurden Grundlage der Voltaschen Säule, die sich ursprünglich aus mehreren Paaren

Kupfer- und Zinkringen, die in Salzwasser getaucht waren, zusammensetzte.

Später fertigte er noch eine andere Abwandlung der „Säule“ an, bei der sich der Flüssigkeitsleiter in zwei Gefäßen befindet und in jedes Gefäß eine Kupfer- und eine Zinkplatte getaucht sind. Die Platten berühren sich in der Flüssigkeit nicht, sind aber außerhalb leitend verbunden. Das einzelne Gefäß stellt eigentlich ein Element der ursprünglichen „Säule“ dar und wird heute als das Voltasche Element bezeichnet.

Volta reiste viel und unterhielt persönliche Kontakte mit den hervorragenden zeitgenössischen Gelehrten. Im Jahre 1782 war er auch in der Slowakei, wo er die Hochschule für Bergbau in Banská Štiavnica besuchte.

Im Jahre 1791 ernannte ihn die Londoner Royal Society zum Mitglied und verlieh ihm ihre Goldmedaille. Mit einer Vielzahl von Ehrungen und Auszeichnungen wurde er überhäuft. Es war ihm vergönnt, über seine Entdeckungen im Jahre 1801 vor der Französischen Akademie in Anwesenheit des ersten Konsuls, Napoleon Bonaparte, Vorlesungen zu halten. 1810 erhielt er das Adelsprädikat eines Grafen und wurde Senator von Italien.

1815 wurde er Direktor der Philosophischen Fakultät in Pavia, vier Jahre später zog er sich jedoch ins heimatliche Como zurück, um sich zur Ruhe zu setzen und endlich mehr seiner Familie zu widmen. Dort starb er auch am 5. März 1827 im Alter von 82 Jahren.

* * *

Alessandro Volta beugte sich gerade über ein dickes Buch in seinem Laboratorium an der Universität in Pavia.

Volta war zu dieser Zeit fünfunddreißig Jahre alt, hatte breite Schultern und war von hohem Wuchs. Das frische, glattrasierte Gesicht zeichnete sich durch energische Züge aus. Auf dem Kopf hatte er einen üppigen Schopf graumeliert Locken. Er trug

keine Perücke, obwohl das in der damaligen Zeit üblich war. Es war früh am Morgen. Durch die Fenster drangen schon die ersten Sonnenstrahlen herein.

Auf dem Leuchter standen noch einige Kerzenstümpfe. Eine Kerze brannte noch zu Ende. Der qualmende Rauch stieg in feinen Ringen an einem die Wand schmückenden Kupferstich empor, der das von einer Perücke umrahmte, klare Gesicht eines kühn dreinblickenden Mannes darstellte. Am unteren weißen Bildrand war eine in französischer Sprache abgefaßte Widmung zu lesen: *Meinem Schüler und Freund. Und daneben die kunstvoll unterstrichene Unterschrift: Antoine Laurent Lavoisier.*

Volta sah unzufrieden aus und schaute finster drein.

Verdrießlich schloß er den Buchdeckel und ging zum Arbeitstisch hinüber, wo über einem Haufen physikalischer Geräte die Influenzmaschine hervorragte. Daneben standen mehrere Leidener Flaschen und Voltas größter Stolz: das Elektroskop, das er selbst entwickelt hatte.

Neben diesen elektrischen Geräten stand ein großes, leicht zugedecktes Gefäß mit lebenden Fröschen. Auf einer polierten Eisenplatte lag ein präparierter Frosch. Volta zog sich die Isolierhandschuhe an, nahm einen Messingdraht, berührte mit dem einen Ende die Eisenplatte und mit dem anderen den freigelegten Muskel eines Froschschenkels. Den Froschschenkel durchzuckte es. Danach wiederholte Volta den Versuch mindestens schon zum hundertsten Mal mit einem Silberdraht und dann mit einem Eisendraht. Der Silberdraht verursachte ein sehr starkes Zucken, während sich bei der Berührung mit dem Eisendraht der kleine Schenkel kaum bewegte. Damit bestätigte sich also die Richtigkeit dessen, was er im dicken Buch nachgelesen hatte. Volta trat an das Fenster.

Während er in Gedanken versunken verharrete, trat fast geräuschlos ein Mann in schwarzer Soutane mit einer breiten violetten, um die Taille gelegten Schärpe in den Raum.

»Guten Morgen, Alessandro!«

Volta wandte sich um und gewahrte seinen Bruder.

»Guten Morgen, Luigi!«

»Schon wieder bei der Arbeit?«

»Nein, mein Lieber, immer noch – seit gestern.«

»Wie ich sehe, wieder Galvani.«

»Ja, Galvani.«

Volta's Bruder trat an den Tisch und betrachtete die Präparate.

»Sezierte Frösche, abgeschnittene Schenkel... Ist vielleicht irgendein Rezept für diese Prozeduren in Galvanis Buch?«

»Ja, sogar ein sehr klares und anschauliches sowie außer diesem viele weitere, nicht weniger interessante.«

»Hast du kein Mitleid mit diesen armen Tierchen?«

»Bevor ich den Frosch seziere, töte ich ihn völlig schmerzlos, genauso wie die Henne, die du heute zum Mittagessen bekommst. Dieser macht man auch zunächst in der Küche den Garauß, rupft sie und nimmt sie aus, bevor man sie in die heiße Pfanne wirft. Empfindest du vielleicht Mitleid, wenn dir der Diener das goldbraun gebackene Hähnchen auf einem silbernen Tablett serviert?«

»Trotzdem, Alessandro, könnte ich nicht ein solcher Scharfrichter sein.«

»Deine Freunde schauen aber zu und zucken nicht einmal mit der Wimper, wenn man die Opfer der Inquisition am lebendigen Leibe quält.«

Der Priester zog ein weißes Taschentuch heraus und hustete.

»Um nicht vom Thema abzukommen, Alessandro! Die Kirche wehrt sich gegen den Geist solcher Versuche.«

»Das ist ein gesunder Forschergeist, lieber Bruder!«

»Nein, das ist Ketzergeist, Bruder Alessandro!«

Volta schlug mit der Hand auf den Tisch und lachte.

»Wo steht in der Heiligen Schrift geschrieben, daß wir einen Frosch nicht sezieren oder Muskeln und Nerven nicht elektrisieren dürfen?«

»Du bist heute äußerst spöttisch, Alessandro. Es rechtfertigt dich vielleicht der Umstand, daß du dich nicht ordentlich ausgeschlafen hast. Vielleicht kenne ich Galvanis Schrift besser als du.«

Volta's Bruder ging an den Tisch hinüber und schlug das Buch auf. »Hier steht's...kennst du die Stelle?«

»Was steht dort?«

»Galvani beschreibt hier die Ergebnisse, die er bei seinen Versuchen erreichte.«

»Er gelangte zu der Ansicht, daß man einen Muskel mit der Leidener Flasche vergleichen kann. Zuerst nahm er an, daß der Muskel die Elektrizität aus der Atmosphäre aufnimmt, am Ende des Buches aber überzeugte er sich davon, daß im Muskel die Elektrizität sich selbst entwickelt, die man unter bestimmten Voraussetzungen herausleiten kann, wodurch das Zucken des Muskels verursacht wird.«

»Wer aber zwischen den Zeilen lesen kann, findet hier die ketzerische Bestätigung, daß unsere Lebensimpulse nicht durch das Wirken der Seele, die von Gott gegeben ist, entstehen, sondern ihren Ursprung unmittelbar im Fleisch haben. Nach Galvani zu urteilen, ist also unsere Seele nichts anderes als die Elektrizität des Körpers.«

»Als ob die Elektrizität nicht auch göttlichen Ursprungs sein könnte!«

Luigi Volta richtete sich auf. Die Gesichtszüge erstarrten in seinem Gesicht, und er schaute den Bruder strengen Blickes an. »Ich kenne dich, Alessandro. Schon als Kind hattest du eine Vorliebe zum Streiten. Du hast dich damals widersetzt nur aus dem einfachen Grund, um dich eben zu widersetzen. Andere Menschen kennen dich nicht so gut. Galvani spielt ein gefährliches Spiel. Verlaß dich nur nicht zu sehr darauf, daß dein Bruder Erzdechant ist und unsere Mutter Gräfin Inzaghi war!«

Dann hellte sich das Gesicht des Priesters wieder auf. Er gab dem Bruder zum Abschied die Hand. »Schließlich bitte ich dich, heute mit mir zum Mittag ohne Mitleid das Huhn zu verspeisen, von dem du gesprochen hast.«

* * *

Fünfundzwanzig Jahre später.

Der Generalkonsul des Direktoriums, General Napoleon Bonaparte, lud den berühmten italienischen Professor Volta ein, an

der Französischen Akademie seine Erfindung – die Voltasche Säule – vorzuführen. Über dieses Gerüt erzählte man sich abenteuerliche Begebenheiten: Es wurde behauptet, daß ein neues Zeitalter der Technik anbricht, daß die Philosophie vergangener Jahrhunderte zusammenbricht, und daß es überhaupt ein Weltwunder darstellt, sogar ein »perpetuum mobile«.

Am 21. Dezember 1801 um acht Uhr abends wird also Professor Volta eine Vorlesung in der Akademie halten. Der Generalkonsul hatte seine Teilnahme zugesagt, der Außenminister Talleyrand, der Kriegsminister Berthier und alle Akademiemitglieder wünschten die Vorlesung zu hören.

Als Professor Volta vor die auserwählte Gesellschaft trat, stockte ihm einen Augenblick lang der Atem. Dann aber gewahrte er in der Loge den Generalkonsul, trat näher und verbeugt sich.

Bonaparte winkte ihm wohlwollend zu. Die Anwesenden applaudierten.

Die Art und Weise, mit der man ihn begrüßte, rief in Volta Freude, aber gleichzeitig auch Mißtrauen hervor. Er wußte, was man hier von ihm erwartete. Er hatte aber keine Lust, vor dieser Gesellschaft französischer Forscher zu glänzen, die das seiner Meinung nach nicht verdient hatten.

Volta gab zur Einführung einen Überblick über die Geschichte der Elektrizität. Auf dem Vorführtisch hatte er Geräte vorbereitet, die die gesamte Entwicklung dieses Wissenszweiges veranschaulichten.

Gerade jetzt rieb er eine Schwefelkugel mit einem Katzenfell und führte dann das Gelenk des Zeigefingers langsam an sie heran.

Mit einem leichten Knistern sprang ein bläulicher Funke von der Kugel zum Gelenk über.

Die Anwesenden applaudierten. Volta gefiel der Applaus nicht. »Meine Damen und Herren!« sagte er barsch. »Diesen Versuch stellte als erster der Hofrat Leibniz an, und erst seit diesem Versuch kennen wir den Begriff der elektrischen Spannung und ihre Entladung.«

Dann schaute er auf die Zuhörer. Keiner wagte sich zu bewegen.

Je länger der Funke, desto lauter der Applaus. Das übrige langweilte sie.

Im weiteren Teil der Vorlesung sprach er von der Erfindung der Elektrisiermaschine und der Leidener Flaschen. Er verstummte für einen Augenblick und horchte. Wird ein Zeichen der Zustimmung laut? Ein Zeichen, daß man ihn begriffen hat? Es meldete sich niemand.

»Wenn keine Funken fliegen, ist es auch keine Sensation«, kränkte es ihn innerlich, und er hatte beinahe keine Lust mehr, seinen Vortrag fortzusetzen. Wieder verstummte er für einen Augenblick und drehte dann an der Kurbel der Elektrisiermaschine. Zwischen den Polen des Gerätes knisterten mehrere Daumen lange Funken.

Das Publikum stieß einen unbeschreiblichen Jubelschrei aus. Voltas spöttisches Lachen ging im Beifallssturm unter.

Er war bei den Galvanischen Versuchen angelangt.

Er bemerkte, daß alles, worüber er jetzt berichtet habe, nur die Spannung im Ruhezustand, die statische Elektrizität, betreffe. Mit Hilfe der Galvanischen Versuche gelangte er jetzt zur strömenden Elektrizität und damit zum eigentlichen Thema des Vortrages: zur Säule, die nach seinem Namen benannt wurde.

Während er einen Frosch sezierte, berichtete er, daß er ohne die vorausgegangenen Galvanischen Versuche selbst nie auf das Prinzip der Säule gekommen wäre. Das Schicksal lenkte Galvanis Hand, als er bei einem Versuch zwei Drähte aus verschiedenen Metallen berührte. Die elektrische Stromquelle hatte also eigentlich Galvani entdeckt, ohne davon auch nur zu wissen.

Die Versuche mit Froschschenkeln lösten mehr Freude als Verwunderung aus.

Als aber Volta die Metallringe seiner Säule aufschichtete und zusammenschaltete, als er die Zuhörer aufforderte, heranzutreten und die Pole der Säule zu berühren, als sich diejenigen, die die Pole berührt hatten, in Krämpfen wanden, als in den Augen, deren Lider er mit den Drähten berührte, die mit den Polen der Säule verbunden waren, leuchtende Ringe erschienen,

als die Zunge der Zuhörer bei der Berührung einen sauren Beigeschmack verspürte und in ihren Ohren ein Donnern grollen ertönte, bemächtigte sich aller eine dumpfe Furcht vor der großen unbekannten Kraft. Sie folgten kaum mehr den Worten Voltas über die Wirkungen der unterschiedlichen Metalle, wenn sie miteinander in Berührung kommen. Die Anwesenden kamen erst zur Besinnung, als der Generalkonsul die Loge verließ, auf das Podium stieg und sich durch ein Zeichen Ruhe ausbat.

Bonaparte führte Volta an den Rand des Podiums.

»Ein Genie lüftete den Schleier über dem großen Geheimnis der Natur. Genies gibt es wenige. Es genügt nicht, sie nur zu bewundern, wir müssen sie auch belohnen. Ich stifte daher zweihunderttausend Franken für große Entdecker auf dem Gebiet der Elektrizität. Diesen Preis überreiche ich als erstem Professor Alessandro Volta von der Universität in Pavia.«

Im Saal tobte zustimmender Beifall.

Bonaparte drückte Volta die Hand. »Ich bin überzeugt, daß Sie noch große Taten vollbringen.«

Volta geriet in Verlegenheit. »Herr Konsul, Ihr großzügiges Anerbieten macht es mir unmöglich, Ihnen meine Bitte vorzutragen.«

»Sprechen Sie nur! Was wünschen Sie?«

»Ich möchte Sie ersuchen, mich meines Amtes zu entheben.«

»Warum?«

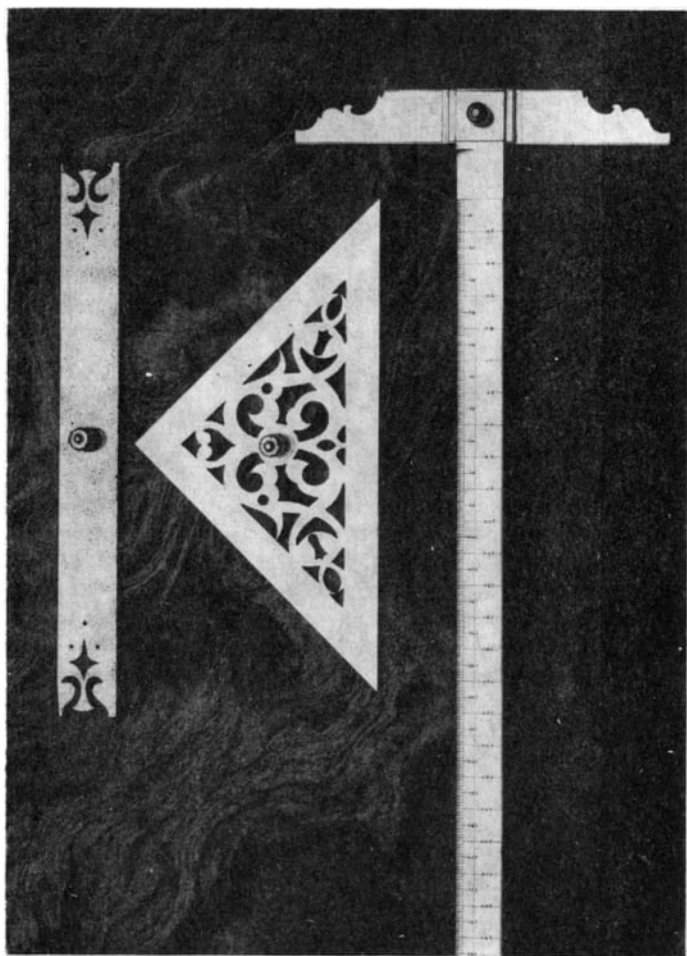
»Ich sehne mich danach, mich von der wissenschaftlichen Tätigkeit zurückzuziehen und in der Stille auf meinem Gut zu leben und mich der Familie zu widmen.«

»Aber Sie sind doch erst fünfundfünfzig Jahre alt!«

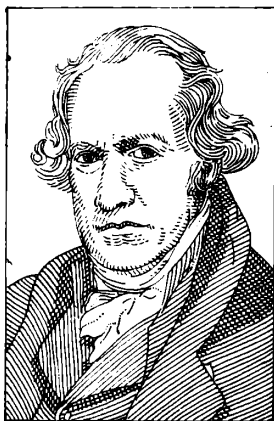
»Herr Konsul, wenn Sie einen Vergleich erlauben, mit uns Wissenschaftlern ist es genauso wie auf einem Ball: der Mensch soll nach Hause gehen, wenn es am schönsten ist.«

»Die Universität in Pavia wäre aber ohne Volta keine Universität.«

»Wir sind nur Menschen, Herr Konsul...«



Lineal, Anschlaglineal und Winkel (um 1600)



JAMES WATT

Watt (W) ist die SI-Einheit der Leistung. Sie wurde zu Ehren des englischen Mechanikers und Erfinders James Watt benannt.

Definition:

Das Watt ist die Leistung eines gleichmäßig ablaufenden Vorganges, bei dem in der Zeit 1 s die Arbeit 1 J verrichtet wird.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$$

James Watt wurde am 19. Januar 1736 in der schottischen Stadt Greenock am Clyde als Sohn eines Zimmermanns geboren. In der Schule interessierten ihn Physik und Mathematik, in den übrigen Fächern hatte er keine großen Erfolge. Er sehnte sich nach Hochschulbildung, aber die Familie konnte sich das nicht leisten.

Nach langen Überlegungen entschloß er sich, Feinmechaniker zu werden, ein Beruf, der ihn angesichts seiner Gebrechlichkeit körperlich nicht überbeanspruchen sollte. Im Jahre 1754 begann er in Glasgow die Optiker- und Mechanikerlehre. Nach einem Lehrjahr ging er zu einem Hersteller von mathematischen Geräten, Morgan, nach London, wo er vieles lernte; bald bestach er in allen ihm anvertrauten Arbeiten durch Präzision und Gründlichkeit.

Im Jahre 1757 wurde ihm die Stelle eines Universitätsmechanikers in Glasgow zugesprochen. Er fand hier ein gut ausgestattetes Physikkabinett vor, und neben guten Arbeitsbedingungen ergab sich auch die Möglichkeit für das weitere Studium, für physikalische und chemische Versuche.

Mit dem Gedanken an eine Dampfmaschine begann Watt sich nach einem zweijährigen Aufenthalt an der Universität zu befassen; vorerst jedoch ergebnislos. Als man ihm dann die Reparatur eines Modells der Newcomenschen Dampfmaschine anvertraute, reparierte er sie nicht nur, sondern versuchte, sie zu vervollkommen. Er entdeckte, daß der Kessel der Maschine nur für einige Kolbenhübe Dampf lieferte, danach mußte die Maschine warten, bis sich im Kessel neuer Dampf gebildet hatte. Einige Monate lang überlegte er intensiv und fand zu Beginn des Jahres 1765 eine Lösung des Problems: Man darf den Dampf nicht direkt im Dampfzylinder kondensieren, sondern muß dazu ein anderes, mit dem Zylinder verbundenes Gefäß benutzen. Damit erfand Watt den Kondensator und unmittelbar darauf, als er den Zylinder beiderseits durch Deckel verschloß, die doppelwirkende Dampfmaschine.

Allerdings ahnte Watt nicht, welche gewaltigen Schwierigkeiten zu überwinden waren, bevor sich seine Gedanken ver-

wirklichen ließen. Zu der damaligen Zeit war es sehr schwer, einen Mechaniker zu finden, der genau nach Zeichnung die relativ komplizierte Maschine bearbeiten konnte, und auch die Werkzeugmaschinen waren nicht präzise genug.

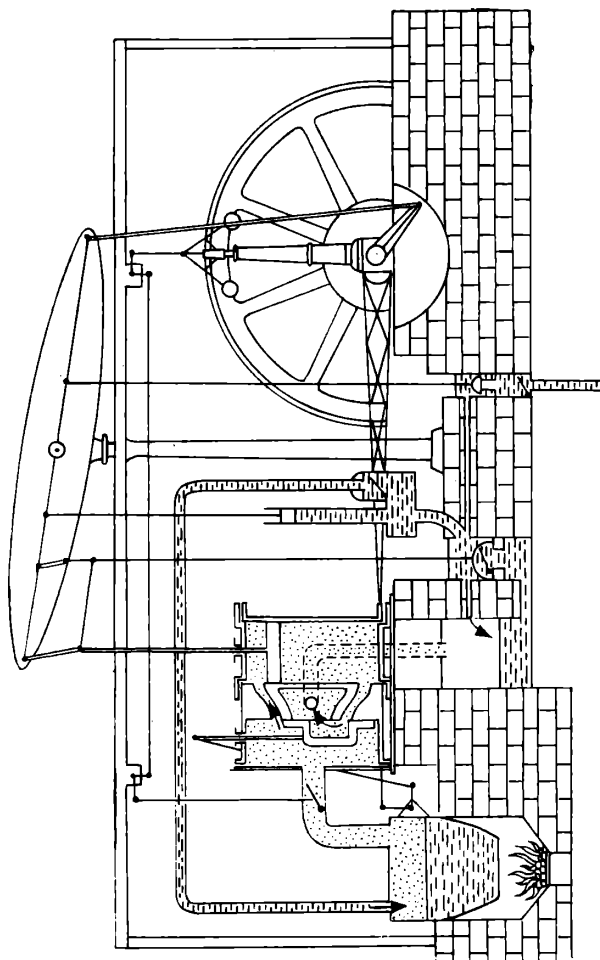
Der Bau des ersten Modells der Wattschen Dampfmaschine endete mit einem Mißerfolg. Watt hatte bald kein Geld mehr und nahm in dieser Situation die finanzielle Hilfe des Arztes und Industriellen Dr. Roebucks an, der sich den Patentschutz der Erfindung und zwei Drittel des Gewinns sicherte. Im Jahre 1769 wurde Watt endlich das Patent über „die neue Methode zur Verringerung des Dampf- und Brennstoffverbrauchs in Verbrennungsmaschinen“ erteilt, jedoch war die nach dem Patent gebaute Maschine erneut ein Mißerfolg. Ursache dafür war nicht nur die ungenügende Dichtung der wichtigsten Maschinenteile, sondern auch die ungenügende Eignung des verwendeten Materials.

Unmittelbar darauf trennte sich Watt von seinem Partner, der seinen Anteil dem Fabrikanten Boulton verkaufte. In dessen Person fand Watt erneut volle Unterstützung bei seinen Versuchen und Erfindungen, und später wurde er sein Partner in der neuen Dampfmaschinenfabrik „Boulton & Watt“ in Soho bei Birmingham.

Unermüdlich arbeitete Watt an der Vervollkommnung seiner Erfindung, die ihm schon so viele Enttäuschungen bereitet hatte. Im Jahre 1775 gelang es ihm, das wichtigste Element – den Dampfzylinder – so zu fertigen, daß er tatsächlich funktionierte.

Die Fabrik baute nun die erste Dampfmaschine und ein Jahr darauf bereits zwei weitere. Die Maschinen arbeiteten gut und fanden ein breites Echo. Bald darauf bereitete sich die Fabrik auf die Massenfertigung vor.

Der große Erfolg beeinflusste das Leben des bescheidenen Menschen Watt nicht. Er widmete sich weiterhin seinen Erfindungen. So erfand er im Jahre 1780 eine Kopierpresse, zwei Jahre darauf fügte er der Dampfmaschine ein Schwungrad an und nach weiteren zwei Jahren einen Fliehkraftregler. 1785 konstruierte Watts Mitarbeiter Murdock eine



W

Verschiebungseinrichtung für die Dampfverteilung im Zylinder, wodurch die Entwicklung der ersten einsatzfähigen Dampfmaschine ihren Abschluß fand.

Während seines produktiven Lebens schuf James Watt viele weitere Erfindungen und gab auch Anregungen zur Einführung eines einheitlichen Systems der Maße und Gewichte. Für seine Verdienste wurden ihm an seinem Lebensabend viele Ehrungen zuteil. Davon sind die bedeutendsten die Mitgliedschaften in der Französischen Akademie der Wissenschaften und in der Royal Society in London, die Ehren doktorwürde der Glasgower Universität und viele andere.

Watt war zweimal verheiratet. Aus erster Ehe gingen fünf Kinder hervor, aus zweiter zwei, die jedoch im frühen Alter starben. Kurz vor seinem Tode bot man ihm die Erhebung in den Adelsstand an, Watt lehnte sie jedoch ab. Er blieb seiner einfachen Herkunft und schöpferischen Arbeit treu, die er über alles liebte.

Er starb am 19. August 1819 in Heathfield bei Birmingham und wurde in der Londoner Westminster-Abtei beigesetzt.

* * *

James Watt überquerte gerade den Fabrikhof, als er in seinem Versuchslabor Licht gewahrte. Er begab sich in diese Richtung, um festzustellen, wer dort weilte und was er am frühen Sonntagabend in der Fabrik zu suchen hatte.

Es war Murdock, William Murdock, Watts Werkmeister.

»Was treibt Ihr hier, Murdock? Warum seid Ihr nicht zu Hause bei Eurer Familie?«

»Ich schneide Torsionsfedern, Herr Watt. Morgen früh benötigen wir fünf Dutzend für die Montage im Londoner Wasserkwerk. Die Torsionsfedern, die unsere Leute anfertigten, sind ungeeignet.«

Watt wandte sich ab, um seine Erregung zu verbergen. Er hingte den Hut auf den Kleiderhaken und trat an das Reißbrett.

»Kommt her, Murdock!«

Murdock trat an das Reißbrett heran.

Watt zeichnete einen Zylinder. »Ich möchte, daß der Dampf nicht von unten, sondern auch von oben auf den Kolben drückt. Den Zylinder schließe ich oben ab und leite Dampf auch über dem Kolben hinein. Was haltet Ihr davon?«

Murdock schwieg. Watt zeichnete weiter. »Die Kolben in unseren Zylindern bewegen sich nur in gerader Richtung nach oben und nach unten. Ich möchte diese geradlinige Bewegung auf die mit einem großen Rad verbundene Achse übertragen. Schaut her, so! Auf diese Weise könnten wir die geradlinige Bewegung in eine Kreisbewegung umwandeln. Die Trägheit des Rades führt den Kolben über beide Totpunkte, die sich hier«, er zeigte auf sie, »und hier befinden. Was meint Ihr dazu, Murdock?«

»Wir werden ein neues Modell schaffen müssen.«

»Wann beginnen wir damit?«

»Sofort.«

»Sofort... also, dann sofort.«

James Watt hatte keine ruhige Minute mehr. Er fertigte Bronzeguß, schmiedete Kupfer, bohrte einen Zylinder und schliff einen Kolben, drehte die Achsen und Lager. Wenn ihn die Müdigkeit übermannte, legte er sich in der Werkstatt auf ein vorbereitetes Notlager und schlief einige Stunden. Auch Murdock verließ die Werkstatt nicht. Er schürte ständig das Feuer, reinigte die Abgüsse und trieb für den Meister die Drehbank an. Am schwierigsten war es, für das kleine Modell die Torsionsfedern zu fertigen. Diese schnitt Murdock eigenhändig aus. Er hatte eine Riesengestalt. Watt stand oft neben ihm und wunderte sich, wie er es mit den groben Händen fertigbrachte, diese feinsten Arbeiten auszuführen.

Nach vier Wochen war das Modell für den ersten Versuch vorbereitet. Unter einem kleinen Kessel loderte das Feuer.

Mit zitternder Hand öffnete Watt den Zuführungshahn. Das Maschinenmodell kam in Gang...

Watt versäumte keinen Tag. Er war wortkarg. Er arbeitete. Wichtige Maschinenteile fertigte er eigenhändig. Er war Konstrukteur, Gießer, Dreher, Schlosser und Klempner in einem.

An seiner Seite arbeiteten Murdock und zehn ausgewählte Arbeiter aus der Fabrik.

Nach zwölf Monate dauernder Arbeit stand die fertiggestellte Maschine bereits in der großen Fabrikhalle.

Watt zog noch zum Abschluß einige Muttern an und legte dann endgültig den Schlüssel beiseite.

»So, Murdock, wenn wir jetzt Dampf hätten, könnten wir die Maschine sofort erproben.«

»Wir haben Dampf.«

»Jetzt in der Nacht?«

»Wir müssen lediglich das Feuer ein wenig schüren und haben in einer viertel Stunde Druck.«

Watt trat an die Maschine heran. In der dunklen Halle zeichnete sie sich wie ein gewaltiges Ungeheuer ab. Der Träger, auf dem der Ausgleichshebel ruhte, maß zwanzig Fuß¹), und das Rad der Schwungevorrchtung hatte einen Durchmesser von 12 Fuß und 8 Daumen²).

In diesem Augenblick schien es Watt, als wäre sie ganz unscheinbar. War es nicht Frevel, wenn er auf diese Weise in die Naturgesetze eingreift? War es nicht Frevel, Störung der ewigen Ordnung? Dann wären aber auch das Scheren der Schafe, die Verarbeitung der Wolle und das Weben von Stoffen Frevel; auch das Fällen der Bäume, das Zersägen der Stämme zu Scheiten, das Essen von Tierfleisch oder schließlich auch von Gemüse wären dann aber auch eine Störung der ewigen Ordnung.

Watt erschrak.

Murdock kehrte zurück. »Meister Watt, alles ist vorbereitet.«

Watts Hand ruhte bereits auf dem Hahn für die Dampfzufuhr. Aber was geschieht, wenn sich die Natur gegen sein Vorgehen auflehnt? Was geschieht, wenn sich in seine Berechnungen ein Fehler eingeschlichen hat? Was, wenn die Zylinderwandung oder das Schwungrad einen Riß aufweisen, der sich trotz einer sorgfältigen Durchsicht nicht ausmachen ließ?

Die Antwort auf diese Fragen hatte er in der Hand. Es bedarf

¹ etwa 6 m; ² etwa 4 m

lediglich des Aufdrehens des Hahnes, und der Dampf dringt in den Zylinder ein. Watt drehte am Hahn. Es ertönte ein heftiges Zischen. Durch die Spalte des Zylinders entwichen kleine Wölkchen zischenden Dampfes. Nach einigen Sekunden hüllte eine Dampfwolke die gesamte Maschine ein und stieg empor, bis sie das matte Licht der flackernden Öllampe verdunkelte.

Watt fühlte, wie ihm das Herz irgendwo in der Kehle schlug. Die Maschine kam nicht in Gang.

Dann sah er durch die Wolke des ausströmenden Dampfes, wie sich Murdock mit beiden Händen in das Schwungrad stemmte. Der Kolben begann, sich langsam zu heben und zu senken. Das Zischen verstummte. Die Bewegungen des Kolbens beschleunigten sich ständig. Das erste Schwungrad auf der Welt drehte sich ruhig und beständig.

Watt stand eine geraume Zeit unbeweglich da. Der Anblick seines eigenen Werkes überwältigte ihn.

Murdock versuchte, das Schwungrad mit der Hand abzubremesen, das Rad schlug ihm jedoch die Hand zur Seite. »Zum Teufel!« rief er aus, »das ist aber eine Kraft!«

Watt nickte beifällig. »Eine größere Kraft als die des Wassers. Und sie läßt sich noch vergrößern. Sie wird überall dort angewendet werden können, wo es erforderlich wird. Ich habe die Vorstellung, daß man eine Maschine mit dieser Kraft einmal in einen Wagen einbaut, der ohne Pferde fahren wird, oder in ein Schiff, das sich in beliebiger Richtung ohne Segel und schließlich gegen den Wind fortbewegen wird. Jedoch erscheint mir ihr Einsatz auf anderem Gebiet wesentlicher. Wenn wir eine derartige Maschine neben den Arbeiter stellen, erleichtert sie ihm die Arbeit um ein Vielfaches. Dann wird es ausreichen, wenn er an Stelle der bisher geleisteten vierzehn Stunden nur zehn oder acht arbeitet, er wird eine höhere Arbeitsleistung erreichen und mehr verdienen. Er wird ein kleines Haus mit Garten besitzen und diesem die Freizeit widmen können, die ihm die Maschine freisetzt. Was sagt Ihr dazu, Murdock?«

»Da würde die Welt auf den Kopf gestellt, Herr Watt.«

»Das gerade erhoffe ich doch!«



WILHELM EDUARD WEBER

Weber (Wb) ist die SI-Einheit des magnetischen Flusses. Sie wurde zu Ehren des deutschen Physikers Wilhelm Eduard Weber benannt.

Definition:

Das Weber ist der magnetische Fluß, der in einer ihn umschlingenden Windung die elektrische Spannung 1 V induziert, wenn er während der Zeit 1 s gleichmäßig auf Null abnimmt.

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$$

Wilhelm Eduard Weber wurde am 24. Oktober 1804 in Wittenberg als fünftes Kind eines Theologieprofessors geboren. Er studierte Naturwissenschaften in Halle, wurde am gleichen Ort Privatdozent und im Jahre 1828 außerordentlicher Professor für Physik. Schon 1825 hatte er zusammen mit seinem Bruder Ernst Heinrich, einem Physiologieprofessor in Leipzig, eine wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Akustik¹⁾ verfaßt, die ihm unter den Physikern einen guten Ruf einbrachte.

Im Jahre 1831 berief man ihn als ordentlichen Professor der Physik an die Universität Göttingen. Hier begann auch die enge Freundschaft mit Gauß und ihre wissenschaftliche Zusammenarbeit bei der Erforschung des Magnetismus. Ergebnis dieser Zusammenarbeit war u. a. auch die Erfindung des elektromagnetischen Telegrafen, den sie im Jahre 1833 gemeinsam erprobten.

In diese Zeit fällt auch ein Ereignis, das großen Einfluß auf Webers weiteres Lebensschicksal hatte: Zusammen mit sechs anderen Professoren wurde er im Jahre 1837 von der Universität entlassen. Weber gehörte zu den berühmten „Göttinger Sieben“, die sich schriftlich gegen die willkürliche Aufhebung der Verfassung durch König Ernst August von Hannover äußerten; sie erklärten sich mit dieser Verfassungsaufhebung nicht einverstanden.

Auch während der anschließenden fünfjährigen Stellungslosigkeit, in der er von Gauß Unterstützung erfuhr und vom Erlös einer Sammlung in ganz Deutschland in sehr bescheidenen Verhältnissen lebte, unterbrach er die Arbeiten über den Magnetismus nicht. Davon zeugt ein sechsbändiges Werk, das er gemeinsam mit Gauß herausgab und das die Ergebnisse der Beobachtungen aus den Jahren 1836 bis 1841 enthielt.

Im Jahre 1843 trat Weber das Amt eines Professors an der Universität in Leipzig an. Hier entstand sein Elektrodynamometer, das auf der Ampèreschen Entdeckung über die

¹⁾ „Wellenlehre auf Experimente gegründet“

wechselseitige Wirkung zweier elektrischer Ströme aufeinander basierte und mit dessen Hilfe man diese Wirkungen sehr präzise untersuchen und nutzen konnte.

Sechs Jahre später wurde Weber erneut nach Göttingen berufen, wo er dann auch den Rest seines Lebens verbrachte. Hier begann er Untersuchungen, die zur Einführung der absoluten Einheit der elektrischen Spannung oder elektromotorischen Kraft führten; dabei stützte sich Weber auf das Faradaysche Gesetz der Induktion und benutzte, ausgehend von den Gaußschen Messungen des Magnetfeldes der Erde, das Phänomen der Erdinduktion. Sein Erdinduktor, mit dessen Hilfe er umfangreiche quantitative Untersuchungen durchführte, wurde später eines der wichtigsten Hilfsmittel bei elektromagnetischen Messungen.

Webers größtes Verdienst ist es jedoch, daß er das System der absoluten elektrischen Maßeinheiten begründete, das eine universelle Gültigkeit erlangte und zu dem er sich durch eine sehr gründliche und präzise quantitative Erforschung der Entdeckungen von Oersted bis hin zu Faraday unter Anwendung der Gaußschen Ergebnisse bei der Untersuchung der magnetischen Größen vorarbeitete.

Für seine Untersuchungen entwickelte Weber mehrere neue, präzisere und feinere Hilfsmittel und führte unermüdlich Messungen durch mit einer Genauigkeit, die keiner vor ihm je erreicht hatte. Dabei stieß er auch auf eine Gesetzmäßigkeit, die darauf hinweist, daß bei der Verknüpfung der Coulombschen Gesetze für die magnetischen und für die elektrischen Kräfte eine bestimmte Geschwindigkeit eine große Rolle spielt. Durch komplizierte Messungen ermittelte er, daß diese Geschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit ist. Hier wurde erstmalig die Lichtgeschwindigkeit als ausschlaggebend auch auf dem Gebiet des Elektromagnetismus entdeckt.

Weber versuchte ebenfalls als erster, die Vorstellungen über die elektrischen Elementarquanten zu verallgemeinern, wobei er diesen kleinsten Partikeln neben einer bestimmten Ladung auch eine bestimmte Masse (Trägheit) zuschrieb.

Weber war bescheiden, von kindlicher Fröhlichkeit, zeichnete sich jedoch durch eine unbeugsame Art zu denken aus, war ehrlich und äußerst charakterfest. Er war nicht verheiratet, den Haushalt führte ihm die Nichte. Er starb am 23. Juni 1891 in Göttingen.

* * *

Eines Aprilmorgens im Jahre 1833 drängte sich vor der Johanniskirche in Göttingen eine Schar neugieriger Bürger. Nicht, daß sie keine Arbeit zu verrichten gehabt hätten, aber in dem ungewöhnlichen Schauspiel, das sich ihnen bot, ahnten sie, daß sich etwas nicht Alltägliches abspielte. Es kamen auch einige Händler hinzu, die ihre Stände verließen, die vor dem nahegelegenen Rathaus aufgestellt waren.

Auf dem Balkon eines der beiden Türme der Johanniskirche, von wo aus die Stadtmusikanten bei den Sonntagsspaziergängen zu konzertieren pflegten, erkannten die Bürger den jungen Physikprofessor Wilhelm Weber und zwei weitere junge Männer in Studentenkleidung. Einer der Studenten hatte einen Ring dicken Drahtes über die Schulter geworfen, der zweite hielt eine lange Stange in den Händen, und alle waren mit irgend etwas eifrig beschäftigt.

»Na, da bin ich gespannt, was sich da unsere Herren Studenten samt ihren Professoren wieder ausgedacht haben«, bemerkte der Fleischermeister Jakob Schlözer.

»Fürwahr«, spuckte ein Bauer aus, der sich sogar mit seinem Ochsesgespann zugesellte und einen kräftigen Zug aus seiner ungewöhnlich langen Pfeife nahm. »Die Welt ist schlecht geworden. Nicht einmal das Gotteshaus lassen sie für ihre ewigen Examen oder wie das heißt... ungenutzt.«

»Experimente«, entgegnete Meister Jakob aufklärend, »so pflegen sie das zu nennen!«

»Exe... Exle... Pfui!« ärgerte sich der Bauer, »was sind das wieder für neue Teufeleien?!«

»Teufeleien hin – Teufeleien her, aber sie sind notwendig!«

Meister Jakob setzte plötzlich eine gewichtige Miene auf. Nicht, daß er Verfechter jener Experimente gewesen wäre oder auch nur das Geringste davon verstanden hätte. Aber der Fleischerladen in der Gronestraße war täglich erfüllt vom Lärm der lustigen Studentenschaft, die sich des Meisters berühmte Würste schmecken ließ.

Die in der Nähe des Meisters Jakob stehenden Bürger pflichteten im Geiste bei.

Man konnte fürwahr nicht behaupten, daß die Göttinger die Universitätsstudenten wer weiß wie liebten. Nur: siebenhundert Studenten gaben ihr Geld hier für Logis und Verpflegung aus, was für viele Bürgerfamilien von großem Nutzen war. Und so lebten Bürger und Studenten in stillem Einvernehmen nebeneinander, auch wenn sie bei verschiedenen Anlässen nicht vergaßen, des Studentenaufstandes vom Jahr 1790 zu gedenken.

Damals war aus einem nichtigen Streit eines Studenten mit einem Tischlergesellen eine blutige Auseinandersetzung zwischen den Studenten und den Gesellen aller Zünfte entfacht worden. Die empörten Studenten hatten schließlich die Stadt verlassen und schlugen am Fuße des bewaldeten Hainbergs, der östlich der Stadt aufragte, ihr Lager auf. Nach vierzehntägigem freiwilligem Exil kehrten die Studenten schließlich zurück, wobei ihnen die Bürger der Stadt eine feierliche Begrüßung und ein Aussöhnungsmahl bereiteten.

Inzwischen hatten drei Männer den Turm bereits verlassen und ihre Arbeit fortgesetzt. Mit Hilfe der langen Stange zogen sie eine Leitung aus Draht an den Häusern der Stadt entlang. Weber war nicht groß, er bewegte sich sehr geschickt bei der Arbeit und stachelte froh gelaunt seine Gehilfen an.

»Höher, Johann, verlege ihn höher! Schau her, so«, er nahm ihm die Stange aus den Händen und versuchte selbst, den Draht in die Äste einer verzweigten Linde zu verlegen. Nach einer Weile vergeblicher Mühe legte er die Stange erneut in die Hände des stattlichen Studenten.

Die Drahtrolle auf der Schulter des anderen Studenten wurde allmählich kleiner. Als er nur noch das Ende in der Hand hielt, bot er sich an, weiteren Draht zu holen.

»Nimm dir den Schlüssel vom Physikkabinett, Junge. Der Draht liegt in der Nische links neben der Tür. Suche Kupferdraht aus und bring, soviel du schaffst«, sagte Weber zu dem Studenten, der sich bereits in Richtung zur Universität begeben hatte.

»Und bring wenigstens zwei Maß Bier mit«, rief ihm Johann nach.

»Erst wenn es geregnet hat...«, schnitt ihm Gustav das Wort ab, aber er kam nicht zum Aussprechen. In diesem Augenblick fielen Regentropfen auf die Erde herab, die ersten Tropfen des Aprilregens. Deshalb winkte er nur mit der Hand ab, und er war auch nicht mehr zu sehen.

Weber flüchtete inzwischen vor dem Regen in das nächstgelegene Haus, und der muntere Professor erläuterte mit unbeschreiblicher Ausdauer nun wohl schon zum hundertsten Mal das Wesen des neuesten Experiments.

»Wir verlegen eine Doppelleitung aus Draht vom Fenster unseres Physikkabinetts ausgehend an den Häusern der Stadt entlang bis hin zur Sternwarte vor dem Geismarer Tor. Das ist eine Strecke von etwa 5000 Fuß¹)«, sagte Weber, und aus seiner Stimme war der unvermittelte Stolz eines Vaters herauszuhören.

»Nur hat uns jemand bereits dreimal die fertige Leitung zerschnitten«, unterbrach Johann den begeisterten Redefluß.

»Ja, leider haben wir auch Neider.« Webers Fröhlichkeit verflog für einen Augenblick.

»Der Bürgermeister Ebell selbst hat uns den Schutz des Magistrats zugesichert. Die Polizeibeamten und Nachtwachen erhielten Hinweise, unserem Experiment Augenmerk zu schenken.«

Aber die Stadtbewohner wollten weitere Einzelheiten über das Experiment erfahren, das die Möglichkeit einer elektromagnetischen Fernübertragung von Signalen prüfen sollte – also die Möglichkeit des Einsatzes eines elektromagnetischen Telegrafen.

¹ etwa 1,5 km

Weber wendete seinen Blick zum Fenster hin. Draußen regnete es unvermindert. Es blieb ihm nichts anderes übrig, als sich im angebotenen Sessel bequemer niederzulassen und seinen Bericht über seinem Herzen so naheliegende Dinge fortzusetzen...

* * *

Jetzt aber saßen beide an ihren Plätzen. Weber im Physikabinett in der Universität und sein älterer Freund und Gefährte Carl Friedrich Gauß, der Direktor der Sternwarte und Mathematikprofessor, in der Sternwarte.

Weber beendete soeben das Senden der ersten Nachricht. Er unterbrach die Bewegung der großen Spule des Induktors, auf die Gauß an die 7000 Windungen gewickelt hatte! Er versank für einen Augenblick in Gedanken.

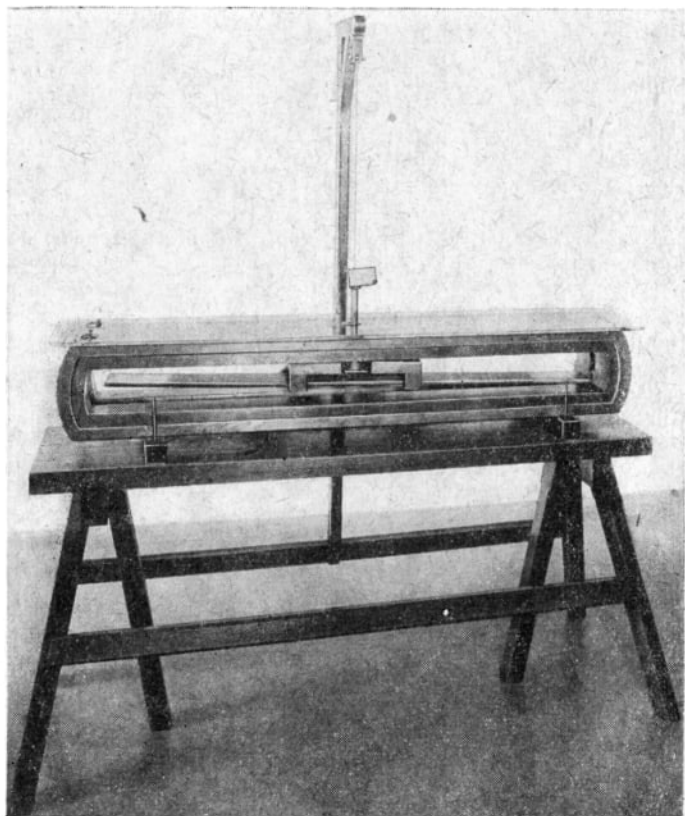
»Es hätte doch gelingen müssen. Gelingen müssen!« sagte er zu sich selbst. Dann ergriff er mit sichtlicher Erregung seinen Mantel und eilte durch die Straßen der Stadt.

Inzwischen beugte sich Gauß über das Magnetometer eigener Konstruktion. Zuweilen hörte die unterbrochene Schwingung des Zeigers auf. Es überkam ihn das unaussprechliche Gefühl des Glücks. Noch einmal blickte er auf die Nachricht, die ihm Weber soeben per Draht nach einem vorher vereinbarten Schlüssel übermittelt hatte. Es handelte sich um einen einfachen Schlüssel: es war zu ermitteln, wie oft der Zeiger nach der einen oder anderen Seite ausschlagen muß; Gauß machte sich ungeduldig an die Entschlüsselung der Nachricht.

Es störte ihn ein ziemlicher Lärm vor der Tür, die im nächsten Augenblick aufgestoßen wurde und in der das durch viele Fragen geprägte Gesicht Webers erschien. Gauß sagte, ohne eine Frage abzuwarten, kurz und bündig: »Ja, es hat geklappt!«

Weber atmete erleichtert auf. Für einen Augenblick herrschte Schweigen. Dann aber ließen die Freunde den Worten freien Lauf. Begeistert schmiedeten sie Pläne bezüglich einer telegrafischen Verbindung von Göttingen nach Hannover, von

Hannover nach Bremen und von dort aus? Vielleicht noch weiter, über Gipfel und Meere, Eiswüsten und Steppen, überall hin werden einmal Wörter fliegen, die fröhliche und traurige Nachrichten bringen werden, wie sie allein das Leben zu verfassen weiß...



Zeichenempfänger des elektromagnetischen Telegraphenapparates von Gauß und Weber (1833)

Richtige Aussprache der Einheitennamen

(Aussprachebezeichnungen nach dem „Großen Duden“)

Einheit	Aussprache
Ampere	am'pɛ:r
Ängström	ɔŋstrø:m, meist 'aŋstrø:m
Bel	bel
Biot	bjo:
Becquerel	bek(ə)'rel
Coulomb	ku'lō:
Celsius	'tselzius
Curie	ky'ri:
Clausius	'klauzius
Eötvös	'etvøʃ
Farad	fa'rad
(Faraday)	('farade:) (engl. Aussprache 'færədi)
Fahrenheit	'fa:rənhait
Fermi	'fermi:
Franklin	'fræŋklin
Gauß	gaus
Gal	gal
(Galilei)	(gali'le:i)
Gilbert	'gilbert
Gray	gre:
Henry	'henri:
Hertz	herts
Joule	zu:l
Kelvin	'kelvin
Lambert	'lambert
Maxwell	'mækswel (engl. Aussprache 'mækswəl)
Newton	'nju:tən
Neper	'ne:pər
(Napier)	('ne:piər)
Ohm	o:m
Oersted	'ø:rstet
Pascal	pas'kal
Röntgen	'røentgən
Réaumur	're:omy:r
Rayl	re:l
(Rayleigh)	('re:li)
Rutherford	'rʌðərfərd
Siemens	'zi:məns

Einheit	Aussprache
Stokes	sto:ks
Tesla	'tesla
Torr	tər
(Torricelli)	(tori'tʃeli:)
Volt	vɒlt
(Volta)	('vɒlta)
Watt	vat (<i>engl. Aussprache wɒt</i>)
Weber	've:bər

(Wenn der Einheitenname den Personennamen nicht vollständig wiedergibt, wurde dieser in Klammer darunter gesetzt.)

Übersicht über die Einheiten und ihre Umwandlungsbeziehungen

Größe	SI-Einheiten	
	Name	Zeichen
Länge	Meter	m
Elektrische Stromstärke	Ampere	A
Temperaturdifferenz	Kelvin	K
Beschleunigung	Meter je Sekunden- quadrat	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Schwerebeschleunigung		
Kraft	Newton	N
Energie	Joule	J
Leistung	Watt	W
Kinematische Viskosität	Quadratmeter je Sekunde	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Druck	Pascal	Pa
Frequenz	Hertz	Hz
Logarithmische Ver- hältnisgröße für die Dämpfung	Neper ¹	Np
Logarithmische Verhältnis- größe für die akustische Intensität, für den akusti- schen Druck und für elektrische Leistung	Bel ¹	B
Spezifische akustische Impedanz	Newtonsekunde je Kubikmeter	$\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
Entropie	Joule je Kelvin	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
Elektrische Ladung	Coulomb	C

¹ Einheiten, die außerhalb des SI angewendet werden

Nicht oder nur befristet zugelassene Einheiten		Umwandlungsbeziehung zu SI-Einheiten
Name	Zeichen	
Ångström	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$
Fermi	f	$1 \text{ f} = 10^{-15} \text{ m}$
Biot	Bi	$1 \text{ Bi} = 10 \text{ A}$
Grad Celsius	°C	$T/\text{K} = t/^\circ\text{C} + 273,15$
Grad Fahrenheit	°F	$T/\text{K} = \frac{5}{9} (t/^\circ\text{F} - 32) + 273,15$
Grad Réaumur	°R	$T/\text{K} = \frac{5}{4} t/^\circ\text{R} + 273,15$
Gal	Gal	$1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Eötvös	E	$1 \text{ E} = 10^{-9} \text{ s}^{-2}$
Stokes	St	$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Torr	Torr	$1 \text{ Torr} = 133,322 \text{ Pa}$
Rayl	Rayl	$1 \text{ Rayl} = 10 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$
Clausius	Cl	$1 \text{ Cl} = 4,1868 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Franklin	Fr	$1 \text{ Fr} = \frac{1}{3} \cdot 10^9 \text{ C}$

Größe	SI-Einheiten	
	Name	Zeichen
Elektrische Spannung	Volt	V
Elektrische Kapazität	Farad	F
Elektrischer Widerstand	Ohm	Ω
Elektrische Leitfähigkeit	Siemens	S
Magnetische Induktion	Tesla	T
Magnetischer Fluß	Weber	Wb
Magnetische Feldstärke	Ampere je Meter	$A \cdot m^{-1}$
Magnetische Spannung	Ampere	A
Induktivität	Henry	H
Leuchtdichte	Candela je Quadratmeter	$cd \cdot m^{-2}$
Aktivität	Becquerel	Bq
Exposition	Coulomb je Kilogramm	$C \cdot kg^{-1}$
Energiedosis	Gray	Gy

Nicht oder nur befristet zugelassene Einheiten		Umwandlungsbeziehung zu SI-Einheiten
Name	Zeichen	
Gauß	G	$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$
Maxwell	M	$1 \text{ M} = 10^{-8} \text{ Wb}$
Oersted	Oe	$1 \text{ Oe} = \frac{1000}{4\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$
Gilbert	Gb	$1 \text{ Gb} = 0,796 \text{ A}$
Lambert	la	$1 \text{ la} = \frac{1}{\pi} \cdot 10^4 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
Curie	Ci	$1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
Rutherford	Rd	$1 \text{ rd} = 10^6 \text{ Bq}$
Röntgen	R	$1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$

Quellenverzeichnis

Abhandlungen über Thermometrie von Fahrenheit, Réaumur, Celsius. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 57. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann 1894

* АРЕНБЕРГ, А. Г. (ARENBERG, A. G.): Генрих Герц (Heinrich Hertz). Moskau: Знание 1957

* ASIMOV, I.: Biographische Enzyklopädie der Naturwissenschaft und der Technik. Freiburg i. Br., Basel, Wien: Herder 1973

BALÁŽ, P.: Význační fyzici (Bedeutende Physiker). Bratislava: SPN (Slowakischer Pädagogischer Verlag) 1966

BINKO, J.: Fyzikální a technické veličiny (Physikalische und technische Größen). Prag: SNTL (Verlag technischer Literatur) 1968

Большая советская энциклопедия (Große Sowjetenzyklopädie). Moskau: Советская энциклопедия 1949...1960

БУБЛЕИНИКОВ, Ф. Д. (BUBLEINIKOW, F. D.): Джерк Клерк Максвелл (James Clerk Maxwell). Moskau: Знание 1960

COHEN, E., und W. A. T. COHEN-DE MEESTER: Daniel Gabriel Fahrenheit. Amsterdam: N. V. Noord-Hollandsche Uitgevers-Maatschappij 1936

CROWTHER, J. G.: Große englische Forscher. Berlin: Pontes-Verlag 1948

* CURIE, E.: Madame Curie. Bratislava: Živena 1945

ČSN 01 1300: Zákonné měrové jednotky (Gesetzliche Maßeinheiten). Prag: Verlag des Amtes für Normung und Messung 1971

ČSN 01 1301: Veličiny a jednotky ve vědě a technické praxi (Größen und Einheiten in Wissenschaft und technischer Praxis). Prag: Verlag des Amtes für Normung und Messung 1972

* Deutsche Forscher aus sechs Jahrhunderten. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1966

* FERMIOVÁ, L.: Atómy v rodine (Atome in der Familie). Bratislava: Smena 1971

GILBERT, W.: О магните, магнитных телах и о большом магните-земле (Über den Magneten, magnetische Körper und den großen Magneten Erde). Moskau: Академия наук СССР 1956

GLIOZZI, M.: История физики (Geschichte der Physik). Moskau: Издательство МИР 1970

Grand Larousse. Paris: Larousse 1964

* HARIG, G.: Von Adam Ries bis Max Planck. Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie 1966

- *HERNECK, F.: Пионеры атомного века (Pioniere des Atomzeitalters). Moskau: Издательство прогресс 1974
- КАРЦЕВ, В. (KARZEW, W.): Максвелл (Maxwell). Moskau: Молодая гвардия 1974
- *KARGER-DECKER, B.: Silnější je pravda (Stärker ist die Wahrheit). Prag: Lidová demokracie 1964
- KOZEL, S.: James Watt. Prag: Orbis 1946
- Malá encyklopédia bádateľov a vynálezcov (Kleine Enzyklopädie Forscher und Erfinder). Bratislava: Obzor 1973
- Mezinárodní soustava jednotek SI (Internationales Einheitensystem SI). Prag: Verlag des Amtes für Normung und Messung 1973
- MIERZECKA, A.: Zdobywcy tajemnic atomu (Die Entdecker der Atomgeheimnisse). Warschau: Wiedza Powszechna 1957
- MIERZECKA, A.: Wiedza opetani (Wissenschaftsbesessen). Warschau: Wiedza Powszechna 1961
- MIERZECKA, A.: I uczeni sa ludźmi (Auch Gelehrte sind Menschen). Warschau: Wiedza Powszechna 1962
- MURCZYNSKI, CZ.: W. K. Roentgen. Warschau: Państw. Zakł. Wyd. 1957
- PLEDGE, H. T.: Science since 1500 (Wissenschaft seit 1500). London: H. M. Stationery Office 1939
- Ржонсницкий, Б. (Rshonsnizki, B.): Никола Тесла (Nikola Tesla). Moskau: Молодая гвардия 1959
- SACKLOWSKI, A.: Physikalische Größen und Einheiten. Stuttgart: Deua Fachverlag 1960
- ŠAFRÁNEK, J.: Nikola Tesla a jeho zásluhy o elektrotechniku a radiotechniku (Nikola Tesla und seine Verdienste um die Elektrotechnik und Radiotechnik). Prag: Občanská knihtiskárna 1941
- ŠINDELÁŘ, V., und SMRŽ, L.: Nová měrová soustava (Das neue Maßsystem). Prag: SPN (Staatlicher pädagogischer Verlag) 1968
- TGL 31548: Einheiten physikalischer Größen (DDR-Standard) Entwurf 1975
- TWAROGOWSKI, T.: Wielki samouk (Der große Autodidakt). Warschau: Nasza księgarnia 1961
- *VAVILOV, S. I.: Izák Newton. Bratislava: Slovenská akadémia vied a umení 1952
- WILLIAMS, T. I. (ed.): A Biographical Dictionary of Scientists (Ein biographisches Wissenschaftler-Lexikon). London: Adam & Charles Black 1969
- *WORBS, E.: Carl Friedrich Gauß. Leipzig: Koehler & Amelang 1955

Die mit * versehenen Titel wurden auch in das folgende Verzeichnis aufgenommen, das Literatur enthält, die für eine weitere Beschäftigung mit Leben und Werk der behandelten Persönlichkeiten zu empfehlen ist.

Vorlagen für die Porträts: ADN/Zentralbild; Deutsche Fotothek Dresden, Sammlung Karger-Decker, VEB Bibliographisches Institut Leipzig, Archiv VEB Fachbuchverlag Leipzig

Fotos:

Staatlicher Mathematisch-Physikalischer Salon, Dresden (KARPINSKI): S. 29, 55, 59, 69, 79, 93, 179, 197, 217, 225, 233, 257, 273, 283

Deutsche Fotothek Dresden: S. 99

Postmuseum der DDR, Berlin: S. 121, 253, 299

Weiterführende Literatur

Originalarbeiten

FARADAY, M.: *Naturgeschichte einer Kerze* (Reclams Universal-Bibliothek Nr. 6019/20). Leipzig: Verlag Philipp Reclam jun. 1951

FRANKLIN, B.: *Autobiographie nebst einer Auswahl von Briefen, Dokumenten und Flugschriften*. Berlin: Verlag Volk und Welt 1956

FRANKLIN, B.: *Benjamin Franklins Leben. Von ihm selbst erzählt.* (Reclams Universal-Bibliothek Band 251). Leipzig: Verlag Philipp Reclam jun. 1966

GAUSS, C. F.: *Mathematisches Tagebuch 1796—1814* (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 256). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig 1976

HERTZ, H. R.: *Über sehr schnelle elektrische Schwingungen. 4 Arbeiten von H. Hertz.* (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Band 251). Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig 1971

NEWTON, I.: *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1963

PASCAL, B.: *Briefe über die Wahrscheinlichkeit*. 2. Aufl. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1972

PASCAL, B.: *Geist und Herz. Eine Auswahl aus dem Gesamtwerk*. Berlin: Union Verlag 1962

RÖNTGEN, W. C.: *Grundlegende Abhandlungen über die X-Strahlen* (Klassische Arbeiten deutscher Physiker). Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1954

WEBER, W., und R. KOHLRAUSCH: *Über die Einführung absoluter elektrischer Maße* (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Neue Folge, Band 5). Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1968

RODITSCHEW, W. I., und U. I. FRANKFURT (Herausgeber): *Die Schöpfer der physikalischen Optik. Eine Artikelsammlung.* (Wissenschaftliche Taschenbücher, Reihe Texte und Studien). Berlin: Akademie-Verlag 1977

TRICKER, R. A. R.: *Die Beiträge von Faraday und Maxwell zur Elektrodynamik. Einführung und Originaltexte.* (Wissenschaftliche Taschenbücher, Reihe Texte). Berlin: Akademie-Verlag 1974

TRICKER, R. A. R.: *Frühe Elektrodynamik. Das erste Stromgesetz.* (Wissenschaftliche Taschenbücher, Reihe Texte). Berlin: Akademie-Verlag 1974

Reihe „Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner“. Leipzig: BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft

SKŁODOWSKA-CURIE, M.: Selbstbiographie. 1962
WOŁCZEK, O.: Maria Skłodowska-Curie und ihre Familie. 1977
SCHÜTZ, W.: Michael Faraday. 2. Aufl. 1972
WUSSING, H.: Carl Friedrich Gauß. 2. Aufl. 1976
SCHMUTZER, E., und W. SCHÜTZ: Galileo Galilei. 3. Aufl. 1977
KUCZERA, J.: Heinrich Hertz. 2. Aufl. 1977
WUSSING, H.: Isaac Newton. 1977
BEIER, W.: Wilhelm Conrad Röntgen. 2. Aufl. 1970
WERNER, K., und K. WERNER: Wilhelm Weber. 1976

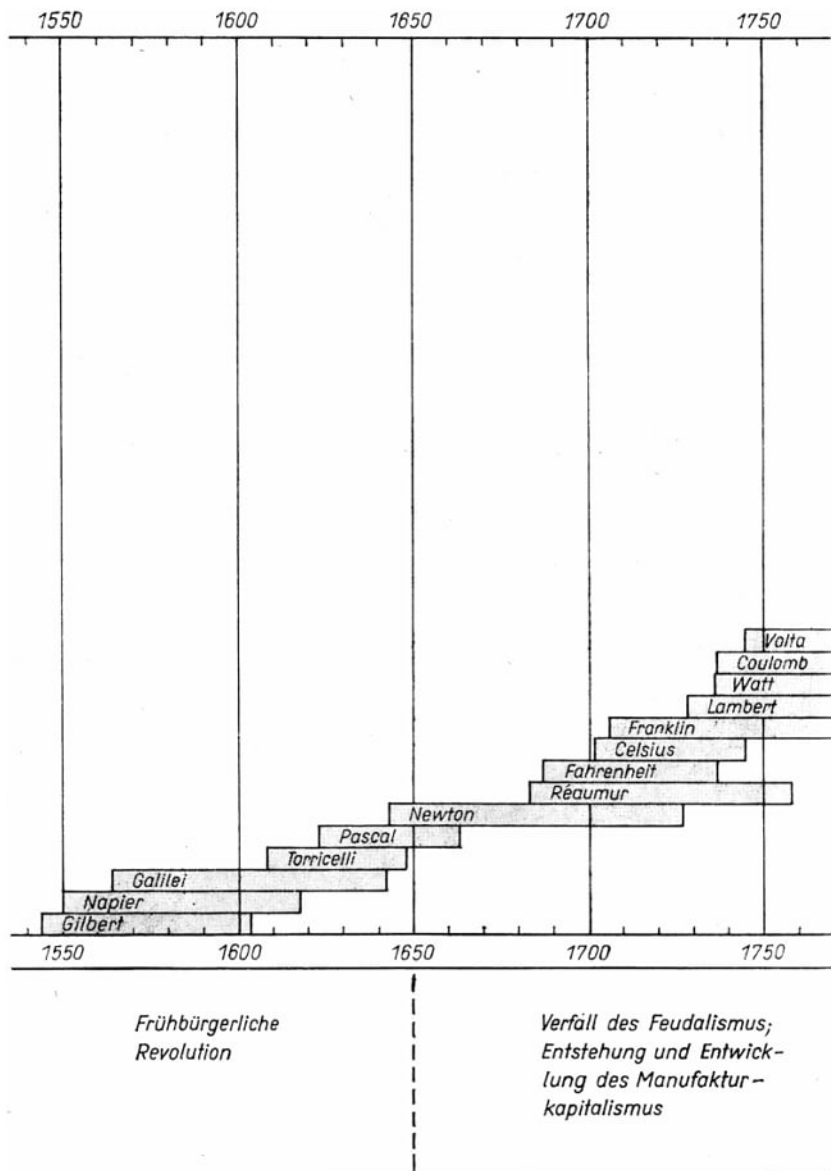
Sammelwerke, Lexika und Übersichtsdarstellungen

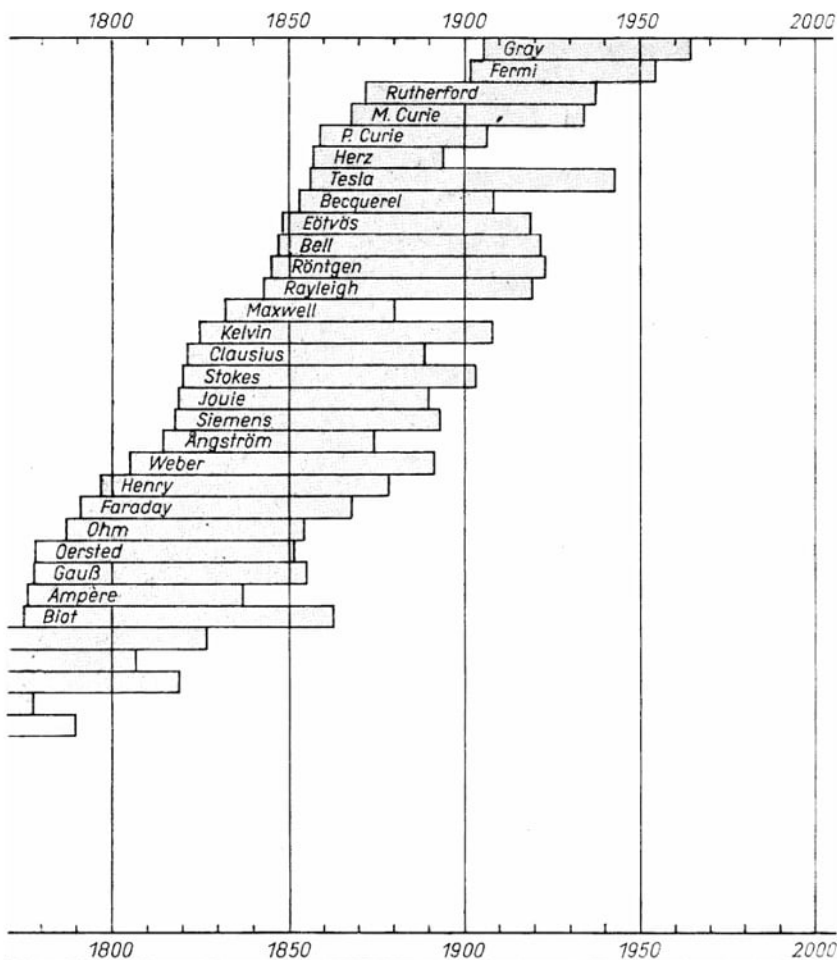
HEINIG, K. (Herausgeber): Biographien bedeutender Chemiker. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1968
WUSSING, H., und W. ARNOLD (Herausgeber): Biographien bedeutender Mathematiker. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1975
HARIG, G. (Herausgeber): Von Adam Ries bis Max Planck. 25 große deutsche Mathematiker und Naturwissenschaftler. 2. Aufl. Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie 1962
Deutsche Forscher aus sechs Jahrhunderten, Lebensbilder von Ärzten, Naturwissenschaftlern und Technikern. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1966
Geschichte der Technik. 2. Aufl. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1967
ASIMOV, I.: Biographische Enzyklopädie der Naturwissenschaft und der Technik. Freiburg i. Br., Basel, Wien: Herder 1973
KRAFFT, F., und A. MEYER-ABICH: Große Naturwissenschaftler. Biographisches Lexikon. Frankfurt/M.: Fischer-Bücherei 1970
HERMANN, A.: Lexikon Geschichte der Physik. Köln: Aulisverlag 1971
Wer – Was – Wann? Entdeckungen und Erfindungen in Naturwissenschaft und Technik. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1977
CONRAD, W.: Erfinder, Erforscher, Entdecker. 3. Aufl. Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag 1977
CONRAD, W.: Physiker im Kreuzverhör. Große Experimente und ihre Meister. 2. Aufl. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1977

FRIEDT, H.: Zur Geschichte der Dampfmaschine. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1965
 HERNECK, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters. Große Naturforscher von Maxwell bis Heisenberg. 8. Aufl. Berlin: Buchverlag Der Morgen 1977
 KARGER-DECKER, B.: Aber die Wahrheit ist stärker. Große Forscher und Gelehrte ringen um Anerkennung. Leipzig: Koehler & Amelang 1961
 KUZNECOV, B. G.: Von Galilei bis Einstein. Entwicklung der physikalischen Ideen. Berlin: Akademie-Verlag 1970

Bücher über einzelne Forscher

CURIE, E.: *Madame Curie*. Leipzig: Paul List Verlag 1958
 CURIE, M.: *Pierre Curie*. Wien: Springer-Verlag 1960
 STRUBE, W.: Pierre und Marie. Die Entdeckung des Radiums. 3. Aufl. Leipzig: Paul List Verlag 1976
 SCHUMACHER, E.: *Der Fall Galilei*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1964
 WORBS, E.: *Carl Friedrich Gauß*. Ein Lebensbild. Leipzig: Koehler & Amelung 1955
 FERMI, L.: *Mein Mann und das Atom*. Düsseldorf/Köln: Diederichs 1956
 WAWILOW, S. I.: *Isaac Newton*. Berlin: Akademie-Verlag 1951
 GLASSER, O.: *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen*. 2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag 1959
 HEROLD, G.: *Entdeckung neuen Lichtes. Eine historisch-biographische Erzählung über Wilhelm Conrad Röntgen*. Berlin: Verlag Rütten & Loening 1956
 HEROLD, G.: *Das gläserne Rätsel*. Berlin: Der Kinderbuchverlag 1963
 ANDRADE, E. N. DA C.: *Rutherford und das Atom*. München, Wien, Basel: Verlag Kurt Desch 1965
 O'NEILL, J. J.: *Nikola Tesla. Der Gegenspieler Edisons*. Wien, Innsbruck, Wiesbaden: Rohr 1951





*Sieg und Festigung
des Kapitalismus
in fortgeschrittenen
Ländern*

*Volle Ent-
faltung des
Kapitalismus
der freien
Konkurrenz;
Übergang
zum Monopol-
kapitalismus*

*Übergang vom
Kapitalismus
zum
Sozialismus*

Im gleichen Verlag erscheinen:

Anleitung zum Lösen physikalischer Aufgaben

*Von Fachschuldozent Dipl.-Phys. Günther Kießling und
Studiendirektor Dipl.-Phys. Wolfgang Körner*

An Ingenieur- und Fachschulen anerkannt

*6., neubearbeitete Auflage · 112 Seiten mit 60 Bildern und
11 Tabellen als Beilage · 12 cm × 19 cm · Pappeinband 5,— M
Bestellnummer 545 1032*

Es handelt sich hierbei um eine sorgfältig aufgebaute Aufgabensammlung für Fachschulen und naturwissenschaftlich orientierte Klassen der Oberschulen. Die Aufgaben sind der Mechanik, Thermodynamik und der Elektrizität entnommen und können zum größten Teil ohne Infinitesimalrechnung bearbeitet werden. Zu jeder Aufgabe werden die Aufgabenstellung, der Lösungsweg und das Ergebnis mit Diskussion ausführlich angegeben.

Aufgaben zur Physik

*Von Prof. Walentina Wolkenstein
Übersetzung aus dem Russischen*

*399 Seiten mit 113 Bildern und 37 Tabellen, davon 20 im Anhang · 14,3 cm × 21,5 cm · Ganzgewebereinband 13,50 M
Bestellnummer 546 1804*

Die Sammlung enthält 1572 Aufgaben aus den Gebieten Mechanik, Molekularphysik und Thermodynamik, Elektrizität und Magnetismus, Schwingungen und Wellen, Optik, Atom- und Kernphysik im Hochschulniveau. Zu allen Aufgaben sind Lösungen angegeben, bei den schwierigeren auch der Lösungsweg. Jedem Abschnitt ist eine kurze Einführung mit den grundlegenden Gesetzen und Formeln vorangestellt. Ein Tabellenanhang liefert die für das Lösen der Aufgaben benötigten Werte.

Wegbereiter der neuen Mathematik

*Von Wiktor A. Nikiforowski und Leon S. Freiman
Übersetzung aus dem Russischen*

*222 Seiten mit 37 Bildern · 12,5 cm × 20 cm · Broschur 5,50 M
Bestellnummer 546 4116*

In diesem populärwissenschaftlichen Buch wird ein bedeutender Abschnitt aus der Geschichte der Mathematik beschrieben: die erste Hälfte des 17. Jahrhunderts, in der die Grundlagen zur analytischen Geometrie und zur Infinitesimalrechnung gelegt wurden. Vier große Männer stehen im Mittelpunkt des Geschehens: Descartes, Fermat, Torricelli, de Roberval. Ihre wissenschaftlichen Ergebnisse werden im Zusammenhang mit den gesellschaftlichen Verhältnissen jener Zeit allgemeinverständlich dargestellt.

Kerntechnik im Blickpunkt

*Von Dr. rer. nat. Gerhard Blumentritt und
Dr. rer. nat. Lothar Schwaar*

Bestellnummer 546 367 4

Schon seit langem beschäftigten das Atom und sein „Inneres“ die Menschen. Es gab ihnen ständig neue Rätsel auf, angefangen beim Aussenden von Strahlen bis hin zur Erkenntnis, daß ein Atomkern Energie abgeben kann. Doch die Energiegewinnung ist nur eine Seite. Radioisotope werden in der Industrie, der Medizin und der Forschung eingesetzt. Die Autoren beschreiben auch Kernkraftwerke, Reaktoren und Kernstrahlungsmeßgeräte. Interessant und allgemeinverständlich wird berichtet, was sich hinter dem Begriff Kerntechnik verbirgt, und es werden Schwerpunkte der technischen Entwicklung vorgestellt.

Welt der Metalle

Von Prof. Dr. sc. techn. Manfred Beckert

*Verdienter Techniker des Volkes, Verdienter Hochschullehrer
der DDR*

190 Seiten mit 105 Fotos · 83 Illustrationen und 4 Tabellen

24 cm × 27 cm · Ganzgewebeeinband 24,— M

Bestellnummer 546 2620

Ständig haben wir mit Metallen zu tun, aber was wissen wir wirklich über sie? Sachkundig lüftet in diesem reichbebilderten Buch der Autor die „Geheimnisse“ der Metallbehandlung, dringt in die moderne Theorie der Metallkunde ein und erörtert metallurgische Gesichtspunkte. Das Buch will das Interesse für die Metalle wecken und den Leser anregen, sich näher mit ihnen zu beschäftigen. Der Autor verknüpft seine Ausführungen mit historischen Begebenheiten, Legenden und Zitaten berühmter Wissenschaftler.

Gespiegelte Welt

Von NPT Prof. Dr. rer. nat. habil. Dr.-Ing. E. h. Werner Gilde

Bestellnummer 546 3690

Probleme der Spiegelung und der Symmetrie werden in den Ober-, Fach- und Hochschulen im Physikunterricht in der Regel nur mit Kreide als abstrakte Konstruktion an der Tafel abgehandelt. Allenfalls kommt der Spiegel noch als Bauelement optischer Geräte zur Sprache. Die vielseitigen Verbindungen zum täglichen Leben, vor allen Dingen zur Technik, werden fast nie stärker herausgestellt. Spiegel und Spiegelebenen sind aber nicht nur bedeutungsvoll für viele mathematische und physikalische Probleme, sondern spielen im täglichen Leben eine überraschend große Rolle.

Der Sinn des Buches ist es, diese Zusammenhänge in unterhaltsamer Form zu schildern.

Unsere Bücher sind durch den Buchhandel zu beziehen.

VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

In diesem Buch werden diejenigen Einheiten physikalischer Größen vorgestellt, die zu Ehren berühmter Naturwissenschaftler und Techniker – wie Newton, Pascal, Tesla, Torricelli, Watt – selbständige Namen erhalten haben. Die Einheiten sind wie in einem Lexikon alphabetisch nach ihren Symbolen geordnet. Die Beiträge zu den einzelnen Einheiten bestehen aus mehreren Teilen: einem fachlichen mit der Definition der Einheit und einem biografischen zur Würdigung von Leben und Werk. In den meisten Fällen schließt sich noch eine Kurzgeschichte an, die Einblick in die Lebensumstände und das Schaffen gibt.

Es werden alle in Frage kommenden SI-Einheiten behandelt und ebenso viele SI-fremde, die historisch von Bedeutung sind. Das Buch ist für alle an Naturwissenschaft und Technik interessierten Leser bestimmt; besonders zu empfehlen ist es Oberschülern (ab 7. Klasse) und ihren Lehrern.