

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

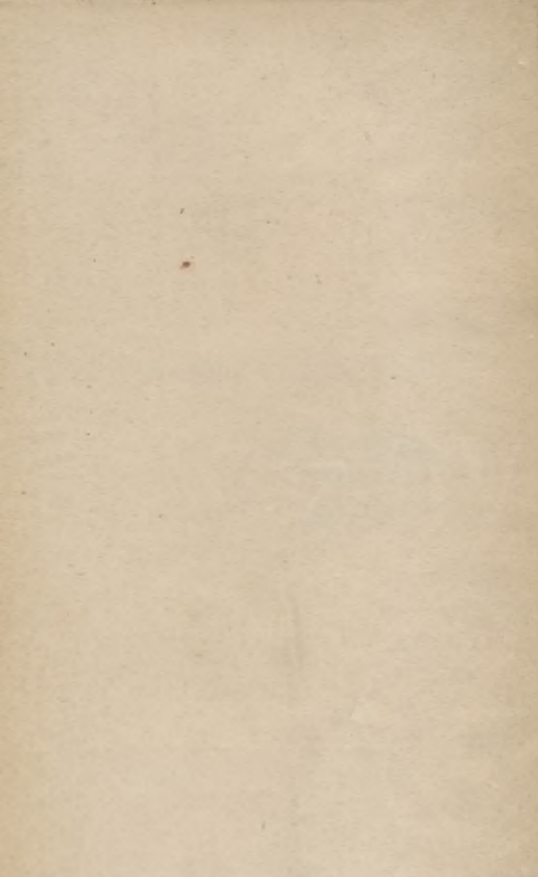
L. inw.

474

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296183



Kurze Biographien berühmter Physiker.



Kurze Biographien
berühmter Physiker.

Zusammengestellt

von

E. Musmayer,
Oberlehrer.

649
649

Freiburg im Breisgau. 1902.

Herdersche Verlagshandlung.

Zweigniederlassungen in Wien, Straßburg, München und St. Louis, Mo.

Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

I 474

Buchdruckerei der Herderschen Verlagshandlung in Freiburg. 1902.

Akc. Nr. _____

398 | 50

Vorwort.

Der große Fortschritt, den im vorigen Jahrhundert die Technik gemacht hat, brachte es mit sich, daß die Physik mehr und mehr gewürdigt wurde. Deshalb ist heute nicht nur an den Realschulen, sondern auch an den humanistischen Anstalten diesem Unterrichtszweige der ihm gebührende Platz zugewiesen. Da nun meiner Meinung nach jeder Schüler und jeder Gebildete die Hauptpunkte der Entwicklung der von ihm betriebenen Wissenschaft kennen soll, ein kleines Kompendium über diesen Gegenstand aber nicht vorhanden ist und die größeren Werke über Geschichte der Physik nicht für jedermann zugänglich sind, so stellte ich dieses Werkchen zusammen. Es enthält in Kürze die wichtigsten Daten aus dem Leben der bedeutendsten Physiker und bespricht die von ihnen gemachten Erfindungen oder konstruirten Apparate und aufgestellten Theorien. Von den bedeutenden Männern, welche reine Theoretiker waren, sind nur wenige, wie z. B. Clausius, berücksichtigt worden; dagegen sind manche auf-

genommen, deren Name in der Geschichte nur fortlebt, weil nach ihnen ein Apparat oder ein Gesetz benannt worden ist.

Mit dem Wunsche, daß diese Sammlung dazu beitrage, das Interesse für die Physik zu heben, verbindet der Verfasser die Bitte an die Herren Fachgenossen um freundliche Aufnahme.

Köln, im November 1901.

E. Musmacher.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite		Seite
Vorwort	v	Huyghens	83
Aristoteles	1	Ban Leeuwenhoek	86
Heron	8	Hooke	89
Claudius Ptolemäus	10	Newton	93
Alhazen	13	Römer	103
Albertus Magnus	15	Papin	104
Roger Baco	17	Graham	106
Cusanus	20	Réaumur	109
Leonardo da Vinci	23	Fahrenheit	110
Kopernikus	27	Bradley	111
Gilbert	31	Celsius	113
Baco von Verulam	34	Newcomen, Cawley und Savery	113
Galilei	38	v. Kleift	115
Kepler	47	Franklin	117
Scheiner	52	Watt	120
Guldin	55	Coulomb	124
Cartesius	55	Galvani	125
Cavalieri	62	Vichtenberg	126
Otto v. Guericke	63	Die Gebrüder Mont- golfier	128
Torricelli	67	Volta	130
Grimaldi	69	Atwood	133
Mariotte	73	Thompson, Graf von Rumford	134
Pascal	76		
Robert Boyle	80		

	Seite		Seite
Nicholson	137	Rieß	198
Sömmering	139	Seebeck	199
Chladni	140	Bunfen	201
Bohnenberger	142	Stöhrer	206
Humboldt	144	Waher	206
Young	147	Hirn	212
Ampère	151	Siemens	214
Malus	154	Du Bois-Reymond	219
Zamboni	157	Joule	220
Gauß	158	Foucault	222
Örsted	162	Lyn dall	224
Sav-Duffac	165	Helmholtz	228
Nobili	168	Clausius	232
Arago	169	Kirchhoff	235
Fraunhofer	172	Thomson	237
Fresnel	173	Gramme	244
Ohm	176	Hughes	246
Daniell	179	Maxwell	248
Morse	180	Otto	251
Faraday	181	Reis	253
Poggendorff	185	Röntgen	256
Wagner	187	Edison	257
Plücker	187	Bell	266
Jacobi	188	Herz	268
Magnus	190		
Wheatstone	193	Namenregister	273
Rühmkorff	196	Sachregister	277
Weber	196		

Aristoteles.

Aristoteles wurde im Jahre 384 v. Chr. zu Stagira in Macedonien als Sohn des Arztes Nikomachos geboren. Schon in seiner frühesten Jugend folgte er seinem Vater an den Königshof nach Pella, wo er den späteren König Philipp II. kennen lernte und mit diesem Freundschaft anknüpfte. Als siebzehnjähriger Jüngling verlor er seinen Vater und ging nach Athen, um Plato zu hören. Hier blieb er bis zum Tode dieses berühmten Philosophen im Jahre 347 v. Chr. Hierauf ging er nach Atarneus in Mysien, wo er sich bis zum Tode des Hermias aufhielt. Als Hermias ermordet worden war, floh Aristoteles mit dessen Adoptivtochter Pythias nach Mytilene, wo er sie heiratete. Dort erging an ihn der Ruf des Königs Philipp, dessen Sohn Alexander zu unterrichten. Er folgte dem Rufe, und zwischen ihm und Alexander bildete sich dieselbe innige Freundschaft wie zwischen dem Philosophen und König Philipp. Als Alexander sich zum Feldzug nach Asien vorbereitete, ging Aristoteles nach Athen zurück und unterrichtete im Lyceum. Von seiner Gewohnheit, auf und ab wandelnd zu lehren, erhielt seine Schule den Namen „peripatetisch“. Während seines Aufenthaltes in Athen faßte er den Plan zu seiner großen Encyclopädie, welche die gesamte Wissenschaft seiner Zeit umfassen sollte. Nach dem

Tode Alexanders erhob der Priester Eurymedon gegen Aristoteles die Anklage wegen Gotteslästerung. Infolgedessen ging dieser freiwillig in die Verbannung nach Chalkis auf Euböa; seine Schriften und seine Bibliothek übergab er seinem Schüler Theophrast. Er starb kurz nachher im Jahre 322 v. Chr.

Seine Schriften kamen nach manchen Wanderungen 86 v. Chr. nach Rom, als Sulla Athen erobert hatte. Die Einleitung zu seinen sämtlichen Schriften bildet das „Organon“, in welchem sich die Elemente und die Methode des wissenschaftlichen Beweises finden, also vor allem die Lehre von den Schlüssen. Seine physikalischen Werke sind hauptsächlich die folgenden: 8 Bücher Physik, 4 Bücher über das Weltgebäude, 2 Bücher über Entstehen und Vergehen, 4 Bücher Meteorologie und die mechanischen Probleme.

Aristoteles war mehr Philosoph als Naturforscher. Er besaß aber dennoch ausgedehnte naturwissenschaftliche Kenntnisse. Diese bezogen sich weniger auf das Gebiet, das man heute als Physik bezeichnet, als auf die Zoologie, Botanik, Mineralogie, Astronomie und Meteorologie. Er trennte zuerst die Naturwissenschaften von der Philosophie ab und versuchte die ersteren in ein geordnetes System zu bringen. Er spricht auch über die Methode der naturwissenschaftlichen Forschung ganz richtige Grundsätze aus. Jeder Erklärung müsse die Prüfung der einzelnen Erscheinungen vorausgehen; diese Prüfung müsse sorgfältig, gründlich und umfassend sein. Er betont wiederholt die Notwendigkeit einer unbefangenen Beobachtung, weil vorgefetzte Meinungen leicht zu Irrtum führen.

In seinen naturwissenschaftlichen Schriften findet man neben guten Beobachtungen und scharfsinnigen Bemerkungen allerdings auch viele irrige Ansichten und naive Behauptungen. Aus den einzelnen Gebieten der Physik seien hierfür einige Beispiele angeführt.

Aristoteles kennt den Satz von der Zusammensetzung der Kräfte, wenn diese rechtwinkelig gegeneinander wirken. Nach seiner Ansicht würde die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers immer größer, weil er von der Luft in jedem Augenblick einen neuen Antrieb zur Bewegung bekomme; demnach würde also im luftleeren Raum ein Körper mit gleichförmiger Geschwindigkeit fallen. Auch glaubte er, daß ein schwerer Körper sovielmal schneller falle als ein leichter, als das Gewicht des ersteren größer sei als das des zweiten. Im wesentlichen richtig war seine Ansicht über das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten; in seiner Physik sagt er darüber, daß Kräfte gleichviel wirken, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten. Haben also zwei Körper die Massen 1 und 2 und die Geschwindigkeiten 2 und 1, so wirkt jeder von ihnen auf einen dritten Körper mit der gleichen Kraft. Die Anwendung dieses Satzes auf den Hebel und die einfachen Maschinen fand erst Galilei.

Aristoteles wog einen Schlauch einmal ausgedrückt und dann aufgeblasen; er fand ihn in letzterem Falle schwerer und glaubte, auf diese Weise die Luft gewogen zu haben. Hieran knüpft er die Frage, wie es möglich sei, daß ein ausgedrückter Schlauch im Wasser unterfinkt, ein aufgeblasener aber, der doch schwerer sei, schwimmen kann. Ebenso verworren waren seine Ansichten über den Luftdruck; wenn

Wasser in Pumpen oder durch Saugen in Röhren aufsteigt, so schrieb er dies dem horror vacui, dem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume, zu.

Aus der Optik sei folgendes angeführt: Aristoteles meinte schon, es müsse zwischen dem leuchtenden Gegenstand und dem Auge ein Medium vorhanden sein, welches das Sehen vermittelt, ähnlich wie der Schall durch die Luft zum Ohr gelangt; er glaubte, daß wir nichts sehen würden, wenn ein vollständig leerer Raum vorhanden wäre. Er wendet sich gegen die Lehre des Empedokles, der das Sehen mittels Augenstrahlen lehrte. Wäre das Auge Feuer, sagt Aristoteles, und geschähe das Sehen dadurch, daß das Licht wie aus einer Laterne aus den Augen herausginge, so müßten wir auch in der Finsternis sehen können. Von den Gesetzen der Lichtbrechung wußte er sehr wenig, denn er konnte sich nicht erklären, warum ein schieß in das Wasser gesteckter Stab gebrochen erscheint. Er kannte den Regenbogen und die Höfe und Ringe um Sonne und Mond. Er wußte, daß die Höhe des Regenbogens sich nach dem Stand der Sonne richte, daß er um so niedriger sei, je höher die Sonne stehe. Ferner wußte er auch, daß ein künstlicher Regenbogen erscheint, wenn man mit einem Ruder ins Wasser schlägt und dabei der Sonne den Rücken kehrt. Eine richtige Vorstellung über die Entstehung des Regenbogens hatte er jedoch nicht. Er erklärt nämlich den Bogen für eine Menge unvollkommener Sonnenbilder an der Wolke und läßt die Farben durch Reflexion entstehen. Die schrägsten Strahlen können nach seiner Ansicht am wenigsten in die Wolken eindringen, werden deshalb am stärksten reflektiert und erzeugen die lebhafteste

Farbe, das Rot. Aristoteles kannte das Leuchten lebender Geschöpfe und faulender Substanzen, wie gewisser Fische und Insekten, und das Leuchten des Meeres.

Bei Aristoteles finden wir auch schon die interessante Bemerkung, daß der Schall bei Nacht weiter und besser gehört wird als am Tage, und im Winter besser als im Sommer. Er erklärt diese Erscheinung dadurch, daß es in der Nacht und im Winter ruhiger ist wegen der Abwesenheit der Hitze; hierdurch würde alles ruhiger und leidender gemacht, da die Sonne das Prinzip aller Bewegung ist. Später hat Alexander von Humboldt dieselbe Erscheinung wahrgenommen an dem Donner des Vulkans Cotopaxi in den Cordilleren, dem höchsten der noch thätigen Vulkane der Erde, und an dem Rauschen der großen Orinocofälle; er erklärte die Schwäche der Schallleitung bei Tage durch die aufsteigende Luftströmung, welche durch die starke Erhitzung des Bodens entsteht.

Aristoteles wußte bereits, daß eine Pfeife oder Saite, welche die höhere Oktave geben soll, halb so lang sein muß wie die, welche den Grundton angiebt. Er sah die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Töne als Ursache ihrer Höhe an und glaubte, daß sich tiefe Töne langsamer durch die Luft fortpflanzen als hohe. Erst Gassendi (1592—1655 zu Paris), der zuerst die Fortpflanzung des Schalles bestimmte, wies nach, daß die Geschwindigkeit gleich sei bei dem Knall einer Kanone oder einer Flinte, also für tiefe oder hohe Töne.

Eine richtige Vorstellung hatte Aristoteles über die Bildung des Taus; er giebt an, daß der Tau sich nur in heiteren und windstillen Nächten bilde. Man hat diese Be-

merkung lange unbeachtet gelassen, bis man endlich die Ursache der Taubildung in der Wärmestrahlung gegen den wolkenfreien Himmel fand und damit einsah, daß Heiterkeit des Himmels und Ruhe der Luft zwei unumgängliche Bedingungen für das Auftreten dieser Erscheinung sind.

Als im Mittelalter die aristotelische Philosophie über diejenige des Plato den Sieg davongetragen hatte, gelangten alle seine Ansichten zu hohem Ansehen; er fand zahlreiche Übersetzer und Ausleger seiner Werke. Sein Ansehen stieg bald so hoch, daß es kaum einer wagte, die Autorität des Peripatetikers anzugreifen. Unter den mittelalterlichen Kommentatoren ist vor allen Albertus Magnus und dessen Schüler Thomas von Aquin zu nennen.



Archimedes.

Archimedes wurde 287 v. Chr. zu Syrakus als Verwandter des Tyrannen Hiero II. geboren. Über seine Lebensschicksale ist uns wenig bekannt. Er starb 212 bei der Erstürmung seiner Vaterstadt durch den römischen Feldherrn Marcellus. Die bekannte Erzählung über seinen Tod ist wohl als Fabel zu betrachten. Marcellus ließ ihm ein Grabmal setzen, das später von Cicero erneuert wurde. Archimedes stellte zuerst die Berechnung der Fläche und des Umfanges eines Kreises an, berechnete den Umfang der Erde und bestimmte das Verhältniß der Volumina der Kugel und des

umschließenden Cylinders; letztere Entdeckung schätzte er selbst so hoch, daß er seine Freunde und Verwandten bat, nichts auf sein Grabmal zu setzen als den Cylinders, der die Kugel umschließt. Ferner schrieb er über die Quadratur der Parabel und die Schneckenlinie. Von ihm rührt das Grundgesetz der Statik, nämlich der Satz über das Gleichgewicht am ungleicharmigen Hebel, und die Bestimmung des Schwerpunktes vieler Flächen und Körper. Er erfand den Potentialflaschenzug und soll hiermit, während der Belagerung von Syrakus, feindliche Schiffe ans Land gezogen haben; er baute Wurfmaschinen und Schleudern. Als Hiero vermutete, daß in seiner Krone statt reinen Goldes auch Silber verwendet wäre, soll er Archimedes aufgefordert haben, dies zu bestimmen. Im Bade soll dieser hierüber nachgedacht und dabei das sogen. archimedische Prinzip gefunden haben; dieses Grundgesetz der Hydrostatik beschreibt er in seiner Abhandlung von den schwimmenden Körpern. Er erfand die endlose Schraube und die archimedische Wasserschraube. Auch wird behauptet, daß er die römischen Schiffe durch Hohlspiegel in Brand gesteckt habe; da jedoch die erste Beschreibung eines Hohlspiegels von Anthemios im 6. Jahrhundert n. Chr. herrührt, so wird diese Behauptung wohl falsch sein. Von ihm wurde wahrscheinlich auch das erste Aräometer konstruiert; manche schreiben die Erfindung dieses Instrumentes der Philosophin Hypatia von Alexandrien zu, die 355 n. Chr. als Tochter des Philosophen Theon geboren und 415 bei einem Aufstande der Christen getötet wurde.

Wenn wir die Arbeiten des Archimedes mit denen von Aristoteles vergleichen, so bemerken wir, daß Archimedes seinen

Vorgänger in Bezug auf exakte mathematische Forschung ganz bedeutend überragt, in Bezug auf Umfang des Wissens und geniale Auffassung aber weit unter ihm steht.



Heron.

Heron, dessen Blütezeit um das Jahr 100 v. Chr. fällt, wurde zu Alexandrien geboren. Er war ein Schüler des Ktesibios, der unter anderem die Druckpumpe und die Wasseruhren erfand. Die Schriften Herons sind physikalischen, mechanischen und mathematischen Inhalts. Er begnügte sich nicht nur mit der Theorie, sondern suchte überall die praktische Anwendung der gefundenen Resultate. Der Heronsball und Heronsbrunnen, als deren Erfinder er von alters her gilt, kommt in der Art, wie er bei uns beschrieben und angewandt wird, in seinen Schriften nirgendwo vor. In seiner Pneumatica finden sich 78 Apparate, die durch Luft oder Dampf getrieben werden, unter andern die Druckpumpe, die Feuerspritze und verschiedene automatische Spielereien. Am bedeutendsten unter allen Maschinen ist seine Mōlipile, in welcher der Dampf zuerst als bewegende Kraft, wenn auch sehr unvollkommen, gebraucht wird. Eine Hohlkugel, die um eine Achse drehbar ist, trägt an ihrem Umfang mehrere Röhren, die sämtlich nach derselben Richtung umgebogen sind; wird nun in der Kugel Wasser zum Sieden gebracht, so werden die nach allen Seiten drückenden Dämpfe aus den Röhren

entweichen und den Apparat in der Weise des Segnerschen Wasserrades in Bewegung setzen. Von dem Druck und der Spannkraft der erhitzten Luft hatte Heron schon eine ziemlich richtige Vorstellung. Er wußte, daß die Luft zusammengedrückt werden kann und daß sie ihr ursprüngliches Volumen wieder einnimmt, wenn der Druck aufhört. Nach seiner Ansicht kann die Luft auch einen größeren Raum einnehmen als den, der ihr von Natur zukommt; in diesem Falle entstehe ein Saugen der Luft, wie es bei den Schröpfköpfen der Fall sei. In seiner Pneumatica berichtet Heron von dem Heber, dem Springbrunnen, dem Zaubertrichter und der Zauberflasche. In seiner „Katoptrik“ vertritt er die Ansicht, daß der Lichtstrahl aus dem Auge komme; er stellt auch schon den bekannten Satz auf, daß der Weg des Lichtstrahls immer ein Minimum ist und daß demnach der Einfallswinkel und Reflexionswinkel stets gleich sind. In seiner Schrift „Über Diopter“ findet sich die Formel für den Inhalt eines ungleichseitigen Dreiecks, ausgedrückt durch die drei Seiten; in demselben Werke beschreibt er auch ein Hodometer, d. h. einen Schrittzähler oder Wegmesser. Dasselbst findet sich auch die Beschreibung eines Visier- und Nivellierinstrumentes, das als das Urbild des heutigen Theodolithen gelten kann; zur Hauptsache bestand es aus einer Kreisplatte und einem langen Lineale, das um den Mittelpunkt der Platte drehbar war; auf der Platte war außerdem zum Horizontalstellen eine Wasserwaage angebracht.

Als Physiker ist Heron wohl dem ganzen Altertum in Kenntnissen der Naturkräfte und deren richtiger Auffassung bedeutend überlegen. Er ist der Begründer der antiken Feld-

meßkunst, und die römische Feldmeßkunst der Agrimensoren verdankt ihre Blüte dem Einflusse Herons und somit der Einwirkung griechischen Geistes.



Claudius Ptolemäus.

Ptolemäus wurde um das Jahr 70 n. Chr. zu Ptolemais Hermeis in Oberägypten geboren; später nahm er unter den Gelehrten der alexandrinischen Schule eine hervorragende Stellung ein. Seine Beobachtungen stellte er im Serapeum an, dem Tempel des Serapis in Alexandrien, in welchem die Bibliothek der Ptolemäer untergebracht war. Er starb im Jahre 147 n. Chr.

Die Hauptbedeutung seiner wissenschaftlichen Thätigkeit liegt auf dem Gebiete der Geographie, der Astronomie und der Optik. Über Geographie schrieb er acht Bücher. In diesen zeigt er sich als Begründer einer neuen Epoche, da er die einzelnen Gebilde der Erdoberfläche und die geographischen Objekte nach ihrer Lage, Ausdehnung u. s. w. viel genauer angab als alle seine Vorgänger. Ihm verdanken wir die Methode, die geographische Lage von Orten durch Beobachtung ihrer Länge und Breite festzusetzen. Er wandte zuerst eine vollständig richtige geometrische Projektion an, um die auf der Erdkugel liegenden Gegenstände in der Ebene darzustellen; er gebrauchte die sogen. stereographische Projektion, welche vielfach dem um 150 v. Chr. lebenden griechischen Astronomen Hipparch zugeschrieben wird. Bei dieser bildet

der Pol den Augenpunkt und die Äquatorialebene die Projektionsebene. — Das bedeutendste Werk des Ptolemäus ist sein *Megale Syntaxis* (große Zusammenstellung der Astronomie); von Alhazen ben Jussuf wurde es ins Arabische übersetzt unter dem Titel *Tabrir al magesthi*; hieraus entstand der bekannte Titel *Almagest*. Auf Veranlassung des Kaisers Friedrich II. wurde es in das Lateinische übersetzt; später überarbeiteten die deutschen Astronomen Purbach und Regiomontanus die Übersetzung in sachlicher Hinsicht. Schon 1515 wurde das Werk gedruckt und war also eines der ersten wissenschaftlichen Erzeugnisse der Buchdruckerkunst. Der *Almagest* ist vollständig auf uns gekommen, was wohl der großen Anzahl von Abschriften zuzuschreiben ist. In diesem Werke setzt Ptolemäus sein Weltssystem auseinander, welches bis auf Kopernikus allgemein geltend war. Nach seiner Ansicht drehen sich sämtliche Weltkörper um die Erde; die Erde steht aber nicht im Mittelpunkt des Mond- und Sonnenkreises, sondern exzentrisch, wodurch die scheinbare ungleichförmige Bewegung der Sonne und des Mondes erklärt wurde. Da die übrigen fünf Himmelskörper schleifenähnliche Bahnen am Himmel beschreiben, so erklärte Ptolemäus diese dadurch, daß er die Planeten gleichförmig auf Kreisen laufen ließ, deren Mittelpunkte selbst wieder Kreise um die Erde beschrieben. Daß sein System sehr kompliziert sei, fühlte Ptolemäus selbst, denn er sagte, es sei lange nicht so schwer, die Planeten zu bewegen, als ihre Bewegung zu begreifen. In diesem Werke findet sich auch ein besonderer Wert für die

Zahl π angegeben, nämlich $3 + \frac{8}{60} + \frac{30}{3600} = 3,141666$.

Ptolemäus hat auch ein Werk über Optik hinterlassen, das wohl das merkwürdigste aus dem ganzen Altertum auf diesem Gebiete ist. Es wurde ebenfalls ins Arabische und aus diesem von Ammiratus Eugenius Siculus ins Lateinische übersetzt. Handschriften dieser Übersetzung finden sich in Oxford und Paris, aus denen der französische Astronom Delambre 1816 einen ausführlichen Auszug herausgegeben hat. Aus diesem Auszug ersehen wir, daß das Werk alle damals bekannten Zweige der Optik umfaßt: die Theorie des Sehens, die Reflexion, die Theorie der ebenen und gekrümmten Spiegel und die Brechung. Von der Brechung handelt das fünfte Buch, welches deshalb sehr merkwürdig ist, weil darin Versuche beschrieben werden, welche sonst bei den Alten gar nicht oder höchst sparsam und sehr unvollkommen vorkommen. Ptolemäus suchte die Ablenkung des Lichtstrahls für den Übergang aus Luft in Wasser und Glas und aus Glas in Wasser zu messen; er hatte jedoch keine Kenntniß von dem Gesetz der Brechung. Er maß daher nur die Winkel des Lichtstrahls in den beiden Mitteln mit der Senkrechten auf der Grundfläche, ohne eine Folgerung daraus abzuleiten. Aus den von ihm angegebenen Winkeln hat man die Brechungsverhältnisse berechnet und gefunden, daß seine Versuche ziemlich richtige Werte ergeben, die sich nur wenig von den heute gültigen Werten unterscheiden. Ptolemäus kannte auch die astronomische Strahlenbrechung; er wußte, daß die Lichtstrahlen, welche schief in die Atmosphäre eintreten, nach dem Lote hin abgelenkt werden und daß die Höhe der Gestirne hierdurch verändert wird. Nach einer großen Zahl von ihm angestellter Versuche berechnete er sogar Refraktionstafeln. Über

die Höhe der Atmosphäre wußte er nichts Sicheres anzugeben, glaubte aber, daß sie sich wahrscheinlich bis zum Mond erstrecke.



Alhazen.

Abu Ali Alhazen ben Alhazen, zum Unterschied von Alhazen ben Zuffuf, dem Übersetzer des Aristoteles, lebte wahrscheinlich um das Jahr 1050 in Spanien. Seine Bedeutung für die Physik liegt in den von ihm herausgegebenen sieben Büchern über Optik. Er giebt eine anatomische Beschreibung des Auges und sucht zu zeigen, welchen Anteil am Sehen jeder Teil des Auges hat. Er unterscheidet schon drei Flüssigkeiten und vier Häute am Auge und benennt sie mit den Namen, die wir noch heute für dieselben gebrauchen. Er unterscheidet sich von Ptolemäus vor allen Dingen dadurch, daß er nicht das Auge als Quelle des Lichtes annimmt, sondern daß er das Licht von dem leuchtenden Gegenstande ausgehen läßt. Nach ihm ist die Linse das Hauptorgan des Auges. Er erklärt auch schon die Eigentümlichkeit, daß wir trotz der zwei Bilder in unsern beiden Augen die Gegenstände nur einfach sehen; er behauptet, daß sich die beiden Bilder an der Kreuzungsstelle der beiden Sehnerven decken und deshalb unsere Seele den Eindruck nur eines Bildes empfangt. Er zeigt ferner, daß von jedem Punkte des Gegenstandes unzählig viele Lichtstrahlen in das Auge gelangen und so einen Lichtkegel bilden, während die Alten, besonders

Euklid, zwischen dem Auge und jenem Punkte nur einen Strahl voraussetzten. Das Gesetz der Reflexion ist Alhazen vollständig bekannt; er weiß nicht nur, daß Einfallswinkel und Reflexionswinkel gleich sind, sondern auch, daß die beiden Strahlen mit dem Einfallsklote in einer Ebene liegen. Er unterscheidet sieben reguläre Spiegel: einen ebenen, zwei sphärische, zwei cylindrische und zwei konische. Das Brechungsgesetz kennt er ebensowenig wie Ptolemäus; jedoch weiß er schon, daß der einfallende und der gebrochene Strahl mit dem Einfallsklote in einer Ebene liegen, und daß der Satz des Ptolemäus, nach welchem das Verhältnis zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel konstant sei, nur für kleine Winkel gilt. Alhazen war auch nahe daran, die Lupen zu erfinden, denn er spricht viel von der Vergrößerung, die eine plankonvexe Linse erzeugt; die Wirkung eines solchen Glases scheint er allerdings nicht aus Erfahrung gekannt zu haben, denn er hält es für notwendig, die konvexe Seite dem Auge zuzuwenden und den zu vergrößernden Gegenstand dicht auf die ebene Seite zu legen.

Ein interessantes Problem, mit dem Alhazen sich beschäftigt, ist die Frage, warum Sonne und Mond nahe am Horizont vergrößert und die Sterne weiter auseinander gerückt erscheinen. Er zeigt, daß diese Erscheinung nicht von der astronomischen Strahlenbrechung herrühren kann, und giebt dieselbe Erklärung dafür, welche auch heute noch die meisten Physiker für richtig halten. Er hält diese Erscheinung für eine optische Täuschung, welche dadurch zu stande kommt, daß das Himmelsgewölbe uns nicht als vollkommene Halbkugel, sondern abgeplattet erscheine; hierdurch nimmt die Entfernung der am

Horizont befindlichen Himmelskörper scheinbar zu, und sie erscheinen bei gleichem Gesichtswinkel größer als die in der Nähe des Zenits.

Im Anhange seines Werkes spricht Alhazen noch von der Dämmerung und der Höhe der Atmosphäre. Er giebt an, daß die Dämmerung anfängt und aufhört, wenn die Sonne 19° unter dem Horizont steht; die Höhe der Atmosphäre berechnet er auf 5 – 6 Meilen.



Albertus Magnus.

Albert von Bollstädt oder Bollstatt, der von seinen Zeitgenossen schon Albertus Magnus genannt wurde, war um das Jahr 1193 zu Lauingen in Bayern geboren. Um das Jahr 1212 ging er nach Padua, um Theologie zu studieren; nebenher erwarb er sich hier schon jene medizinischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse, die ihn von seinen Zeitgenossen so sehr unterschieden und ihn in den Ruf eines Zauberers brachten. 1223 trat er in den Dominikanerorden ein; von diesem Zeitpunkte an beginnen seine Wanderjahre. Er lehrte in Italien, Deutschland und Frankreich; so war er u. a. in Bologna, Hildesheim, Freiburg, Regensburg, Straßburg, Augsburg und Paris. In Paris soll er so viel Zuhörer gehabt haben, daß er genötigt war, unter freiem Himmel seine Vorlesungen zu halten, da kein Hörsaal seine Schüler fassen konnte. 1243 kam er nach Köln, wo er die Leitung der Ordensschule übernahm; hier im Dominikaner-

kloster, an der Stelle der heutigen Hauptpost, war Thomas von Aquin, der nachmalige berühmte scholastische Philosoph und Kirchenlehrer, sein Schüler und bald nachher sein Assistent. 1254 wurde Albertus Provinzial seines Ordens für Deutschland und 1260 Bischof von Regensburg. Er dankte jedoch bald ab und trat wieder seine Wanderungen an, auf denen er den Kreuzzug gepredigt haben soll. Später zog er sich ins Dominikanerkloster in Köln zurück, wo er am 12. November 1280 starb. Zwei Jahrhunderte ruhten seine Gebeine im Chor des Dominikanerklosters, dessen Bau er selbst veranlaßt hatte; 1483 wurden sie in ein stattliches Grabmal übergeführt, wo sie bis zur Zerstörung der Kirche im Jahre 1805 blieben. Seit dieser Zeit liegen die Überreste in der St. Andreaßkirche in Köln.

Albertus Magnus war als Schriftsteller sehr fruchtbar. Seine Werke, in denen aber manches untergeschoben sein soll, wurden von dem Dominikanermönch Jammy 1651 zu Leiden herausgegeben und füllen nicht weniger als 21 Folianten. Sie geben ein getreues Bild von dem Umfang und dem Zustand der damaligen Wissenschaft und sind dadurch in geschichtlicher Hinsicht wichtig. Er suchte in seinen Werken die Lehren der Alten, besonders die des Aristoteles, mit den religiösen Anschauungen und Überzeugungen seines Jahrhunderts in Übereinstimmung zu bringen. Aristoteles war für ihn zwar eine große Autorität, aber dies hinderte ihn nicht, einzelne Sätze desselben zu verwerfen, weil sie christlichen Prinzipien zu widersprechen schienen. An einer Stelle bemerkt Albertus auch, daß man bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen stets auf die Erfahrung und das Experiment

zurückkommen müsse; aber daß er auf Grund von Experimenten physikalische Entdeckungen oder Erfindungen gemacht habe, ist nicht zu beweisen. Sein Verdienst liegt hauptsächlich darin, daß er durch seine Arbeiten, vor allem auch durch seine Thätigkeit als Lehrer die Naturwissenschaften im christlichen Abendlande eingeführt und das Interesse für dieselben angeregt hat.



Roger Baco.

Roger Baco wurde 1214 zu Ilchester in der Grafschaft Somerset als Sohn einer angesehenen Familie geboren; er studierte in Oxford und Paris Theologie. 1240 kehrte er nach Oxford zurück und trat in den Franziskanerorden ein. Zuerst beschäftigte er sich hier mit den Schriften des Aristoteles, dem Studium der griechischen, arabischen und hebräischen Sprache und nachher mit Mathematik und Naturwissenschaften. Durch seine großen Kenntnisse kam er bei seinen Ordensbrüdern in den Verdacht der Zauberei. Viele Gegner zog er sich auch dadurch zu, daß er manche Schäden in der Kirche aufdeckte und Mittel zur Besserung derselben vorschlug. Er wurde seines Lehrstuhles entsetzt und ins Gefängnis geworfen, aus dem er erst unter der Regierung des Papstes Clemens IV. entlassen wurde. Baco begab sich nach Paris, kam dort jedoch auf Betreiben des Hieronymus von Ascoli in Kerkerhaft, und seine Schriften wurden verboten. Seine Gefangenschaft dauerte diesmal zehn Jahre; als alter, gebrochener Mann durfte er endlich, nachdem angesehenere

Engländer sich beim Papste für ihn verwendet hatten, nach seiner Heimat zurückkehren. Er beschäftigte sich jetzt nur noch mit theologischen Dingen bis zu seinem im Jahre 1294 erfolgten Tode; sein Leichnam wurde in der Franziskanerkirche zu Oxford beigesetzt.

Baco war ein Mann von großer Beredsamkeit und wurde deshalb von den Zeitgenossen Doctor mirabilis genannt. Er besaß eine große Erfindungsgabe und einen großen Reichtum von neuen Ideen. Seine Ideen blieben allerdings vielfach bloß Projekte, und so wurden ihm von seinen Landsleuten viele Entdeckungen und Erfindungen zugeschrieben, die ihm gar nicht zukommen, so z. B. die der Brillen und Teleskope. Die große Verehrung seiner Zeitgenossen, besonders des Albertus Magnus, für Aristoteles teilt er durchaus nicht, er schlägt sogar vor, die Bücher des Aristoteles zu verbrennen, da ihr Studium nur Zeitverlust sei. Zum Unterschied von allen seinen Vorgängern schätzt er besonders hoch die Experimentalwissenschaft, da ohne Erfahrung auf dem Gebiete der Naturerscheinungen keine Behauptung mit Sicherheit aufgestellt werden könne und nur der Versuch vor falschen Ansichten schütze. Deshalb wird Baco vielfach als der erste wirkliche Naturforscher des Mittelalters, als der Vorläufer der experimentierenden Physiker betrachtet. Sein bedeutendstes Werk ist das *Opus maius* oder *Opus principale*, das er 1267 zur Rechtfertigung auf die gegen ihn erhobene Klage der Ketzerei und Zauberei niederschrieb und dem Papste schickte. Es besteht aus sieben Teilen. Der erste Teil behandelt die Philosophie, der zweite das Verhältnis zwischen Theologie und Philosophie und der dritte

die Erlernung der Sprachen. Im vierten Theil behandelt er die Mathematik, von der er sagt, daß sie zu jedem Studium notwendig sei; hierbei beklagt er sich zugleich über die große Unwissenheit der damaligen Gelehrten auf diesem Gebiete. Der fünfte Theil behandelt die Optik, der sechste die Experimentalwissenschaft und der siebente die Moralphilosophie. Am meisten leistete Baco auf dem Gebiete der Optik. Er bestimmte die Lage des Brennpunktes bei einem Hohlspiegel und gab eine Anleitung zur Anfertigung parabolischer Spiegel, welche jedoch damals noch nicht hergestellt wurden. Er entdeckte die sphärische Aberration und gab eine Erklärung über die Entstehung des Regenbogens. Nach ihm ist der Regenbogen ein Bild der Sonne, das sich an den unzähligen Wassertröpfchen widerspiegelt; da diese Tröpfchen aber sphärische Spiegel sind, so werden die Bilder undeutlich. Die Farben des Regenbogens faßt er als subjektive Empfindung auf, die durch die verschiedenen Feuchtigkeiten und andere Medien des Auges verursacht wird. Er fand, daß der Regenbogen seine größte Höhe erreicht, wenn die Sonne im Horizont oder etwas unterhalb desselben steht, und daß diese Höhe 42° beträgt.

Vom Magnetismus spricht Baco schon mit großer Bewunderung und will auch bei Pflanzen magnetische Erscheinungen beobachtet haben. Im Jahre 1267 schlug er auch eine Verbesserung des Julianischen Kalenders vor, da er dessen Unrichtigkeit schon erkannt hatte. Eine Kopie des nach Baco verbesserten Kalenders befindet sich in der Bodleyanischen Universitätsbibliothek zu Oxford.

Cusanus.

Niklas Krebs (Chrypffs) oder Nikolaus de Cusa (Cusanus) wurde 1401 zu Cues bei Trier als Sohn des Fischers Johann Krebs geboren. Durch Vermittlung des Grafen Ulrich von Manderscheid kam er in das Bruderhaus zu Deventer, wo er seinen ersten wissenschaftlichen Unterricht empfing. Von hier ging er nach Padua und wurde mit 22 Jahren Doctor iuris. Als er in Mainz seinen ersten Prozeß verlor, widmete er sich dem Studium der Theologie; nebenher trieb er tüchtig Philologie, so daß er hebräisch, griechisch und lateinisch geläufig sprach. Er wurde bald Pfarrer von St. Wendel und dann Dechant zu Koblenz. Von Lüttich aus, wo er Erzdiakon war, wurde er zum Baseler Konzil geschickt; hier überreichte er eine Schrift über Kalenderreform. In Basel zeichnete er sich durch seine Kenntnisse und durch seine Gewandtheit derartig aus, daß ihn der Papst nach Konstantinopel schickte, um eine Vereinigung der abendländischen und morgenländischen Kirche herzustellen. Von dieser Reise brachte er wertvolle griechische Manuskripte nach Italien. Er machte eine Reise nach Deutschland, um die verfallene Zucht in den Klöstern wiederherzustellen, und erwarb sich dadurch das Vertrauen des Papstes Nikolaus V., der ihn am 20. September 1448 zum Kardinal erhob. Nach seiner Rückkehr übersezte er die Schriften des Archimedes ins Lateinische. Als Bischof von Brigen trat er mit den Böhmen in Unterhandlung; es gelang ihm jedoch nicht, die religiösen Streitigkeiten zu beseitigen. Später lehrte er nach Italien zurück und starb am 11. August

1464 zu Todi in Umbrien. Zu seinen Lebzeiten hatte er in Gues ein Hospital zur Verpflegung von Armen errichtet; in der Kirche dieses Hospitals wurde sein Herz beigesetzt, während sein Leichnam in Rom begraben wurde. Im Hospital zu Gues befinden sich noch heute einige seiner Schriften.

Der Arzt Toscanelli aus Florenz führte Cusanus in das Studium der Mathematik und Astronomie ein. Der Cardinal hatte neben seiner Kirche in Rom eine eigene Werkstätte, in welcher seine Apparate angefertigt wurden. Neben vielen mathematischen Schriften verfaßte er das Werk „Über die gelehrte Unwissenheit“, in welchem er seine astronomischen Ansichten niederlegte. Er war einer der ersten, welcher die Wahrheit des Satzes erkannte, daß die Erde rotiere und nicht der Himmel; er muß also ein Vorläufer des Kopernikus genannt werden. Um die Bewegung der Erde zu veranschaulichen, sagt er u. a.: „Wüßte jemand nicht, daß das Wasser fließe, und sähe er das Ufer nicht, wie würde er, wenn er im Schiffe stände, bemerken, daß das Schiff sich bewegt?“ Er betrachtete die Erde als ein Gestirn, welches Licht und Wärme von andern Himmelskörpern empfängt, und kleiner als die Sonne, aber größer als der Mond ist. Die Erde kreist aber nach seiner Ansicht nicht um die Sonne, sondern Erde und Sonne kreisen um die ewig wechselnden Pole des Universums. Sein Vorschlag, den Kalender dergestalt zu verbessern, daß der 24. Mai 1439, der Pfingstsonntag, als letzter Mai zu betrachten sei und demnach der Pfingstmontag auf den 1. Juni falle, blieb wie der Vorschlag Roger Bacon ohne Erfolg; erst Papst Gregor XIII. brachte

die Verbesserung 1582 zu stande, indem er auf den 4. Oktober sofort den 15. folgen ließ.

In nähere Beziehung zur Physik trat Cusanus durch sein Buch „Dialog über statische Experimente“, in welchem sich ein Philosoph und ein Mechaniker über physikalische Gegenstände unterhalten. Hierin beschreibt er verschiedene Wasseruhren und macht den Vorschlag, gewogene Quantitäten von Samen in gewogene Quantitäten von Erde zu säen und die daraus entstehenden Pflanzen zu wägen, um zu sehen, ob diese alle Nahrung aus der Luft aufnehmen. Zur Bestimmung der Meeres Tiefe beschreibt er ein Bathometer. Dieses Bathometer besteht aus einer hohlen Kugel, die mit einem Gewicht von solcher Größe beschwert ist, daß das Ganze mit einer gewissen Geschwindigkeit im Wasser unter sinkt. Das Gewicht ist mit der Kugel durch einen Mechanismus verbunden, der sich von der Kugel ablöst, sowie er von unten her einen Stoß empfängt, so daß die Kugel allein wieder in die Höhe steigt. Aus der Zeit zwischen ihrem Untersinken und Wiedererscheinen wird die Tiefe berechnet. Cusanus beschreibt auch ein Hygrometer auf folgende Art: Man lege auf die eine Schale einer Wage zusammengepreßte Wolle und stelle das Gleichgewicht her. Man wird sehen, daß das Gleichgewicht gestört wird, je nachdem die Luft feucht oder trocken ist.

Die Vorschläge in diesem Dialog zeigen einen bedeutenden Fortschritt gegen ähnliche Vorschläge Bacon's. Durch die ganze Schrift geht ein Drang nach Erfahrungsergebnissen, der das Herannahen des Zeitalters der Entdeckungen verrät. Cu-

Janus ist einer der größten Geister des 15. Jahrhunderts und kann als Vorläufer der kurz nachher eintretenden großen Epoche angesehen werden.



Leonardo da Vinci.

Leonardo da Vinci wurde 1452 zu Vinci bei Florenz geboren. Sein Vater war Ser Piero, Notar der Signoria zu Florenz, der außer Leonardo noch elf Kinder hatte. Sein Vater brachte ihn bald zu seinem Freunde, dem Maler und Bildhauer Andrea del Verrocchio, bei dem der Knabe große Fortschritte in seiner Kunst machte. Er lernte dort malen, modellieren, Metallgießerei, Goldschmiedekunst und Weberei; besonders hatte er große Vorliebe für Perspektive. In seiner Lehrzeit beschäftigte er sich auch nebenbei viel mit Mathematik. In seinem 31. Jahre ging er von Florenz nach Mailand an den Hof des Herzogs Ludwig Maria Sforza, der ihn als ersten Violinisten berief. Hier gründete er eine Akademie der Wissenschaften, war Kriegingenieur, Architekt und Intendant der Hoffestlichkeiten. Er modellirte eine Reiterstatue des Francesco Sforza und malte sein Hauptgemälde, das Abendmahl, im Refektorium des ehemaligen Dominikanerklosters Santa Maria delle Grazie. Für den Dom zu Mailand modellirte er zu dieser Zeit die kleinen Aufsichttürme. 1494 trieb er zu Pavia Anatomie, deren Kenntniß er für den Maler und Bildhauer unumgänglich nötig hielt. Später lieferte er die Figuren zu dem Werke *De divina proportione*

des Lucca Paciola. 1497 begann er die Schiffbarmachung des Kanals von Martesana und die Kanalisation des Tessin. Als die Franzosen in Mailand einfielen, ging Leonardo nach Vaprio, wo er sich hauptsächlich mit naturwissenschaftlichen Studien beschäftigte. Von hier kehrte er nach Florenz zurück, wo er zwei seiner schönsten Frauenporträts malte. 1502 trat er in die Dienste des Cesare Borgia als Ingenieur, um die Befestigungswerke zu verbessern und Kriegsmaschinen zu bauen. 1507 wurde er vom König von Frankreich nach Mailand berufen, wo er sich wieder hauptsächlich mit Wasserbauten beschäftigte und zum Hofmaler ernannt wurde. Nach einem kurzen Aufenthalt in Rom, wo er mit Rafael Santi und Michelangelo Buonarroti zusammentraf, kam er 1516 nach Frankreich. Er ließ sich in Amboise nieder und starb dort am 2. Mai 1519. Kaiser Napoleon III. errichtete ihm daselbst ein Denkmal, und 1871 wurde ihm zu Ehren ein Denkmal in Mailand errichtet.

Leonardo hinterließ seine Schriften und Zeichnungen seinem Freunde Francesco da Melzo. Die meisten derselben sind verloren gegangen; ein großer Teil befand sich in der Ambrosianischen Bibliothek zu Mailand und wurde 1796 von den Franzosen nach Paris geschleppt. Als sie 1814 zurückgegeben werden sollten, gab man an, sie wären nicht zu finden; trotzdem aber wurden sie kurze Zeit nachher in die Bibliothek des Instituts zu Paris aufgenommen, wo sie sich noch heute befinden. Ein Teil seiner Werke, der Codex atlanticus, befindet sich noch in Mailand.

Für die Physik ist Leonardo besonders wichtig, weil er deren Behandlung auf Grund des Experimentes verlangte;

er sagt unter anderem: „Zuerst stelle ich bei der Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme einige Experimente an, weil meine Absicht ist, die Aufgabe nach der Erfahrung zu stellen und dann zu beweisen, weshalb die Körper gezwungen sind, in der gezeigten Weise zu wirken. Der Interpret der Wunderwerke ist die Erfahrung; sie täuscht niemals. Es giebt keine Gewißheit in den Wissenschaften, wo man nicht einige Teile der Mathematik anwenden könnte oder die nicht in gewisser Beziehung davon abhinge.“ In der Mathematik wandte er zuerst die Zeichen $+$ und $-$ an; auch wies er die praktische Verwendung dieser Wissenschaft nach, namentlich für die Mechanik. Leonardo unterscheidet den reellen und potentiellen Hebel und wendet den Hebelsatz an zur Ermittlung der Gleichgewichtsbedingungen an der Rolle, der schiefen Ebene, dem Keil, dem Flaschenzug und dem Wellrad. Vielsach wird dieser Nachweis auch Ubaldi (1545—1607) zugeschrieben. Auch das Eigengewicht des Hebels wird von Leonardo schon in Rechnung gezogen. Über den Stoß hat Leonardo eingehende und erfolgreiche Versuche angestellt und insbesondere festgestellt, daß die Stoßwirkung abhängt von den Massen der Körper, ihren Geschwindigkeiten und der Bewegungs- und Stoßrichtung; dem schiefen Stoß widmet er eine genaue, durch Zeichnungen unterstützte Betrachtung. Leonardo weist nach, daß die Zeit des Falles für die Kreislinie kürzer ist als für die Sehne. Von der Reibung kannte er schon den von Coulomb aufgestellten Satz, daß die Reibung von der Größe der reibenden Fläche bei gleicher Belastung unabhängig ist, jedoch kannte er noch nicht die verschiedenen Reibungskoeffizienten.

Mit Hydrostatik hat sich Leonardo durch seine Bauten viel beschäftigt. Er zeigte das Gesetz der kommunizierenden Röhren in voller Allgemeinheit unter Berücksichtigung der Form und Weite der Röhre und des verschiedenen spezifischen Gewichts der Flüssigkeiten. Er wußte, daß das Wasser in rotierenden Gefäßen infolge der Zentrifugalkraft an den Wänden emporsteigt. Er erkannte die Elastizität der Luft und beobachtete den Widerstand, die Verdichtung und das Gewicht der Luft; auf Grund dieser Untersuchungen konstruirte er Schwimmgürtel, einen Helm für Perlentäucher und beschrieb schon den Fallschirm, der erst 1783 wirklich erfunden wurde.

Leonardo kommt das Verdienst zu, die erste Wellentheorie aufgestellt zu haben; er behandelt nicht bloß Wasserwellen, sondern auch schon die Schallwellen und im Zusammenhang hiermit die Staubfiguren auf schwingenden Flächen. Er beobachtete nicht nur die Fortpflanzung des Schalls in der Luft, sondern auch im Wasser. Es findet sich darüber folgender Satz in seinen Schriften: „Wenn du dein Schiff anhältst und das eine Ende eines Rohres in das Wasser tauchst, während das andere Ende an das Ohr gelegt ist, wirst du das Geräusch von Schiffen hören, die sehr weit von dir entfernt sind.“ Leonardo kennt schon das Mittönen von Saiten oder Glocken und die Bedingungen, unter denen es auftritt; von den Reibungstönen weiß er, daß ihre Höhe von der Geschwindigkeit der bewegten Luft abhängt.

Leonardo erfand die Camera obscura, jedoch ohne Linse, und gründete darauf eine Theorie des Sehens. Bemerkenswert ist eine Notiz von ihm über den Zusammenhang zwischen

Lichtstärke und Entfernung; er vergleicht zwei Lichtstärken, indem er die von beiden Lichtquellen herrührenden Schatten eines Körpers nebeneinander auf eine Wand wirft und die eine Lichtquelle so weit verschiebt, bis beide Schatten gleich erscheinen. Er findet hiermit das Prinzip des Photometers, ob schon er das Gesetz für den Zusammenhang von Lichtstärke und Entfernung nicht richtig angiebt. Leonardo beobachtete zuerst die Diffraction des Lichtes; er ließ nämlich Sonnenlicht durch eine schmale Spalte in ein finsternes Zimmer treten und sah nun diese Spalte gleichmäßig erleuchtet und von gleicher Breite. Als er zwischen den Spalt und das Auge einen Gegenstand hielt, bemerkte er, daß sich das Bild des Spaltes in der Nähe der beiden Ränder des Gegenstandes bedeutend zusammenzog. Er fand zwar nicht die Streifen und verfolgte die Entdeckung auch nicht weiter, so daß das Verdienst, die Diffraction richtig erkannt zu haben, Grimaldi gebührt.

Seine Erklärung der Himmelsbläue, welche durch Vermischung des von der Atmosphäre reflektierten weißen Sonnenlichtes mit dem Schwarz der dahinter liegenden Himmelsräume entstehen soll, ist zwar oft, so auch von Goethe, wiederholt worden, wird jedoch heute nicht mehr für richtig gehalten.



Kopernikus.

Nikolaus Kopernikus wurde am 19. Februar 1473 zu Thorn geboren. Über seine Nationalität ist viel gestritten worden; die einen halten ihn für einen Polen, die andern

für einen Deutschen. Sicher ist, daß er selbst sich nie für einen Polen gehalten hat; er schrieb in lateinischer und deutscher Sprache, aber niemals in polnischer. Sein Vater Nikolaus war Kaufmann und Gerichtschöppe in Thorn, seine Mutter war Barbara Waffelrode, die Schwester des Bischofs Lukas Waffelrode von Ermland. Den ersten Unterricht erhielt Kopernikus auf der St. Johannischule zu Thorn; als er 18 Jahre alt geworden war, schickte ihn sein Oheim zur Universität Krakau, wo er zuerst Philosophie und Medizin trieb und die medizinische Doktorwürde erhielt. Nebenbei hörte er aber auch Mathematik und die verwandten Fächer bei dem Professor Albertus de Brudzewo, wodurch er große Vorliebe für Astronomie gewann. Nach einem kurzen Aufenthalt in seiner Heimat begab er sich gegen 1495 nach Wien. In seinem 23. Lebensjahre ging er nach Italien und hielt sich zuerst in Padua und Bologna auf. In Bologna war er Schüler und Gehilfe des Astronomen Domenico Maria Novara und beobachtete am 9. März 1497 eine Bedeckung des Aldebaran durch den Mond; an diesem Stern erster Größe im Auge des Stiers beobachtete Halley 1718 die eigene Bewegung der Fixsterne. 1499 hielt Kopernikus in Rom vor einer zahlreichen, gewählten Gesellschaft mathematische Vorlesungen und beobachtete 1500 daselbst eine Mondfinsternis. Als er 1502 nach Krakau zurückkehrte, wurde er Priester und 1510, in Folge Empfehlung seines Oheims, Kanonikus am Dom zu Frauenburg am Frischen Haff. Durch diese Stellung war er in den Stand gesetzt, nur seinen Studien zu leben. 1521 wurde er von seinem Domkapitel zum Abgeordneten für den Landtag in Graudenz gewählt,

und er beschäftigte sich in dieser Stellung mit der Verbesserung des Münzwesens, wie dies später Newton in England that. 1523 wurde er Generalvikar und Visitator des Bistums Ermland und verteidigte das Bistum in einem Prozeß gegen den Deutschen Orden, der Ländereien des Bistums an sich gerissen hatte. Auch als Arzt genoß Kopernikus einen großen Ruf; als Georg von Kunheim, der vertraute Rat des Herzogs Albrecht von Preußen, in Königsberg erkrankte, wurde Kopernikus zu ihm gerufen und hielt sich infolgedessen mehrere Wochen in Königsberg auf. Die Hauptbeschäftigung des Kanonikus blieb jedoch immer die Astronomie. 23 Jahre lang, von 1507 bis 1530, war er mit dem Ausbau seines Systems beschäftigt. Er theilte nach und nach einzelnen gelehrten Freunden Bruchstücke seines Systems mit, und so wußte 1536 der Kardinal Nikolaus Schomburg in Capua schon, daß Kopernikus die Bewegung der Erde um die Sonne lehrte. 1539 kam der Wittenberger Professor Georg Joachim, nach seiner Heimat gewöhnlich Rhäticus genannt, nach Frauenburg, um die Lehre aus dem Munde des Meisters zu hören. Er veröffentlichte das Gehörte in einer kurzen Schrift, und hierdurch verbreitete sich die Lehre schon in weiten Kreisen; eine Folge davon war, daß die Lehre des Kopernikus bald darauf in einem Schwank lächerlich gemacht wurde. 1542 überredete der Bischof von Kulm, Tiedemann Giese, den Kanonikus, sein Werk herauszugeben. Zuerst übernahm Rhäticus die Herausgabe, später der lutherische Priester Oslander und der Mathematiker Schoner in Nürnberg. Kopernikus hatte seinem Werke den Titel *De revolutionibus* gegeben; Oslander fügte noch *orbium coe-*

lestium hinzu und fälschte auch die Vorrede, während die wirkliche, von Kopernikus geschriebene im Besitz des Grafen Kostiz in Prag blieb und erst 1854 gedruckt wurde. Kopernikus widmete das Werk dem Papste Paul III. Die ersten Bogen seines Werkes soll der Kanonikus auf seinem Totenbette gelesen haben; das ganze Werk vollendet zu sehen, war ihm nicht mehr vergönnt. Er starb schon am 24. Mai 1543 und wurde in der Domkirche zu Frauenburg begraben.

Das Werk des Kopernikus stützt sich auf drei Hauptsätze. Der erste ist: Die Erde dreht sich von Westen nach Osten um eine feste Achse, und daraus entspringt die tägliche Bewegung der Himmelskörper von Osten nach Westen, die demnach nur eine scheinbare ist. Ähnliches hatten schon Heraklides aus Pontus um 360 v. Chr. und der Pythagoreer Elphantus gelehrt, aber ihre Ansicht war von den Astronomen für falsch erklärt worden. Der zweite Satz lautet: Die Erde läuft um die Sonne, und die Achse der Erde bildet einen bestimmten schiefen Winkel gegen die Ebene der Erdbahn; hieraus erklären sich die Jahreszeiten; eine Andeutung dieses Satzes gab schon Aristarch von Samos um das Jahr 280 v. Chr. Der dritte Satz, der das volle geistige Eigentum des Kopernikus genannt werden muß, ist der, daß alle Planeten ebenso um die Sonne laufen wie die Erde. Die Bahnen der Planeten hielt Kopernikus allerdings für exzentrische Kreise, und die Gesetze der Bahnen kannte er auch noch nicht. Die Lehre des Kopernikus fand zuerst wenig Anklang bei den Astronomen, da die Ansicht des Ptolemäus über das Weltssystem allgemein als die richtige angenommen wurde.

Napoleon I. bestellte bei Thorwaldsen ein Denkmal für Kopernikus, das aber erst am 5. Mai 1829 in Warschau enthüllt wurde; es trägt die sonderbare Unterschrift: „Das dankbare Vaterland dem Nikolaus Kopernikus“; in der St. Annenkirche zu Krakau erhielt der deutsche Kanonikus ein Denkmal mit der Inschrift: „Sonne, stehe still, bewege dich nicht.“ Am 9. Juni 1900 wurde im Hofe der Jagellonischen Bibliothek zu Krakau ebenfalls ein Kopernikusdenkmal enthüllt.



Gilbert.

William Gilbert wurde 1540 zu Colchester in der Grafschaft Essex geboren. Er studierte in Oxford und Cambridge und ging dann ins Ausland. 1573 ließ er sich in London als Arzt nieder, wo er einen so großen Ruf erlangte, daß er von der Königin Elisabeth ein Jahresgehalt erhielt, um seinen wissenschaftlichen Studien zu leben, und zum Leibarzt ernannt wurde. 1600 erschien sein bedeutendstes Werk: „Über den Magneten, magnetische Körper und den Erdmagnetismus.“ Hierin zeigt sich Gilbert als der erste, der die Elektrizität wissenschaftlich erforschte und die Physik auf die Versuche stützte, wie sein Zeitgenosse Lord Bacon es wünschte. Noch größer als in seiner Heimat war sein Ansehen in Deutschland und Holland. Er starb 1603 in London.

Nach seinem Tode, erst 1651, erschien in Amsterdam sein zweites Hauptwerk: „Neue Philosophie über unsere

Welt." In diesem suchte er an Stelle der aristotelischen Philosophie eine bessere aufzustellen. Gilbert untersuchte die verschiedenen Stoffe auf ihre Elektrizität und fügte zu dem bekannten Bernstein, dessen Elektrizität schon den Alten bekannt war, eine Menge anderer hinzu; hierbei fand er, daß das Reiben nötig ist, um Elektrizität zu erzeugen, und daß trockene Luft schlecht leitet, während feuchte Luft gut leitet. Er führte den Namen „elektrisch“ ein, kannte jedoch noch nicht den Unterschied zwischen Glas- und Harzelektrizität. Jedoch kannte er schon genau den Unterschied zwischen Elektrizität und Magnetismus und führte folgende Hauptunterschiede an: „1. Die Elektrizität entsteht nur durch Reibung, der Magnet hat seine anziehende Kraft, ohne gerieben zu werden. 2. Die Elektrizität wird durch feuchte Luft vernichtet, der Magnetismus nicht. 3. Ein elektrischer Körper zieht sehr viele Stoffe an, der Magnet nur Stahl und Eisen. 4. Der elektrische Körper trägt nur kleine Lasten, der Magnet dagegen große.“ Auch künstliche Magnete untersuchte er schon genauer und fand dabei, daß ein Magnetstab nach dem Zerkleinern in lauter kleine Magnete zerfällt; er fand ferner, daß die Kraft eines natürlichen Magneten durch die sogen. Armatur verstärkt wird.

Gilbert war der erste, welcher den Gedanken aussprach, daß die Erde ein großer Magnet sei und zwei Pole habe wie jeder gewöhnliche Magnet. Er glaubte, daß die Ursache der Richtung des Kompasses nicht am Himmel zu suchen sei, auch nicht von großen Eisenmassen in der nördlichen Erdhalbkugel abhängig sei, sondern daß das Nordende der Nadel stets gegen die größere Landmasse hinzeige. Zu dieser irrigen

Ansicht kam er hauptsächlich dadurch, daß er annahm, nur der feste Erdkörper sei magnetisch, nicht aber der Ozean. Um den Erdmagnetismus klar zu machen, konstruierte er einen kugelförmigen Stahlmagneten, den er Terrella oder Erdchen nannte; hiermit zeigte er auch, daß die erdmagnetische Kraft an verschiedenen Orten verschieden sei und daß die Inklination vom Äquator nach den Polen hin wachse. 1608 wurde seine Ansicht durch Hudson, den Entdecker der Hudsonbai, bestätigt, der unter 75° nördl. Br. eine Inklination von $89^\circ 30'$ fand, während sie in London nur 72° betrug. Da Gilbert annahm, daß die magnetischen Pole mit den geographischen zusammenfielen, so glaubte er, daß man durch die Inklination die geographische Breite eines Ortes bestimmen könnte. Er führte die Namen Südpol und Nordpol ein; jedoch nannte er den nach Norden zeigenden Südpol, weil er vom tellurischen Nordpol angezogen wird; seine Bezeichnung ist also der jetzt bei uns meist gebräuchlichen entgegengesetzt. Auch sonst stimmt seine Terminologie mit der heutigen nicht überein: er nannte die Deklination Variation und die Inklination Deklination. Gilbert kannte auch schon genau die Einwirkung des Erdmagnetismus auf weiches Eisen. So wußte er z. B., daß jeder senkrecht gehaltene Eisenstab zu einem Magneten wird, der seinen Nordpol unten hat. Diese Thatsache war zuerst festgestellt worden an einer Wetterfahne auf dem Turm des Augustinerklosters zu Mantua. Gilbert hat das Verdienst, die Ursache dieser Erscheinung zuerst eingesehen und auch gefunden zu haben, daß der Stab noch stärker magnetisch wird, wenn er in der Richtung der Inklinationsnadel gehalten wird. Gil-

bert zeigte ferner, daß ein Eisenstab magnetisch wird, wenn er der Länge nach eine Zeitlang im magnetischen Meridian liegt.



Baco von Verulam.

Francis Baco wurde am 22. Januar 1561 als Sohn des Großsiegelbewahrers Nikolaus Baco und der Anna Cooke im Yorkhause zu London geboren; seine Tante war die Gemahlin des William Cecil, des späteren Lord Burleigh. Er war in seiner Jugend sehr schwächlich und kränklich, zeichnete sich jedoch schon früh durch seine Wißbegierde aus. Mit seinem Bruder Anthony ging er nach Cambridge, um sich für die juristische Laufbahn vorzubereiten. Er verließ Cambridge sehr bald und wandte sich nach Paris, von wo ihn der Tod seines Vaters zurückrief. Da sein Vater ihm kein Vermögen hinterlassen hatte, war er darauf angewiesen, sich möglichst bald eine einträgliche Stellung zu verschaffen; er trat deshalb 1580 in die Rechtsakademie „Gray's Inn“ ein, um sich schnell in der Jurisprudenz einzuarbeiten. Trotz vieler Bemühungen seines Onkels Burleigh gelang es ihm nicht, ein Staatsamt zu bekommen, und seine Gläubiger ließen ihn, das damalige Parlamentsmitglied, ins Schuldgefängnis werfen. Als einzigen Förderer hatte er den Grafen von Essex; als dieser später hingerichtet wurde, und das Volk darüber sehr unwillig war, beauftragte die Königin Elisabeth Baco, eine Rechtfertigung für sie zu schreiben.

Baco ließ sich 1601 wirklich dazu herab, seinen Freund und Gönner des Hochverrates zu bezichtigen. Diese Schrift rief eine allgemeine Mißbilligung hervor, aber Baco hatte jetzt eine große Stütze am Hof, und so wurde er unter Jakob I. bald Kronanwalt und 1617 endlich Siegelbewahrer. 1619 erreichte er durch die Protektion des Lord Buckingham die höchste Würde, die in England zu erlangen ist, die Würde des Lordgroßkanzlers von England, welche ihm den Titel Baron Verulam einbrachte, zu dem ein Jahr nachher noch der Viscount St. Alban hinzukam. Diese hohe Würde bekleidete er aber nicht lange. Schon 1621 wurde er vom Parlament angeklagt, Ämter und Privilegien für Geld verliehen zu haben. Er konnte diese Verbrechen nicht leugnen und bat um Nachsicht und Gnade. Er wurde seiner Würde entsetzt, für unfähig zur Bekleidung eines öffentlichen Amtes erklärt und zur Zahlung von 40 000 Pfund und zu lebenslänglicher Einkerkerung in den Tower verurteilt. Er blieb jedoch nur ganz kurze Zeit im Gefängnis und lebte nachher in der Verbannung auf seiner Besitzung Gorchambury; schließlich erlangte er die Erlaubnis zur Rückkehr nach London und wohnte in seiner alten Wohnung zu Gray's Inn. Der König setzte ihm sogar eine Pension von 1800 Pfund aus. 1626 stellte er in einem Bauernhause Versuche darüber an, ob der Schnee zur Konservierung des Fleisches geeignet sei. Hierbei erkältete er sich derartig, daß er nicht mehr nach London gebracht werden konnte. Er wurde im Hause des Grafen Arundel aufgenommen, wo er am 9. April 1629 starb; er wurde neben seiner Mutter in der St. Michaelskirche zu London begraben.

Da Baco als vielbeschäftigter Staatsmann nicht viel freie Zeit hatte, so schrieb er meist kleinere Abhandlungen, die er in den „Essays“ sammelte. Seine vollständigsten Werke sind „Das neue Organon“ (1620), das ihm die Grabinschrift „Leuchte der Wissenschaft“ einbrachte, und „Vom Werte und Wachstum der Wissenschaften“ (1623). Baco nimmt eine hervorragende Stelle unter den Kämpfern ein, welche gegen Aristoteles und besonders gegen dessen Physik zu Felde ziehen, wenn es ihm auch nicht ganz gelingt, sich aus den Banden der mittelalterlichen Ansichten zu befreien. Die Hauptprinzipien seiner Schriften sind folgende: „Aufgabe der Wissenschaft ist die Entdeckung. Die erste Frage, welche den Ausgangspunkt der ganzen Wissenschaft bildet, ist die: Wie wird aus der Erfahrung, d. h. aus der Beschreibung der Vorgänge in der Natur, die Naturerklärung? Die einzige fruchtbringende Methode der wissenschaftlichen Forschung ist die des Experimentes, welches die Ursachen der Dinge erkennen läßt.“ Wenn Baco den Weg des Experimentes seinen Zeitgenossen empfahl, so ist dies sein Hauptverdienst; denn er selbst hat nicht experimentiert, wenigstens waren seine Versuche nicht mit Erfolg begleitet. Auch hatte schon Galilei, dessen Werke Baco nicht unbekannt waren, längst die Schranken der aristotelischen Physik durchbrochen und das Experiment verkündigt und angewendet.

Um die Geschwindigkeit des Schalls zu messen, schlägt Baco vor, in einer großen Entfernung eine Kanone abzufeuern; auf diese Weise ist auch wirklich später die Geschwindigkeit bestimmt worden. Baco wußte, daß die Stärke des Schalles von der Stärke des Schlasses und die Klarheit und

Feinheit desselben von der Härte des geschlagenen Körpers abhängt; ferner daß der Ton um so tiefer, je größer die Masse des erschütterten Körpers. Von seinen Landsleuten wird ihm oft die Erfindung des Thermometers zugeschrieben; dieses Instrument rührt jedoch wahrscheinlich von Galilei her. Baco beschreibt es in seinem „Neuen Organon“ als eine längst bekannte Sache, und außerdem war das von ihm beschriebene Thermometer, das sogen. vitrum calendare, höchst mangelhaft. In dem obigen Werke spricht er auch von der Taucherglocke, als deren Erfinder er oft von seinen Landsleuten angesehen wird. Diese wurde jedoch schon 1538 zu Toledo vor Kaiser Karl V. gezeigt; die Anwendung der Taucherglocke zum Heben von Gegenständen vom Meeresboden war schon 1588 bei der Insel Mull an der Westküste von Schottland gemacht worden, wo man versuchte, die Schätze der spanischen unüberwindlichen Flotte zu heben.

Baco, der die gesamte Wissenschaft neu errichten wollte und den meisten alten Ansichten den Krieg erklärte, verhielt sich dem kopernikanischen Weltssystem gegenüber ablehnend; ja er behauptete sogar, daß Kopernikus seine Ansichten nur da einzuführen sich bestrebe, wo sie mit seinen Kalkulationen übereinstimmten; er hält fest an der Erklärung des im Jahre 1601 zu Prag gestorbenen Tycho Brahe, der die Erde, die sich täglich um ihre feste Achse drehe, im Mittelpunkt des Weltalls annahm.

Galilei.

Galileo Galilei wurde am 18. Februar 1564 zu Pisa geboren, an demselben Tage, an welchem in Rom Michelangelo Buonarroti starb. Er war der Sohn eines Florentiner Edelmannes, Vincenzio di Michelangelo Galilei, eines mathematisch gebildeten Mannes, der ein Werk über alte und moderne Musik schrieb, in welchem er sich an einer Stelle gegen den Autoritätsglauben und die Berufung auf das Gewicht von Autoritäten ausspricht; seine Mutter Julia stammte aus dem alten Geschlechte der Ammanati zu Pescia. Der Vater hatte außer Galileo noch drei andere Kinder, aber wenig Vermögen und bestimmte daher Galileo für den Tuchhandel, einen Beruf, der damals zwar wenig angesehen, aber sehr lohnend war. Den ersten Unterricht erhielt der junge Galilei von einem sehr mittelmäßigen Lehrer; später kam er auf die Klosterschule von Vallombrosa, wo er sich eine große Fertigkeit in den fremden Sprachen und seinen meisterhaften, schwungvollen Stil aneignete. Er war ein vielseitiges Talent; er zeichnete, spielte Laute, beschäftigte sich mit Dichtkunst und war besonders tüchtig in der Erfindung kleiner Mechanismen zu den mannigfachsten Zwecken. Die Mönche bemühten sich, ihn für das Kloster zu gewinnen; der Vater jedoch beschloß, den Sohn Medizin studieren zu lassen, in der Hoffnung, daß er als Arzt seine Geschwister ernähren könne. Am 5. November 1581 bezog er die Universität Pisa. Er las den Aristoteles in der Ursprache, hatte aber noch nicht den Mut, gegen dessen Lehren öffentlich aufzutreten, disputierte aber sehr oft darüber mit seinen Studiengenossen, die ihm

deshalb den Beinamen Zänker gaben. 1583 soll er an Schwingungen des Kronleuchters im Dom zu Pisa, deren Schwingungszeiten er an der Zahl seiner Pulsschläge beobachtete, die Wahrnehmung gemacht haben, daß die Zeit einer Schwingung unabhängig von der Amplitude sei. Ferner wird erzählt, daß Galileo auf der Universität von Ostilio Ricci, dem Bagenhofmeister am Hof von Toskana, den ersten mathematischen Unterricht genossen habe. Sicher ist, daß sich Galileo ganz auf das Studium der Mathematik und Naturwissenschaften warf, nachdem sein Vater nach langem Zögern seine Einwilligung dazu gegeben hatte. Da sein Vater ihn aber kaum unterstützen konnte, so kam dieser für seinen Sohn um ein Stipendium ein; die Universität aber verweigerte es, da die meisten Professoren mit den Ansichten Galileos nicht einverstanden waren. Galileo sah sich daher genötigt, die Universität zu verlassen. Er beschäftigte sich aber trotzdem mit dem Studium der Naturwissenschaften und erfand in dieser Zeit eine hydrostatische Wage. Auf Verwendung des Generalinspektors der toskanischen Festungen, Guido Ubaldi Marchese del Monte, wurde Galilei im Jahre 1589 Professor der Mathematik zu Pisa. Als solcher erhielt er ein jährliches Gehalt von 60 Scudi (ungefähr 250 Mark), während ein Erklärer des Aristoteles vielleicht zwanzig- bis dreißigmal so viel erhielt; er war deshalb genötigt, nebenbei noch durch Privatunterricht einiges Geld zu verdienen, um seine Untersuchungen fortzusetzen. Von nun an trat er öffentlich gegen die Physik des Aristoteles auf und widerlegte dessen Lehren vom freien Fall durch Versuche am schiefen Turm zu Pisa; hierdurch zog er sich neue Feinde unter den Pro-

fefforen zu. Als er nun auch noch eine Maschine, die von Johann von Medici, einem entfernten Verwandten des Großherzogs von Toskana, erfunden worden war, als gänzlich unbrauchbar erklärte, zog er sich noch die Feindschaft des Hofes zu und entschloß sich, freiwillig von seinem Lehramte zurückzutreten. Hierdurch geriet seine Familie in große Noth; aber del Monte sorgte auch jetzt wieder für ihn, indem er ihm die Stelle als Professor der Mathematik an der Universität Padua verschaffte. Am 7. Dezember 1592 trat er seine neue Stellung an. Hier hatte er einen solchen Zulauf, daß sich kaum ein Hörsaal für ihn fand und daß Padua von Studenten aus ganz Europa besucht wurde, so angeblich auch von Gustav Adolf von Schweden. Hier konstruirte er Maschinen, verfaßte Abhandlungen über Dynamik und Fortifikation und erfand den Proportionalzirkel und ein Thermoskop, wahrscheinlich auch das Thermometer. Kurz nachdem der Middelburger Optiker Johann Lippershey 1608 das holländische Fernrohr erfunden hatte, hörte Galilei von dieser Erfindung und machte sich daran, ein solches zu konstruieren. Dies gelang ihm schon nach kurzer Zeit, und er konnte dem Senat von Venedig ein solches übersenden, das noch mehr leistete als sein Vorbild. Der Senat belohnte dies Geschenk überaus freigebig; am 25. August 1609 setzte er Galilei eine lebenslängliche Pension aus, und zwar das Dreifache des Gehaltes, welches er als Lehrer in Padua bezog. Wenn Galilei das Fernrohr auch nicht erfunden hat, so ist ihm doch das Verdienst zuzusprechen, das neue Instrument zuerst zur Beobachtung astronomischer Objekte verwendet zu haben. Jetzt verlegte sich Galilei mit ganzer Seele auf die Beobach-

tung des Himmels. Er beobachtete die Mondberge und fand, daß die Milchstraße aus zahllosen Sternen zusammengesetzt sei. Schon im Januar 1610 gelang es ihm, bis dahin un-
 gesehene Weltkörper zu entdecken, nämlich die Jupiternonde; drei davon sah er am 7. Januar 1610 und den vierten zu-
 erst am 13. desselben Monats. Er nannte diese Monde *Sidera medicea*, zu Ehren des Hauses Medici. Seine Ent-
 deckung publizierte er in dem „Sternboten“, welchen er Cos-
 mus II., dem Großherzog von Toskana, widmete. Bald
 nachher entdeckte er die Dreigestaltigkeit des Saturn; insolge
 der Unvollkommenheit seines Fernrohrs konnte er die Ring-
 gestalt noch nicht wahrnehmen. Diese Entdeckung teilte er
 seinen wissenschaftlichen Freunden in einem Anagramm mit,
 dessen Auflösung folgende war: „Den höchsten Planeten habe
 ich als dreigestaltig beobachtet.“ Am 12. Juli 1610 erhielt
 Galilei seine Urkunde als erster Mathematiker der Universität
 Pisa und erster Philosoph des Großherzogs mit einem Ge-
 halt von 1000 Scudi. Von jetzt ab wohnte er meist auf
 den Villen des Großherzogs und seines Freundes Philipp
 Salviati; hier entdeckte er die Sichelgestalt der Venus und
 bemerkte die Sonnenflecken (August 1610). Diese wurden fast
 gleichzeitig (Dezember 1610) von dem Holländer Fabricius
 beobachtet; heute wissen wir, daß die Chinesen bereits im
 Jahre 301 die Sonnenflecken mit freiem Auge gesehen und
 beobachtet haben. Aus der Bewegung der Flecken folgerte
 Galilei die Rotation der Sonne um ihre Achse. Galilei
 fühlte, daß seine Entdeckungen sehr von den Überzeugungen
 der Zeitgenossen abwichen, und beschloß deshalb, nach Rom
 zu gehen, um seine Entdeckungen dem Klerus vorzulegen.

Er wurde von Papst Paul V. günstig aufgenommen und in die wissenschaftliche Gesellschaft „Akademie der Luchse“ als Mitglied aufgenommen. 1613 gab er eine Beschreibung der Sonnenflecken heraus, in welcher er sich zum erstenmal in ganz bestimmter Weise zum System des Kopernikus bekannte. Im Advent des Jahres 1614 eröffnete der Dominikaner Gaccini den Angriff gegen Galilei, indem er dessen Ansichten für die eines Ketzers erklärte; ihm schloß sich bald der berühmte Jesuit Scheiner an. Nachdem sich verschiedene gelehrte Mönche und Kirchenfürsten der Ansicht des Galilei angeschlossen hatten, übergab der Papst die Entscheidung der Inquisition. Diese erklärte am 5. März 1616 die Ansichten Galileis für falsch und ketzerisch. Dies war ungefähr um dieselbe Zeit, wo Kepler in Deutschland durch Auffindung seiner Gesetze die Wahrheit des kopernikanischen Systems unumstößlich bewiesen hatte. Von einer persönlichen Verfolgung Galileis war bis hierhin noch nichts im Gange, und so konnte er 1629 das schon 1610 begonnene Werk, den Dialog über das ptolemäische und kopernikanische System, beenden. Die Rollen sind in diesem Werke zwischen drei sich unterhaltenden Personen verteilt. Der eine, Salviati, ist der Verfechter der kopernikanischen Lehre, der zweite, Sagredo, tritt in der Rolle des gebildeten Laien auf, der sich gern unterrichten möchte; die aristotelische Schule vertritt der Philosoph Simplicio. Der erste war sein schon oben genannter Freund aus Florenz, der zweite sein Schüler und späterer Senator von Venedig; den dritten Namen wählte er mit Anspielung auf den berühmten Aristotelesklärer Simplicius, der im 6. Jahrhundert lebte. Um die Druckerlaubnis

von der kirchlichen Behörde zu erhalten, ging Galilei selbst nach Rom, und er erhielt die Erlaubniß auch, nachdem er einige kleine Änderungen vorgenommen hatte. 1632 erschien das Werk in Florenz; es erntete vielen Beifall und Ruhm, aber es rief auch zugleich die Gegner des Systems zum Kampfe heraus. Diese suchten den Papst dadurch für sich zu gewinnen, daß sie behaupteten, mit dem Simplicio sei niemand anders als der Papst gemeint. Der Papst Urban VIII., der als Kardinal Barberini den toskanischen Physiker in Versen besungen hatte, setzte zur Beurteilung des Buches eine besondere Kommission ein. Diese erklärte, der Verfasser habe das Verbot, das kopernikanische System zu lehren, übertreten, das Buch sei gegen die Bibel und die Religion, und der Verfasser müsse vor die Inquisition gezogen werden. Im November 1632 erhielt Galilei den Befehl, vor diesem Tribunal zu erscheinen. Am 13. Februar 1633 kam er in Rom an, wo er in dem Hause des toskanischen Gesandten abstieg. Am 8. April wurde er in das Gebäude des Offiziums übergeführt, jedoch nicht in den Kerker, sondern in ein besonders für ihn hergerichtetes Zimmer, und am 12. April erschien er zum erstenmal vor dem Inquisitionstribunal. Der siebzehnjährige Greis, der zu jener Zeit krank und gebrechlich war, erklärte sich bereit, seine Lehre zu widerrufen. Die Folter ist niemals bei ihm angewendet worden, wie so oft erzählt wird; auch hat er den Kerker der Inquisition niemals kennen gelernt, so daß das im Kölner Museum befindliche Bild von Karl v. Piloty, Galilei im Kerker, auf Unwahrheit beruht. Am 22. Juni 1633 mußte er in der Kirche Santa Maria sopra la Minerva die Lehre von der Bewegung der Erde ab-

schwören. Darauf erhielt er Hausarrest in der Villa des Großherzogs von Toskana zu Rom. Am 9. Juli schon konnte er sich zu seinem Freunde, dem Erzbischof Ascanio Piccolomini von Siena, begeben. Im Dezember 1633 kehrte er nach Florenz zurück und wohnte vom November 1634 bis an sein Lebensende in der Villa Arcetri bei Florenz. Im Jahre 1636 beendigte er sein letztes Hauptwerk: „Dialoge über zwei Wissenschaften“, welches 1638 in Leiden erschien und die Hauptresultate seiner physikalischen Arbeiten enthält. Vom Jahre 1637 an bildete sich bei ihm der Star auf beiden Augen aus, aber trotzdem machte er noch eine wichtige Entdeckung am Himmel, die Vibration des Mondes; er fand, daß der Mond uns nicht immer genau dieselbe Hälfte seiner Oberfläche zeigt, sondern daß der sichtbare Teil schwankt, wodurch mehr als die halbe Mondfläche sichtbar wird. Im Jahre 1638 war er vollständig blind. Am 5. November 1641 wurde er infolge eines starken Sichtanfalls bettlägerig; während der Krankheit pflegten ihn besonders seine Schüler Torricelli und Viviani. Am 8. Januar 1642 starb er, versehen mit dem Segen des Papstes Urban VIII. Er wurde in einer Seitencapelle der Kirche Santa Croce beerdigt; am 12. März 1737 wurden seine Überreste in der Kirche selbst unter einem prächtigen Grabdenkmal bestattet. Seine Werke und alle, die das kopernikanische System verteidigten, wurden erst 1835 vom Index der verbotenen Bücher entfernt. Großherzog Leopold II. von Toskana (1797—1870) errichtete ihm im naturwissenschaftlichen Museum zu Florenz ein Denkmal, welches Galilei umgeben von seinen Lieblingschülern Castelli, Cavalieri, Torricelli und Viviani darstellt.

Von den von Galilei gefundenen physikalischen Gesetzen seien folgende erwähnt. Bei Balken von gleichem Querschnitt und verschiedener Länge wächst die Festigkeit im umgekehrten Verhältnis der Quadrate ihrer Längen, und bei Balken von gleicher Länge und verschiedenem Querschnitt wächst die Festigkeit im Verhältnis der Kuben ihrer Durchmesser. Bei allen Sätzen über Bewegung der Körper ging er von dem von ihm aufgestellten Gesetz der Trägheit aus. Die Versuche über fallende Körper stellte er meist am Turm von Pisa an. Galilei weist nach, daß alle Körper mit der gleichen Geschwindigkeit fallen und daß die Geschwindigkeit proportional der Zeit wächst; er stellt die Sätze auf: Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten, die Fallzeiten auf gleich langen, verschieden geneigten Ebenen verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Höhen der schiefen Ebene. Auf Grund seiner Sätze vom Kräfteparallelogramm behandelt er die Bewegung geworfener Körper; für den schiefen Wurf weist er nach, daß die Bahn eine Parabel ist. Für die Pendelbewegung findet er die wichtigen Sätze, daß das Gewicht des Pendels keinen Einfluß auf die Schwingungsdauer hat und daß die Schwingungsdauer proportional der Quadratwurzel der Länge des Pendels ist. Die Idee, das Pendel als Regulator der Räderuhren anzuwenden, beschäftigte Galilei in der letzten Zeit seines Lebens. Vollständig erblindet, ließ er durch seinen Sohn eine Vorrichtung verfertigen, welche diesen Zweck erfüllen sollte. Da bei der Pendelvorrichtung des Galilei für eine Triebkraft nicht gesorgt ist, so bleibt das Verdienst der Erfindung der Pendeluhr dem Physiker Huygens.

Über die innere Beschaffenheit der Flüssigkeiten hatte er im wesentlichen dieselbe Ansicht, die noch heute geltend ist. Er dachte sich die Flüssigkeiten aus kugelförmigen Teilchen zusammengesetzt, die wie die Teilchen starrer Körper der Schwerkraft unterworfen sind, aber eine große Beweglichkeit besitzen und daher dem geringsten Druck nachgeben. Galilei findet den Grund des Schwimmens eingetauchter Körper einzig und allein in dem spezifischen Gewichte derselben, das kleiner sein müsse als das der Flüssigkeit. Die Ansicht der aristotelischen Schule, der zufolge die Fähigkeit der Körper zu schwimmen auf der tafelförmigen Gestalt derselben beruhe, wird von ihm widerlegt. Das Ansteigen des Wassers in Pumpen ist nach seiner Ansicht eine Adhäsionserscheinung; daß das Wasser nicht höher als 10 m steigt, ist nicht eine Folge des Drucks der äußeren Luft, sondern eine Wirkung des Widerstandes des leeren Raumes; hierdurch ist seiner Meinung nach auch dieser Widerstand gemessen. Um die Luft zu wiegen, schlägt er vor, erst eine Flasche mit Luft zu wiegen und dann, nachdem man sie durch Erwärmen luftverdünnt gemacht und verschlossen hat; eine luftleere Flasche herzustellen war Galilei noch nicht im stande.

Auch über die Schwingungen tönender Saiten hat Galilei Untersuchungen angestellt, aus denen er den Schluß zog, daß die Tonhöhe von der Anzahl der Schwingungen abhängt und daß sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Längen der Saiten verhalten. Dieses Ergebnis verdient deshalb besondere Anerkennung, weil mit ihm die physikalische Erforschung der Töne anfängt.

Kepler.

Johannes Kepler wurde am 27. Dezember 1571 in der ehemaligen Reichshauptstadt Weil am Fuße des Schwarzwaldes geboren. Er stammte aus dem altadeligen Geschlechte von Kappel. Sein Vater, Heinrich Kepler, war der Sohn des Bürgermeisters von Weil, jedoch so verarmt, daß er als Söldner im Heere des Herzogs Alba gegen die Niederländer zog. Seine Mutter, Katharina Guldenmann, war die Tochter eines Gastwirthes und konnte weder lesen noch schreiben. Der Vater starb im Feldzuge der Österreicher gegen die Türken. Vom Jahre 1577 an besuchte Kepler die Schule, zuerst in Ellmendingen bei Pforzheim und später in Leonberg, wo sich seine Mutter aufhielt. Eine Zeitlang mußte er später an den Feldarbeiten teilnehmen; wegen seines schwächlichen Körpers jedoch bestimmte man ihn zum geistlichen Stande. Er kam deshalb in die Klosterschule zu Adelberg und später nach Maulbronn. 1589 kam er in das Tübinger Seminar, wo er auf öffentliche Kosten erzogen wurde. Hier betrieb er neben seinen theologischen Studien Mathematik und Astronomie bei Mästlin, der ein Anhänger des kopernikanischen Systems war; dieser verschaffte ihm 1593 das Amt eines Professors der Mathematik und Moral in Graz. Hier veröffentlichte er Kalender, die nach der von Gregor XIII. vorgeschlagenen Veränderung verbessert waren. Im Jahre 1595 schrieb er sein erstes Werk Prodomus, in welchem er das Weltssystem von Kopernikus zu stützen versuchte. Hierdurch wuchs das Ansehen des jungen Gelehrten in hohem Maße, und er kam dadurch mit Galilei und Tycho Brahe in freund-

schaftlichen Verkehr. 1597 vermählte er sich mit der jungen und vermögenden Witwe Barbara Müller von Mühleck. Als 1600 die Verfolgung der Protestanten in Steiermark begann, erhielt Kepler den Befehl, binnen 24 Stunden das Land zu verlassen, und er flüchtete an die ungarische Grenze. Er wandte sich an den kaiserlichen Astronomen Tycho Brahe, der ihn als Gehilfen nach Prag berief. Hier lebte er in den ärmlichsten Verhältnissen, da er kein Gehalt bezog, sondern auf die Gnade Tycho's angewiesen war. Tycho starb am 24. Oktober 1601, und Kepler wurde sein Nachfolger bei Kaiser Rudolf II.; er wurde mit festem Gehalt angestellt, das ihm aber meist nicht ausbezahlt wurde, so daß er aus Not Kalender mit Vorherhersagungen anfertigte, obwohl er kein großer Freund der Astrologie war. Er setzte sich zur Hauptaufgabe die Verbesserung der astronomischen Tafeln auf Grund der Beobachtungen von Tycho. 1608 schrieb er in deutscher Sprache über den 1607 beobachteten Kometen, den ersten, dessen Bahn berechnet war, und der später den Namen Halley'scher Komet erhielt. 1609 erschien sein Hauptwerk: „Die ursachensforschende, neue Astronomie“, in dem sich die beiden ersten Gesetze der Planetenbewegung finden. 1610 erhielt er von Herzog Ernst von Bayern ein galileisches Fernrohr, und im selben Jahre beschrieb er die Einrichtung des nach ihm benannten astronomischen Fernrohrs. Nach dem Tode Rudolfs II. wurde er 1612 Hofastronom bei Kaiser Matthias, der ihn 1613 mit zum Regensburger Reichstag nahm, um die Kalenderverbesserung durchzusetzen. Da Kepler aber in dieser Stellung sein Auskommen nicht fand, so übernahm er die Stelle eines Professors am Gymnasium

zu Linz; hier heiratete er in zweiter Ehe die Susanna Rettinger, mit welcher er glücklicher lebte als mit seiner ersten Frau. Im Jahre 1616 erschien von ihm das „Österreichische Weinvisierbüchlein“, welches die Berechnung von Gefäßen und Fässern behandelte; es war nicht nur eine Ergänzung der archimedischen Stereometrie, sondern kann auch als äußerst brauchbare Vorarbeit der Infinitesimalrechnung angesehen werden. 1619 widmete er dem König Jakob I. von England seine Schrift „Über die Weltharmonie“, in welcher sich das dritte Gesetz der Planetenbewegung findet. In seinen 1620 erschienenen astronomischen „Ephemeriden“ benutzte er schon die Berechnung mit Hilfe der Logarithmen, die von dem Schweizer Jost Bürgi und später nochmals von dem schottischen Baron Napier erfunden waren. Im Jahre 1615 empfing Kepler von seiner Schwester einen Brief, worin diese ihm mittheilte, daß ihre Mutter der Hexerei angeklagt sei. Kepler verwandte sich für sie an den höchsten Stellen; als alles nichts half, reiste er 1620 nach Stuttgart und bewirkte, daß seine Mutter freigelassen wurde. 1626 verließ er der Protestantenvverfolgung wegen Linz und führte seine Familie nach Nürnberg, während er sich selbst nach Ulm begab, um die Ausgabe der Rudolfinischen Tafeln zu bewerkstelligen; diese erschienen 1627. Da er vom Kaiser 12 000 Gulden zu fordern hatte, so übertrug der Kaiser diese Schuld an Wallenstein, wodurch Kepler selbst in dessen Dienste trat und sich von 1628—1630 in Sagan aufhielt. Er überwarf sich jedoch mit ihm, da er den astrologischen Deutungen nicht hold war, und wurde durch Seni ersetzt. Als Wallenstein ihm auch die Schuld nicht abtragen wollte, sondern ihm als

Ersatz eine Professur in Rostock anbot, machte sich Kepler 1630 auf den Weg nach Regensburg, um dort auf dem Reichstage seine Ansprüche geltend zu machen. Infolge dieser Reise, die er zu Pferde zurückgelegt hatte, starb er am 15. November 1630 zu Regensburg. Er wurde auf dem Kirchhof der St. Peterskirche beigesetzt; seine selbstverfaßte Grabchrift lautete:

Einft durchmaß ich den Himmel, jetzt mess' ich die Schatten
der Erde;

Jenem entstammte der Geist, hier ruhet der Schatten des
Leibes.

Im Jahre 1808 ließ Fürstprimas Karl von Dalberg, Koadjutor von Mainz und Bischof von Regensburg, ihm im Botanischen Garten zu Regensburg ein Denkmal setzen. Ein noch großartigeres Denkmal wurde am 24. Juni 1870 zu Weil enthüllt. Kästner verherrlichte den Astronomen durch folgendes Epigramm:

So hoch war noch kein Sterblicher gestiegen,
Als Kepler stieg und starb den Hungertod!
Er wußte nur die Geister zu vergnügen,
Drum ließen ihn die Körper ohne Brot!

Keplers Entdeckungen beziehen sich hauptsächlich auf Astronomie und Optik. In seiner ersten Schrift Prodomus stellte er sich auf seiten des Kopernikus und brachte die Bewegung der damals bekannten fünf Planeten (außer der Erde) in Verbindung mit den fünf regulären Körpern. 1609 veröffentlichte er die ersten nach ihm benannten Gesetze, und am 15. Mai 1618 fand er das dritte Gesetz. Seine optischen

Ansichten sind niedergelegt in den zwei Werken *Ad Vitellionem Paralipomena* (1604) und *Dioptrice* (1611). Kepler legte den Grund zur Photometrie, da nach seiner Ansicht das Licht abnimmt im umgekehrten Verhältnis der auffangenden Fläche. Er zeigt, daß das Verhältnis zwischen dem Einfallswinkel und Brechungswinkel nicht konstant ist; das wahre Gesetz der Lichtbrechung war auch Kepler noch unbekannt, wenn er auch sehr nahe an die richtige Erkenntnis desselben streifte. Er stellte ferner fest, daß von jedem leuchtenden Punkte ein Strahlenkegel ins Auge gelangt und daß dieser Kegel auf der Netzhaut in einem Punkte vereinigt wird; er ist also der Entdecker der wahren Theorie des Sehens. Er erklärte die Kurz- und Fernsichtigkeit des Auges und die Art, wie ihr durch Brillen abgeholfen werden kann. Er bestimmte die Brennpunkte plankonvexer, plankonkaver, bikonvexer und bikonkaver Linsen; die allgemeine Linsenformel fand er jedoch noch nicht. Er bemerkte ferner, daß die Linsen der Fernröhren nach den verschiedenen Augen auch eine verschiedene Entfernung haben müssen, und entdeckte die totale Reflexion. Hiernach ist Kepler als der eigentliche Begründer der Dioptrik anzusehen.

Von seiner Ansicht über die Schwere seien folgende Sätze angeführt: 1. „Jeder Körper ist derart beschaffen, daß er an jedem Orte im Gleichgewicht zu bleiben im stande ist, wenn er außerhalb der Wirkungssphäre eines andern Körpers sich befindet.“ 2. „Schwere ist eine körperliche Eigenschaft, welche gegenseitig zwischen verwandten Körpern wirkt, so daß viel mehr die Erde den Stein anzieht, als der Stein die Erde.“ 3. „Würden zwei Steine außerhalb der Sphäre

eines dritten einander nahe gebracht, so würden sie wie zwei Magnete an einer mittleren Stelle zusammentreffen; der Weg des einen würde sich zum Wege des andern verhalten wie die Masse des zweiten zur Masse des ersten.“ 4. „Absolut leicht ist kein Körper, relativ leicht ist jener Körper, welcher seiner Natur zufolge oder wegen Wärme weniger dicht ist. Das Leichtere wird vom Schwereren aufwärts getrieben, da es von der Erde schwächer angezogen wird.“

Die Kraft, welche die Sonne auf die Planeten ausübt, vergleicht Kepler mit dem Magnetismus und nimmt an, daß sie sich proportional der Entfernung verringere. Bei der Vergleichung der bewegenden Kraft mit dem Licht wirft er die Frage auf, warum die bewegende Kraft nur wie die Entfernung abnehme, während das Licht sich im Verhältnis der Quadrate der Entfernung verdünnt. Die Lösung dieser Frage war bekanntlich Newton vorbehalten.



Scheiner.

Christoph Scheiner wurde 1575 zu Walda bei Mindelheim in Schwaben geboren, war also ein Landsmann von Kepler. Er trat 1595 in den Jesuitenorden ein und lehrte Hebräisch und Mathematik zu Ingolstadt, Freiburg und Rom. Er starb 1650 als Rektor des Jesuitenkollegs zu Neiße in Schlesien. Am bekanntesten ist Scheiner wegen seiner Veröffentlichungen über die Sonnenflecken. Er entdeckte sie selbständig, ohne etwas von den früheren Ent-

deckungen des Galilei und Fabricius zu wissen, im März 1611. Gegen Ende des Jahres 1611 machte er hierüber briefliche Mitteilungen dem Bürgermeister von Augsburg, Markus Welser, während die erste nachweisbare schriftliche Mitteilung Galileis in einem Briefe an eben diesen Welser vom Mai 1612 enthalten ist. Fabricius veröffentlichte über die Sonnenflecken schon im Juni 1611 ein Werkchen.

Zuerst hielt Scheiner die Sonnenflecken für Planeten, welche sich nahe an der Sonnenoberfläche befinden. Sein Hauptverdienst besteht darin, daß er die Flecken zuerst anhaltend beobachtete und unter den drei Entdeckern am genauesten ihre Bewegungen und Eigentümlichkeiten kennen lernte. Er bestimmte aus den Flecken die Umdrehungszeit der Sonne so genau, daß seine Angabe nur um ein wenig von den heutigen Messungen abweicht. Er machte mehr als 2000 Beobachtungen und stellte sie in einem Werk zusammen, welches 1630 erschien. Um den blendenden Glanz der Sonne ertragen zu können, beobachtete er durch leichtes Gewölk; später setzte er dem Fernrohr geschliffene farbige Plangläser vor. Ihm gebührt also die Ehre der ersten Anwendung der Blendgläser; hätte Galilei sie gekannt, so würde er vielleicht nicht von seiner Blindheit betroffen worden sein. Am 20. März 1629 beobachtete Scheiner das sogen. römische Phänomen; es bestand aus zwei konzentrischen farbigen Kreisen um die Sonne, deren Radius er zu 45° und 90° bestimmte, und einem sehr großen, farblosen Kreis durch die Sonne, nebst vier Nebensonnen auf diesem und zwei andern über der Sonne in den farbigen Ringen.

In seinem Werke „Das Auge, das ist das optische Fundament“ (1619), behandelt er das Sehen. Er fand die Bre-

chung der wässerigen Flüssigkeit gleich der des Wassers, die des Glaskörpers etwas größer und die der Linse ungefähr gleich der des Glases. Er bewies durch den Versuch am Ochsenauge und später auch am Menschenauge, daß das Bild sich auf der Netzhaut befindet und daß das Bild umgekehrt ist. Scheiner war auch der erste, der die Akkommodation des Auges erkannte; ferner wußte er, daß sich die Pupille beim Betrachten naher Gegenstände verkleinert. Bekannt sind ferner die nach ihm benannten Versuche, durch welche er nachwies, daß sich die Lichtstrahlen in engen Öffnungen kreuzen.

Scheiner beschreibt ein astronomisches Fernrohr, welches er nach Angabe Keplers verfertigte und zuerst benutzte. Er wandte dieses Fernrohr auch noch in anderer Weise an, um Bilder der Sonne auf einem Schirm aufzufangen; zu diesem Zweck zog er es weiter aus, als zum deutlichen Sehen nötig war. Diese Vorrichtung nannte er Helioskop. Das terrestrische Fernrohr, dessen Entdeckung gewöhnlich Schyrl (Schyrlaeus de Rheita) zugeschrieben wird, hat er schon vor diesem 1615 für den Erzherzog Maximilian konstruiert. 1603 erfand und 1630 beschrieb er den Pantograph oder Storchschnabel, um Zeichnungen in verkleinertem oder vergrößertem Maßstab zu kopieren.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß er stets ein Gegner des kopernikanischen Systems war.

Guldin.

Paul (Habakuf) Guldinus wurde am 12. Juni 1577 zu St. Gallen als der Sohn protestantischer Eltern geboren und lernte zuerst die Goldschmiedekunst. Er trat zur katholischen Religion über und ließ sich in den Jesuitenorden aufnehmen. Später war er Professor der Mathematik in Wien und Graz; in letzterer Stadt starb er am 3. November 1643.

Außer kleineren Schriften veröffentlichte Guldin ein Werk über den Gregorianischen Kalender und ein anderes über verschiedene Schwerpunktsprobleme. In letzterem findet sich die nach ihm benannte Regel über Berechnung der Flächen und Körper mit Hilfe des Weges des Schwerpunktes. Diese Regel war jedoch schon Pappus, einem Mathematiker aus der alexandrinischen Schule im 4. Jahrhundert v. Chr., bekannt, der sie in seinen mathematischen Sammlungen angiebt.



Cartesius.

René Descartes oder Renatus Cartesius wurde am 31. März 1596 zu La Haye in Touraine geboren; seine Familie, die in sehr hohem Ansehen stand, hieß ursprünglich Des Quartes und hatte Besitzungen in La Haye und Perron. Sein Vater Joachim war Parlamentsrat in Rennes; seine Mutter starb einige Tage nach seiner Geburt an einem Lungenleiden. Um ihn von seinem Bruder zu unterscheiden, hieß er in der Familie René, Seigneur du Perron. Als im achten Jahre

sich seine Gesundheit, die bis dahin sehr schwächlich war, einigermaßen gekräftigt hatte, kam er auf die 1604 von Heinrich IV. gegründete Jesuitenschule zu La Flèche in Anjou. Der Rektor der Anstalt war sein Verwandter Pater Charlet, der sich seiner mit besonderer Sorgfalt annahm. Hier befreundete er sich besonders mit seinem Mitschüler Marin Merfenne, der sich auch durch seine physikalischen Arbeiten einen Namen erworben hat und zeitlebens ein Freund des Cartesius blieb. In La Flèche studierte Cartesius zuerst die alten Sprachen und Litteratur, später Philosophie und zuletzt Mathematik. Im August 1612 verließ er die Schule und ging nach Reims, um sich für den Soldatenstand vorzubereiten. Im folgenden Jahre ging er nach Paris, wo er den Erwartungen seines Vaters jedoch nicht entsprach, denn er lebte nur den Vergnügungen und besonders dem Spiel. Durch das Wiederfinden von Merfenne, der in ein Minoritenkloster eingetreten war, zog er sich jedoch von aller Gesellschaft zurück, mietete sich in einem Hause von Saint-Germain ein und lebte ganz seinen Studien. 1617 trat er in holländische Dienste, in die Armee des Moriz von Oranien; zwei Jahre lag er in Breda in Garnison. Eines Tages las er dort einen vlämisch geschriebenen Anschlag, der zum Wettkampf einlud, eine geometrische Aufgabe zu lösen. Den zufällig des Weges kommenden Dordrechter Professor der Mathematik, Jsaak Beeckmann, bat er, ihm die Worte zu übersetzen. Tags darauf brachte er Beeckmann die Lösung; hieraus entwickelte sich eine lebenslängliche Freundschaft zwischen den beiden Gelehrten. 1619 verließ er Holland und kam im Juli desselben Jahres nach Frankfurt, wo er Zeuge der Krönung des Kaisers Ferdinand

war. Er trat in bayrische Dienste und lebte im Winter 1619 bis 1620 in Neuenburg an der Donau; später kam er nach Ulm, Wien und Böhmen. Nach der Schlacht bei Prag am 8. November 1620 nahm er Dienste in der kaiserlichen Armee. Am 28. Juli 1621 nahm er auch hier seinen Abschied, da er plötzlich Widerwillen gegen die militärische Laufbahn bekam. Er reiste auf großen Umwegen, durch Mähren, Schlesien, Brandenburg, Pommern, Mecklenburg, Holstein, Friesland und Holland, nach Frankreich und kam 1623 in Paris an. Er verkaufte darauf seine Güter in Poitou und ging 1625 nach Italien, wo er sich in Rom und Florenz besonders aufhielt. Auch erfüllte er ein in Holland gemachtes Gelübde, das berühmte Marienbild in Loreto zu besuchen. Galilei besuchte er nicht, da er ihn nicht für bedeutend hielt. 1627 und 1628 hielt er sich in Paris auf und beschäftigte sich mit Schleifen von Linsen und Spiegeln. Plötzlich jedoch griff er wieder zum Schwert und nahm an der Belagerung von La Rochelle teil, welches Cardinal Richelieu als letztes Bollwerk der Protestanten in seine Gewalt bekommen wollte. Nach dem Fall dieser Festung ging er nach Paris und 1629 plötzlich nach Holland, wo er sich — mit kurzen Unterbrechungen — zwanzig Jahre lang an den verschiedensten Orten, meist aber in dem schönen Dorfe Egmond bei Franeker aufhielt. Hier wurde er des Atheismus angeklagt und sollte ausgewiesen werden; durch die Dazwischenkunft des französischen Gesandten jedoch blieb er unbehelligt. Während seines Aufenthaltes in Holland erschienen seine Hauptwerke: 1637 seine „Abhandlung über die Methode“, in welcher außer der Methode auch Dioptrik, Geometrie und die Meteore be-

handelt werden, 1641 „Gedanken über die erste Philosophie“, seine philosophische Hauptschrift, und 1649 „Prinzipien der Philosophie“, welche die Prinzipien der menschlichen Erkenntnis und der materiellen Dinge enthalten. Durch seine Werke fand er sehr viele Anerkennung, aber noch mehr Widerspruch; selbst viele Verleumdungen und Anklagen wurden gegen ihn geschleudert. Besonders seine philosophischen Schriften bereiteten ihm manche bittere Stunde; die mathematischen und physikalischen Arbeiten fanden günstigere Aufnahme, aber es gab damals zu wenig Leute, welche sie beurteilen konnten. Cartesius wurde hierdurch etwas entmutigt, und er nahm deshalb, wenn auch nach einigem Zögern, das Anerbieten an, nach Schweden zu kommen. Hier lebte zu dieser Zeit Christine, Gustav Adolfs Tochter, welche besondere Vorliebe für wissenschaftliche Diskussionen hatte und den Umgang mit geistreichen Männern liebte; sie hatte schon seit einiger Zeit mit Cartesius in Briefwechsel gestanden, um ihn durch Anerbieten eines bedeutenden Jahresgehalts zur Übersiedlung nach Schweden zu veranlassen. Am 1. September 1649 reiste er ab und kam im Oktober in Stockholm an. Morgens um 5 Uhr ging Cartesius ins Bibliothekzimmer des Schlosses, um die Königin von dem Gegenstand seiner Studien zu unterhalten. Als sein Freund Chanut, der französische Gesandter in Stockholm war, erkrankte, pflegte er diesen mit großer Aufopferung; hierdurch aber und durch das rauhe Klima erlahmten seine Kräfte. Kurz vor seinem Tode übergab er der Königin einen Entwurf der Statuten einer zu Stockholm zu gründenden Akademie. Am 11. Februar 1650 starb er, nachdem er sich die letzten Tage ausschließlich mit

der Vorbereitung zum Tode beschäftigt hatte. Die Königin wollte ihn zu Füßen der schwedischen Könige begraben lassen; aber als sich hiergegen großer Widerspruch erhob, wurde er auf dem für die Fremden reservierten Kirchhof begraben. Jetzt verlangte auch Frankreich danach, seinen großen Sohn zu ehren, und forderte die Gebeine des Gelehrten. Am 1. Mai 1666 wurde sein Leichnam ausgegraben, in der Kapelle der französischen Botschaft in Stockholm aufgebahrt und von da nach Frankreich gebracht. Am 24. Juni 1667 wurde er zu Paris in der Kirche der hl. Genoveva, dem heutigen Pantheon, beigesetzt. 1819 wurde sein Leichnam in die Kirche von Saint-Germain-des-Prés übertragen.

Cartesius hat seinen Namen unsterblich gemacht durch Arbeiten auf drei verschiedenen Gebieten: der Philosophie, Mathematik und Physik. In den Augen seiner Zeitgenossen war es vor allen Dingen die Philosophie, welche ihm großen Ruf verschaffte. Er ist wohl derjenige Philosoph, welcher am wirksamsten gegen den Scholastizismus gekämpft hat. In seiner Abhandlung über die Methode stellte er vortreffliche logische Regeln auf, die er aber später in seinen Werken nicht immer befolgte. Er bezeichnet die Mathematik als die sicherste Wissenschaft, da sie allein eine unantastbare geordnete Methode enthält. In seiner Philosophie geht er bekanntlich von dem Satze aus: „Ich denke, folglich bin ich.“

Die bedeutendste Leistung des Cartesius ist jedenfalls seine Geometrie. Er wandte zum erstenmal die Algebra auf die Geometrie an, ist also Begründer der analytischen Geometrie; er hatte zuerst eine richtige Vorstellung von der Bedeutung der negativen Wurzeln einer Gleichung und erfand die nach

ihm benannte Regel, nach welcher man entscheiden kann, ob eine Gleichung nur reelle Wurzeln hat und wie viele positive und negative Werte sie besitzt. Er gab ein Verfahren an, Gleichungen vierten Grades durch Zerlegen in zwei quadratische aufzulösen, und war der erste, welcher die Exponenten an die Spitze der Basis schrieb. Außerdem muß er als Erfinder der Methode der unbestimmten Koeffizienten angesehen werden.

Als Physiker kann Cartesius nicht als Muster gelten, denn er überließ sich vielfach spekulativen Betrachtungen, anstatt sich auf den Boden der Erfahrung zu stellen; aber trotzdem hat er die Physik um vieles bereichert. In den Gesetzen der Bewegung stützte er sich auf das Gesetz der Trägheit. In der Statik erörtert er in gelungener Weise das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten, welches er besonders auf den Flaschenzug anwendet. Der kartesianische Taucher rührt wahrscheinlich nicht von ihm her, sondern ist von Raphael Magiotti de Montebarchi erfunden. Cartesius erklärte schon die Erscheinung, daß das Wasser in den Pumpen nicht höher als 10 m steigt, durch den Luftdruck.

Am meisten hat Cartesius geleistet auf dem Gebiete der Optik. Er vergleicht die Lichtbewegung mit der Bewegung eines elastischen Balles und zerlegt die Geschwindigkeit des Lichtes beim Einfallen auf ein zweites Medium in zwei senkrechte Komponenten; hieraus folgt ohne weiteres das Gesetz der Reflexion. In seiner „Dioptrik“ von 1637 stellt er das Brechungsgesetz in der heutigen Form auf; Willebrord Snellius, der 1591 zu Leiden geboren wurde und daselbst 1626 als Professor der Mathematik starb, hatte dasselbe schon vor

ihm in etwas anderer Form angegeben. Ob Cartesius das Gesetz des Snellius kannte oder ob er es selbständig von neuem gefunden hat, ist nicht genau festgestellt. Cartesius konstruierte ein Instrument zur Prüfung dieses Gesetzes und untersuchte, ob der durch das Brechungsgesetz berechnete Brennpunkt einer Linse mit dem durch den Versuch gefundenen übereinstimmte. Er beschrieb die sphärische Aberration, schlug deshalb vor, den Linsen eine parabolische oder hyperbolische Gestalt zu geben, und beschäftigte sich mit Maschinen zur Anfertigung dieser Linsen. Er stellte ausführliche Untersuchungen an über das natürliche Sehen, das Sehen mit Brillen und das Einfachsehen mit beiden Augen. In der Abhandlung über Meteore findet sich seine Erklärung des Regenbogens. Er erklärt die Entstehung des Haupt- und Nebengogens durch Brechung und Zurückwerfung des Sonnenstrahls in den Regentropfen, und zwar die des Hauptbogens durch zweimalige Brechung und einmalige Reflexion, die des Nebengogens durch zweimalige Brechung und zweimalige Reflexion. Diese Erklärung hatte im großen und ganzen schon 1311 der Mönch Theodorich und 1624 der Erzbischof von Spalatro, Marco Antonio de Dominis, gegeben. Was Cartesius hinzufügte, war die Berechnung des Winkels, den die ausfallenden Strahlen mit den einfallenden bilden; er giebt für den Hauptbogen $41^{\circ} 30'$ und für den Nebengogen $51^{\circ} 54'$ an. Über die Farbe des Regenbogens und über die Erscheinung, daß die Farbenfolge im Nebengogen die umgekehrte wie im Hauptbogen ist, wußte er keine Erklärung zu geben; dies blieb Newton vorbehalten.

In den Prinzipien der Philosophie giebt er eine Erklärung des Mechanismus im Weltall an. Er nimmt wie

Giordano Bruno, der 1600 zu Rom verbrannt worden war, Wirbel an, welche aus einer feinen Materie bestehen und die Planeten um die Sonne und die Monde um die Planeten tragen. Diese Wirbeltheorie fand vielen Anklang, bis Newton und d'Alembert (1717—1783) mit ihr aufräumten. Ebenso falsch waren seine Vorstellungen über Ursache der Schwere und die Erscheinungen der Ebbe und Flut.



Cavalieri.

Bonaventura Cavalieri wurde 1598 zu Bologna geboren. Er trat in seiner Jugend in den Jesuiten- oder Hieronymitenorden (nicht zu verwechseln mit dem Jesuitenorden) ein. Hier zeigte er eine besondere Vorliebe für Mathematik, so daß seine Oberen ihn zur Universität Pisa schickten. Dort wurde er mit Galilei befreundet. Als er 1629 Professor der Mathematik in Bologna wurde, hatte er schon ein Werk ausgearbeitet über Berechnung von Flächen und Körpern, welches ihm unter seinen Zeitgenossen großen Ruf verschaffte. In dieser 1635 erschienenen Schrift zeigte er sich neben Kepler als einer der bedeutendsten Vorläufer der Erfinder der Infinitesimalrechnung. Seine „Methode der Unteilbaren“ betrachtet die Linie als eine unzählige Menge von Punkten, die Fläche als eine Menge von Linien und den Körper als eine Menge von Flächen; in diesem Werke ist auch der nach ihm benannte stereometrische Grundsatz enthalten. 1647 veröffentlichte er seine „Geometrischen Übungen“, in welchen er

die Bestimmung der Brennweiten für konkave und konvexe Linsen jeder Art angiebt. Seine Regel gilt allerdings nur für Strahlen, die parallel mit der Achse aus Luft auf Glaslinsen mit dem Brechungsindex 1,5 fallen. Cavalieri starb am 3. Dezember 1647 zu Bologna.



Otto v. Guericke.

Otto v. Guericke wurde am 20. November 1602 zu Magdeburg geboren als der Sohn des Schultheißen Johann v. Guericke, der vom König Stephan von Polen geadelt worden war, und der Anna v. Zwehdorff. Im 15. Jahre ging er nach Leipzig, um Jura zu studieren, und von da nach Helmstädt; am 4. September 1620 starb sein Vater, und Otto hielt sich deshalb eine Zeitlang wieder in Magdeburg auf. 1621 ging er nach Jena und 1623 nach Leiden, wo er Mathematik und Festungsbaufunde studierte. Nach einer Reise durch Frankreich und England vermählte er sich 1626 zu Magdeburg mit Margareta Almann; 1627 wurde er in den Magistrat gewählt. Während der Belagerung seiner Vaterstadt durch Tilly im Jahre 1631 war er Ingenieur und Bauherr; bei der Zerstörung Magdeburgs geriet er in Gefangenschaft, konnte sich jedoch durch 300 Thaler Lösegeld freikaufen. Er ging darauf nach Schönebeck, wo er so arm war, daß es ihm zur großen Freude gereichte, als er einem Offizier eine Uhr reparieren durfte und er dafür ein Geschenk von einem Thaler erhielt. Bald darauf

ging er nach Braunschweig, wo er als Ingenieur bei dem Bau der Festung thätig war. Später trat er in schwedische Dienste und wurde unter Herzog Wilhelm von Sachsen-Weimar Oberingenieur in Erfurt und 1642 Oberingenieur in Magdeburg, wo sein Stiefvater Christoph Schulze königlich schwedischer Kommissar war. Am 14. September 1646 wurde er zum Bürgermeister erwählt, und er erwarb sich in diesem Amte viele Verdienste um seine Vaterstadt. Die dankbaren Bürger befreiten ihn und seine Nachkommen von allen Abgaben durch ein Diplom vom 12. Juni 1649, das sich noch heute auf der Magdeburger Stadtbibliothek befindet. Der Kaiser Leopold ehrte ihn dadurch, daß er ihn in den deutschen Reichsadel erhob. 1676 legte Guericke seine Ämter nieder und ging 1681, als in Magdeburg die Pest ausbrach, nach Hamburg zu seinem Sohne Otto. Auch hier gedachte er noch seiner Vaterstadt, denn er veranstaltete in Hamburg, Bremen und Lübeck eine Sammlung zu Gunsten der schwergeprüften Magdeburger Bürger. Er starb in Hamburg am 11. Mai 1686 und wurde in der Nikolaikirche begraben. Ob seine Leiche später nach Magdeburg übergeführt worden, ist zweifelhaft.

Schon während der Jahre 1632—1638 hatte sich Guericke mit Versuchen über den Luftdruck beschäftigt, aber 1650 erst gelang es ihm, eine brauchbare Luftpumpe herzustellen. Diese führte er 1654 auf dem Reichstage zu Regensburg dem Kaiser Ferdinand III. und den Fürsten vor. Großes Erstaunen riefen seine Halbflugeln hervor, die von sechzehn Pferden kaum auseinander gezogen werden konnten, und das von ihm erfundene Wasserbarometer, das aus zusammen-

geschraubten Metallröhren bestand und dessen oberer Teil durch eine Glasröhre gebildet wurde. 1663 verbesserte er die Luftpumpe, indem er den Stiefel vertikal stellte und den Stempel mit einem Hebel in Verbindung brachte, wodurch er leichter gehandhabt werden konnte. Eine seiner Pumpen soll sich noch heute auf der Bibliothek zu Berlin befinden. Für seine Versuche interessierte sich in Regensburg besonders Johann Philipp, Kurfürst von Mainz und Bischof von Würzburg. Dieser kaufte von Guericke die Apparate und ließ sie nach Würzburg bringen. Hierdurch wurden seine Arbeiten sehr bald den Gelehrten der Zeit bekannt, so besonders dem Jesuitenpater Karl Schott, Professor der Mathematik, der sehr viel zur Verbreitung der Guericke'schen Apparate beitrug. Durch ihn lernte Boyle sie kennen, der die Pumpe verbesserte, aber nicht erfand, wie seine Landsleute vielfach behaupten.

Aus den Versuchen mit seiner Pumpe schloß schon Guericke, daß eine Flamme ohne Luft nicht bestehen kann und daß der Schall von der Dichte der Luft abhängig ist. Das letztere bewies er durch ein Uhrwerk mit Glocke, an welchem er beobachtete, daß der Ton der Glocke um so schwächer wird, je verdünnter die Luft wird. Er fand auch, daß die Luft schwer ist und daß dieses Gewicht von der Höhe der Luft abhängig ist. Er fertigte ein Luftthermometer an, das er Wettermännchen nannte, weil die Temperatur durch eine Figur angezeigt wurde, welche auf dem Weingeist, der die halbe Röhre anfüllte, schwamm. 1661 beschreibt er in einem Briefe an Schott das von ihm erfundene Manometer, das aus einem Wagebalken besteht, an dessen einem Ende sich

eine hohle Glasfugel befindet, die durch ein Gewicht am andern Ende im Gleichgewicht gehalten wird und in einem luftverdünnten Raume um so mehr niedersinkt, je verdünnter die Luft ist.

Auch um die Elektrizitätslehre hat sich v. Guericke ein großes Verdienst erworben. Er verfertigte zuerst eine Elektrifiziermaschine, wenn auch nicht in der Art, wie sie heute gebräuchlich ist. Sein Instrument bestand aus einer Schwefelkugel, die um eine Achse drehbar war und die mit der Hand gerieben wurde. Mit dieser Maschine hat er die elektrische Anziehung beobachtet und auch die bis dahin noch nicht gekannte Abstoßung, das Knistern und Rauschen der Kugel und das Leuchten dieser im Dunkeln gefunden; eine Erklärung für diese Erscheinungen vermochte er allerdings nicht zu geben. Francis Hawksbee, der Experimentator der Royal Society in London, der die Guericke'sche Luftpumpe verbesserte, baute um das Jahr 1700 auch die Guericke'sche Elektrifiziermaschine um; er setzte die wagerechte Achse mittels einer Schwungmaschine in sehr rasche Umdrehungen und benutzte an Stelle der vollen Schwefelkugel eine hohle Glasfugel, die er bei seinen lichtelektrischen Versuchen luftleer machen oder auch mit Luft füllen konnte. Der Wittenberger Professor Matthias Bose (1710—1761) verstand es um die Mitte des 18. Jahrhunderts trefflich, die Aufmerksamkeit des Publikums auf die Elektrifiziermaschine zu lenken, und so entstand eine Zeit elektrischer Schwärmerei, deren Nachwirkung noch lange zu erkennen war. Johann Heinrich Winkler, Professor in Leipzig, führte 1744 auf Vorschlag des Drechsers Gießing das wollene oder lederne Reibzeug ein; 1745

soll er auch den Konduktor an der Maschine angebracht haben, während bis dahin meist der menschliche Körper als Konduktor gebraucht wurde.



Torricelli.

Evangelista Torricelli wurde am 15. Oktober 1608 von vornehmen Eltern geboren. Der Geburtsort ist zweifelhaft; es streiten sich um den Ruhm: Piancaldoli, Faenza und Modigliana. Den ersten Unterricht erhielt Torricelli von dem Mönche Don Jacopo, einem Bruder seiner Mutter. 1628 kam er nach Rom und wurde Schüler des Mathematikers Benedikt Castelli, eines Freundes von Galilei. Dieser empfahl ihn dem kranken Galilei, damit er ihm bei der Abfassung seiner Schriften behilflich sei. 1641 kam Torricelli nach Florenz und arbeitete mit Galilei zusammen. Nach dessen Tode erhielt er die Stelle als Mathematiker in Florenz. Viel zu früh entriß ihn der Tod seinen Arbeiten; denn er starb schon am 25. Oktober 1647. Sein Leichnam wurde in der Kollegiatenkirche von St. Lorenz beigesetzt.

Die wissenschaftlichen Arbeiten Torricellis erstrecken sich über verschiedene Gebiete. In der Statik stellte er den wichtigen Satz auf, daß zwei miteinander verbundene Körper im Gleichgewicht sind, wenn ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt durch Lagenveränderung weder gehoben noch gesenkt wird. Die galileischen Gesetze vom freien Fall versah er mit geometrischen Beweisen. Über die Wurfbewegung im luftleeren

Raum stellte er die folgenden Sätze auf: 1. „Jeder geworfene Körper beschreibt eine Parabel.“ 2. „Die Wurfweite ist bei der Elevation von 45° am größten.“ 3. „Die Wurfweite ist gleich bei den Elevationswinkeln $45^\circ + \alpha$ und $45^\circ - \alpha$.“ Da er den Widerstand der Luft zu klein annahm, so sind seine ballistischen Tafeln nicht zu gebrauchen. Torricelli stellte auch Gesetze über das Ausströmen von Flüssigkeiten auf, so z. B. das Gesetz, daß das aus einer Seitenöffnung strömende Wasser eine Parabel bildet, und daß der Parameter der Parabel am größten ist, wenn sich die Öffnung in der Mitte der Wasserhöhe befindet; er fand auch schon den wichtigen Satz, daß für gleiche Öffnungen sich die in gleichen Zeiten ausfließenden Wassermengen wie die Quadratwurzeln aus den Flüssigkeitshöhen verhalten. Am bekanntesten wurde sein Name durch den nach ihm benannten Versuch. Schon Galilei hatte erkannt, daß in einer Saugpumpe das Wasser nur 10 m hoch steigt, und erklärte die Erscheinung durch den horror vacui. Torricelli entdeckte, daß die Erscheinung auf dem Luftdruck beruhe. Um sich von der Richtigkeit seiner Ansicht zu überzeugen, ersetzte er das Wasser durch Quecksilber und ließ den bekannten Versuch 1643 durch seinen Freund Viviani ausführen. Als er ihn selbst wiederholte, bemerkte er auch schon die Schwankungen der Kuppe des Quecksilbers und die verschiedene Höhe der Säule. Er stellte fest, daß die Veränderlichkeit der Luftsäule die Ursache der Schwankungen sei, und er erfand auf diese Weise das Quecksilberbarometer.

Ferner erwarb sich Torricelli große Verdienste durch die Anfertigung von Teleskopen, die mindestens ebensogut waren

als die von Galilei hergestellten. Sein größtes Fernrohr hatte eine Brennweite von ungefähr 10 m und befindet sich heute noch im physikalischen Museum zu Florenz. Außerdem verfertigte Torricelli Mikroskoplinfen, indem er Glas zu Kügelchen schmolz.



Grimaldi.

Francesco Maria Grimaldi wurde 1618 zu Bologna geboren. Er trat in den Jesuitenorden ein und starb als Professor der Mathematik am Jesuitenkolleg zu Bologna im Jahre 1663. Er arbeitete sehr viel mit seinem Lehrer, dem Jesuiten Riccioli, zusammen und war in seinem Orden wegen seiner großen Gelehrsamkeit und seines liebenswürdigen Charakters sehr beliebt.

Mit Riccioli stellte er eine Gradmessung bei Modena an, die aber ein sehr ungenaues Resultat ergab, und beteiligte sich an den Versuchen über das Fallgesetz, die von seinem Lehrer ausgeführt wurden. Er fertigte eine Mondkarte an und führte die Sitte ein, Mondflecke mit dem Namen berühmter Männer zu belegen. Vor allem aber verdanken wir ihm die Kenntniss der Erscheinungen der Farbenzerstreuung und der Beugung des Lichtes; sein Werk, in dem er seine Entdeckungen veröffentlichte, erschien erst zwei Jahre nach seinem Tode. Seine Entdeckungen gingen an seinen Zeitgenossen zwar spurlos vorüber, aber die Nachwelt rief seinen Namen ehrenvoll ins Gedächtnis zurück, als Newton und besonders Young und Fresnel auf diesem Gebiete thätig waren.

Um die Beugung (Diffraction) zu beobachten, stellte er folgenden einfachen Versuch an. Er ließ Licht durch eine kleine Öffnung im Fensterladen eines dunkeln Zimmers auf einen schmalen Körper fallen und fing den durch letzteren gebildeten Schatten auf einer weißen Wand auf. Er bemerkte nun, daß der Schatten bedeutend größer war, als er bei einer bloß geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes sein müßte; außerdem aber sah er zu beiden Seiten des Schattens mehrmals sich wiederholende parallele farbige Streifen, welche sich auch im Schatten selbst zeigten, wenn ganz helles Sonnenlicht durch die Öffnung fiel. Ein deutlicheres und genaueres Ergebnis erzielte er, indem er den Versuch in folgender Weise änderte. Vor das Loch in dem Fensterladen befestigte er eine dünne Scheibe mit einem sehr kleinen Löchelchen und ließ durch dieses ein Bündel Sonnenstrahlen in das vollkommen dunkle Zimmer eindringen. In einiger Entfernung vom Fenster schob er eine zweite dünne Scheibe mit einem Löchelchen so in den Gang der Strahlen, daß nur die zentralen Strahlen durchgelassen wurden. Als er diese auf einem weißen Schirm auffing, erhielt er ein Lichtbild, das wieder größer war, als es bei geradliniger Fortpflanzung des Lichtes hätte sein können. In der Mitte war das Bild weiß, am Rande von zwei bis drei Reihen farbiger Streifen eingesezt. Durch seine Beobachtungen überzeugte sich Grimaldi davon, daß das Licht sich nicht allein geradlinig fortpflanzt, sondern auch bei seinem Vorbeistreichen an einem undurchsichtigen Rande sich sowohl von demselben abbiegen als auch um denselben herumbiegen kann. Er zeigte, daß dieses weder durch Reflexion, noch durch Brechung, noch durch sonst

eine bekannte Störung der Lichtfortpflanzung erklärt werden könne, und benannte die Erscheinung mit dem neuen Namen „Diffraction“. Er erklärte sie durch eine besondere Wirkung der undurchsichtigen Ränder, durch welche in dem Lichtfluidum eine eigentümliche Wellenbewegung (*undulatio*) erzeugt werde. Diese verglich er mit den Wellen, die von einem ins Wasser geworfenen Stein erregt werden. Sie bewirkt nicht bloß eine seitliche Verbreiterung des Lichtbündels, sondern auch die Färbung des Lichtes an der Außenseite.

Während diese und andere Versuche ihn auf die richtige Fährte zur Erkenntnis der Natur des Lichtes geführt hatten, legte ihm ein anderer Versuch die Thatsache der Interferenz des Lichtes nahe. Er brachte in dem Fensterladen zwei kleine Öffnungen an und fing die Bilder auf einem Schirm in solcher Entfernung auf, daß dieselben sich zu einem kleinen Teile deckten. Er bemerkte hierbei, daß die Stelle, wo beide Kreisflächen übereinander fielen, am hellsten war; der übrig bleibende Teil war matter und am Rande dunkler als in der Mitte. Auffallenderweise beobachtete er aber auch, daß die Ränder des am meisten beleuchteten mittleren Teiles dunkler waren als die Außenränder der Kreise. Er sah auch den Rand dieses mittleren Teiles eine rötliche Farbe annehmen, wenn er denselben ganz klein machte. Hieraus schloß er, daß „das Licht bisweilen eine bereits anderswoher beleuchtete Fläche dunkler machen könne“, und wies nach, daß diese Verdunkelung weder von einer Schattenbildung herkommen, noch auch von subjektiver Täuschung herrühren könne. Um sich die Verdunkelung durch Licht zu erklären, zog Grimaldi wieder die eigene Art der Wellenbewegung herbei, in

welche das Lichtfluidum beim Vorbeigehen am Rande ver-
setzt wird.

Wenn nun auch Grimaldi in den Erklärungen der von ihm beobachteten Erscheinungen sich unsern heutigen Anschauungen nähert, so ist er doch noch weit entfernt von einer richtigen Erkenntnis des Lichtes. Das weiße Sonnenlicht ist ihm ein gleichförmiges, feines Fluidum, das sich von der Sonne aus mit großer Geschwindigkeit nach allen Seiten geradlinig hinausbewegt. Farbige wird das Sonnenlicht erst, wenn es bei der Berührung mit Gegenständen, die seine Bewegung hemmen, in Wellenbewegung versetzt wird. Diese Wellenbewegung kann durch Reflexion, Brechung und Beugung erzeugt werden und erhält sich, nachdem sie einmal erzeugt worden ist. Sie kann ebenso verschiedene Formen und Abstufungen annehmen wie die verschiedenen Tonwellen im Schall. Wie beim Schall, so können auch diese Lichtwellen zu einer neuen, einheitlichen Wellenbewegung verschmelzen.

Diese Studien führten Grimaldi auch dazu, über die Farben der Körper eine Ansicht aufzustellen, die der damals herrschenden widersprach. Diese Farben sind nach ihm nicht eine den Körpern anhaftende Eigenschaft, sondern beruhen nur auf der Änderung des auffallenden Lichtes in Folge der eigentümlichen Oberflächenbeschaffenheit der Körper. Auch über die Farbenwahrnehmung äußert er sich in einer Weise, die in manchen Punkten mit der heutigen Erklärung übereinstimmt.

Grimaldi giebt sich in seinen Lichtstudien als wirklichen Forscher zu erkennen. Er stützt sich auf den Versuch. Diesen ändert er in verschiedener Weise ab, mißt und beobachtet

alles genau. Er vergleicht dann das Gefundene mit andern analogen Erscheinungen. Nachdem er die Thatsache der Beugung erkannt hatte, entdeckte er dieselbe Erscheinung wieder beim Durchgang des Lichtes durch feine Drahtgitter, durch Spinnweben u. a., bei der Reflexion des Lichtes an gerigten Metallflächen, in dem Farbenglanz der Federn am Halse der Tauben.



Mariotte.

Edme Mariotte wurde 1620 zu Bourgogne geboren. Schon sehr früh trat er in einen geistlichen Orden ein und wurde später zum Prior des Klosters Saint-Martin sur Beaume bei Dijon gewählt. Kurz nach der Gründung der Pariser Akademie wurde er als Mitglied in diese gelehrte Gesellschaft aufgenommen. Er starb am 12. Mai 1684 zu Paris.

Obwohl sich die Versuche und Arbeiten Mariottes über fast sämtliche Gebiete der Physik erstrecken, so hat er sich doch durch seine Arbeiten auf dem mechanischen Gebiete sein Hauptverdienst erworben, indem er die Lehren Galileis und Torricellis weiter entwickelte. 1679 erschien sein *Essai sur la nature de l'air*, in welchem er das nach ihm benannte Gesetz über den Zusammenhang zwischen Druck und Volumen eines Gases ausgesprochen hat. Wenn die betreffenden Versuche auch schon mehrere Jahre früher durch Boyle ausgeführt worden sind, so gebührt Mariotte doch das Verdienst, das Gesetz in der richtigen Form ausgesprochen zu haben.

Auf Grund dieses Gesetzes machte er an der Pariser Sternwarte Versuche über die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe über dem Erdboden. Er stellte hierüber auch eine Formel auf, die heute zwar nicht mehr als gültig angesehen werden kann; aber Mariotte war doch der erste, der die Möglichkeit der barometrischen Höhenmessung aussprach. Im Anschluß an diese Versuche beschäftigte sich Mariotte auch mit den Winden. Sehr unglücklich war er mit der Erklärung des Passatwindes; er glaubte, die Luft könne der schnellen Drehung der Erde von Westen nach Osten nicht folgen, sie bleibe zurück und erzeuge so einen scheinbaren Ostwind.

In seiner Arbeit *Du mouvement des eaux et des autres fluides* beschreibt er die Mariottesche Flasche, welche er erfand, um das Dasein des Luftdrucks zu erweisen. Da sie später dazu benutzt wurde, um Flüssigkeiten unter einem konstanten Druck ausfließen zu lassen, so ist sie heute ein sehr verbreiteter Apparat. In derselben Schrift bestimmt er die Menge und Geschwindigkeit einer aus einer Öffnung ausströmenden Flüssigkeit durch die Höhe der über der Öffnung stehenden Flüssigkeitssäule und durch die Größe der Öffnung. Er beobachtete dabei auch zuerst die Reibung der Flüssigkeiten in Röhren und leitete von dieser Reibung die Widersprüche ab, die sich zwischen der Theorie und der Erfahrung darbieten, namentlich auch die Erscheinung, daß die Springhöhe bei Springbrunnen immer unter der Fallhöhe bleibt. Veranlassung und Gelegenheit zu den diesbezüglichen Versuchen gaben ihm die prachtvollen Wasserkünste zu Versailles und Chantilly.

Nachdem 1668 die Preisschrift von Sir Christopher Wren, dem Erbauer der St. Paulskirche in London, über den elastischen Stoß erschienen war, führte Mariotte diese Geseze weiter aus und gab eine vollständige Entwicklung derselben. Durch diese Arbeit wurde er zur Erfindung der noch heute gebräuchlichen Perkussions- oder Stoßmaschine geführt, die aus einer Reihe nebeneinander hängender, sich berührender Eisenbeinfugeln besteht, deren Mittelpunkte in einer horizontalen geraden Linie liegen. Auch über die relative Festigkeit stellte Mariotte Versuche an. Er vervollkommnete die von Galilei angefangene Untersuchung dadurch, daß er auf die Ausdehnung der Fasern vor dem Zerbrechen Rücksicht nahm; er kam zu einer Regel, die sich der Wahrheit mehr nähert als die Galileische.

Auf optischem Gebiete ist Mariotte bekannt geworden durch die Entdeckung des blinden Flecks im Auge und durch den nach ihm benannten Versuch, die Existenz dieses Punktes zu beweisen. Er befestigte auf einer dunkeln Wand ein rundes Papierstückchen und rechts davon ein zweites. Nun schloß er das linke Auge und heftete das rechte auf das erste Papier. Bei einer bestimmten Entfernung von der Wand bemerkte er, daß das Bild des zweiten Papiers auf den Sehnerv fiel; hierbei sah er das zweite Papier verschwinden. Bei seinen optischen Untersuchungen kam Mariotte zu der Ansicht, nicht die Netzhaut, sondern die darunter liegende Aderhaut nehme die Lichtempfindung wahr. Heute noch als richtig anerkannt wird seine Erklärung der größeren Hölse an der Sonne und am Mond; er erklärt sie nämlich durch Eismadeln von regulärer dreiseitiger Prismenform, die in der Luft schweben,

und in denen das Licht zwei Brechungen und eine Rückstrahlung erleidet.

Auf dem Gebiete der strahlenden Wärme machte Mariotte ebenfalls eine wichtige Beobachtung. Er bemerkte nämlich zuerst, daß die Wärme der Sonnenstrahlen Glas so gut wie ungeschwächt durchdringt, während die Strahlen einer andern Wärmequelle fast vollständig absorbiert werden. Die Wichtigkeit dieses Versuches hat erst Melloni erkannt; Mariotte kannte sie nicht. Erwähnt sei auch noch, daß Mariotte Schießpulver dadurch zum Entzündeten brachte, daß er es in den Brennpunkt einer Linse brachte, welche er aus blasenfreiem, durchsichtigem Eise hergestellt hatte.



Pascal.

Blaise Pascal wurde am 19. Juni 1623 zu Clermont als der Sohn des Präsidenten der Steuerkammer Stephan Pascal und der Antoinette Begon geboren. Als er drei Jahre alt war, starb seine Mutter; sein Vater, der ein tüchtiger Mathematiker war, unterrichtete ihn. Da Blaise ein sehr wissensdurstiger Knabe war und sein Vater sich ganz seiner Erziehung widmen wollte, so legte dieser seine Stelle nieder und zog nach Paris. Als Blaise zwölf Jahre alt war, schrieb er eine Abhandlung über den Klang, der entsteht, wenn man mit dem Messer an eine Porzellanschüssel schlägt, und der sofort verstummt, sobald man die Hand an die Schüssel legt. Sein Vater wollte ihn vor allen Dingen in fremden Sprachen

unterrichten, hielt ihn vom Studium der Mathematik zurück und verbot sogar seinen Freunden, mit Blaise über Mathematik zu sprechen. Eines Tages bemerkte er, daß Blaise mit einem Kohlenstift auf dem Boden geometrische Figuren zeichnete und sich mit dem Auffinden des Verhältnisses der Figuren zu einander beschäftigte; er hatte ohne jede Hilfe den Satz gefunden, daß die Dreieckswinkel zusammen zwei Rechte betragen. Der Vater gab dem Sohne nun die Werke Euklids, die Blaise ohne Anleitung vollständig durchstudierte. Im 16. Jahre schrieb er eine Abhandlung über Kegelschnitte, die Cartesius und andere Gelehrte seinem Vater zuschrieben, da sie nicht glauben wollten, daß ein so junger Mann eine so scharfsinnige Arbeit verfassen könnte. Später studierte Pascal hauptsächlich die alten Sprachen und nahm an den gelehrten Versammlungen seines Vaters teil. Das angestrengte Studium griff seine Gesundheit jedoch sehr an, so daß er vom 18. Jahre an bis zu seinem Tode kränkelte. Im Alter von 19 Jahren erfand er eine Rechenmaschine, die großes Aufsehen erregte; mit dieser konnte man addieren und subtrahieren. Hierdurch wurde Leibniz angeregt, eine ähnliche Maschine zu konstruieren, mit der man auch multiplizieren und dividieren konnte. Der Leibnizsche Apparat, der bis in die neueste Zeit niemals richtig funktionierte, weil er zwar theoretisch ohne Fehler, aber von dem Mechaniker mangelhaft ausgeführt war, ist vor kurzem erst durch den Ingenieur Burkhardt in Glashütte in Gang gebracht worden. Als der Vater Pascals nach Rouen übergesiedelt war, wo er in der Justiz- und Finanzverwaltung beschäftigt wurde, hörte Blaise von den Versuchen Galileis und Torricellis, und er wollte den

Toricellischen Versuch im großen wiederholen. Er füllte eine lange Röhre mit Wasser oder Rotwein, tauchte sie in dieselbe Flüssigkeit ein und fand, daß die Säule eine Höhe von ungefähr 10 m erreichte. Er veröffentlichte seinen Versuch in einer kleinen Schrift: *Expériences nouvelles touchant le vide* (1647), in welcher er die Erscheinung durch den *horror vacui* erklärte. Im selben Jahre noch erfuhr er die Erklärung Torricellis, und er wiederholte den Versuch mit Quecksilber. Er schloß aus diesem Versuche, daß die Höhe der Flüssigkeitssäule auf Bergen eine andere sein müsse als im Thale; nach andern Angaben soll Cartesius ihn auf diesen Gedanken gebracht haben. Da Pascal selbst keine Gelegenheit hatte, sich von der Richtigkeit seiner Annahme durch den Versuch zu überzeugen, so schrieb er seinem Schwager Périer in Clermont, er möchte sich auf den *Puy de Dôme* begeben und dort den Stand der Quecksilbersäule beobachten. Am 19. September 1648 führte dieser in Verbindung mit dem Pater Chastin, der unten im Thale beobachtete, den Auftrag aus und gab Pascal hierüber genauen Bescheid; Pascal veröffentlichte den Versuch in seiner Schrift *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs* (1648). Später wiederholte Pascal selbst den Versuch in Paris auf dem Turm *St. Jacques de la Boucherie*, und auf seine Veranlassung wurden die Versuche in Paris, Clermont und Stockholm von andern Physikern wiederholt. Zur Messung des Höhenunterschiedes durch die Quecksilbersäule fehlte ihm noch die Kenntniß von der Abhängigkeit zwischen Abnahme des Drucks und der Höhe. Die Lehre vom Luftdruck entwickelte Pascal vollständig in einem kleinen Werke, das erst

nach seinem Tode erschien; hierin erklärte er schon die Erscheinungen bei der Pumpe, der Spritze, dem Heber und dem Barometer.

Vom Jahre 1650 an zog sich Pascal ganz von der Wissenschaft zurück und beschäftigte sich fast ausschließlich mit dem Lesen erbaulicher Schriften und der Bibel. Sein körperlicher Zustand wurde immer schlimmer, so daß er nur noch Flüssigkeiten tropfenweise zu sich nehmen konnte. Seine Melancholie erreichte den Höhepunkt, als im Oktober 1654 die Pferde auf der Brücke von Neuilly mit ihm durchgingen und er fast wie durch ein Wunder gerettet wurde. Am 23. November 1654 bezog er eine Wohnung in der Nähe von Port Royal, wo er in Verkehr mit den Jansenisten trat. Aus diesem Verkehr entsprang seine Schrift gegen die Jesuiten, die er unter dem Namen Louis de Montalte herausgab, die heute kurz genannten Lettres provinciales. In einer schlaflosen Nacht des Jahres 1658 beschäftigte er sich mit der Cycloide oder Roulette, wie er sie nennt; er entdeckte mehrere Eigenschaften derselben und machte sie bekannt unter dem Pseudonym Amos Dettonville, einer anagrammatischen Verstellung von Louis de Montalte. In der Mathematik lebt sein Name außerdem noch fort durch den von ihm gefundenen Satz: „Verlängert man in einem Sehnenssechseck je zwei gegenüberliegende Seiten bis zum Schnitt, so liegen die drei Durchschnittpunkte in einer Geraden.“

Pascal starb am 19. August 1662 im Alter von nur 39 Jahren, mit den Worten: „Que Dieu ne m'abandonne pas.“

Robert Boyle.

Robert Boyle wurde am 25. Januar 1627 zu Lismore Castle in der Provinz Munster in Irland geboren. Sein Vater war Richard Boyle, Graf von Cork, ein Freund Cromwells; seine Mutter Catherine war die einzige Tochter Sir Geoffroy Fentons, des Staatssekretärs von Irland. In seiner Kindheit lernte Boyle Französisch und Latein, und im achten Jahre kam er schon in das Kollegium von Eton. Hier wurde er nach streng anglikanischen Grundsätzen erzogen; diese Erziehung übte einen bleibenden Einfluß auf ihn aus. In Eton blieb er drei Jahre und reiste dann mit einem Hofmeister durch Frankreich, Italien und die Schweiz. 1641 bis 1642 studierte er in Florenz die Schriften Galileis, der um dieselbe Zeit starb. Als Boyle 1644 nach England zurückkehrte, war sein Vater inzwischen gestorben, und er nahm deshalb seinen Wohnsitz auf einem Landgut bei Stalbridge in Dorsetshire. Zuerst beschäftigte er sich hier mit Philosophie und Theologie; für letztere schwärmte er sein ganzes Leben lang und studierte deshalb mehrere orientalische Sprachen, um die Bibel im Urtext lesen zu können. Später ließ er sogar die Bibel ins Irische, Gälische, Malayische und Türkische auf seine Kosten übersetzen. 1654 zog er nach Oxford, wo er bei dem Apotheker Croß wohnte, in dessen Hause die Zusammenkünfte der gelehrten Gesellschaft „Das unsichtbare Kollegium“ waren. An diesen nahm Boyle fleißig teil und wurde dadurch hauptsächlich auf seine chemischen und physikalischen Untersuchungen gebracht. 1660 veröffentlichte er seine erste Schrift: „Neue Experimente über die Elastizität

der Luft“. Als 1663 aus dem „Unsichtbaren Kollegium“ die Royal Society hervorging, wurde Boyle Mitglied dieser Gesellschaft. 1668 zog er nach London und wohnte dort im Hause seiner älteren Schwester, Lady Banelagh. 1680 wurde er zum Präsidenten der Royal Society gewählt; er aber lehnte diese Ehre ab. Von 1690 an fühlte er sich sehr schwach, so daß er sich von allem Verkehr zurückzog. Am 23. Dezember 1691 starb seine Schwester, und er folgte ihr schon am 30. Dezember desselben Jahres. Am 7. Januar 1692 wurde er auf dem Kirchhof zu St. Martin beigesetzt. Sein Vermögen bestimmte er zur Abhaltung von Vorlesungen über die Wahrheit des Christentums; seine Naturaliensammlung hinterließ er der Royal Society.

Als bedeutender Physiker, der besonders neue Ansichten entwickelt hat, ist Boyle nicht zu betrachten, wohl aber als tüchtiger Experimentator, der an dem Herbeischaffen des erforderlichen Erfahrungsmaterials und den Fortschritten der Experimentalphysik einen wesentlichen Anteil gehabt hat. Seine Schriften wurden 1744 gesammelt unter dem Titel: „Philosophische und chemische Werke“. 1659 verbesserte er mit Hilfe von Robert Hooke die von Guericke erfundene Luftpumpe durch Anbringen eines Hahnes; auf Veranlassung von Papin brachte er den Zeller an der Pumpe an (1681), und später erfand er die Luftpumpe mit doppeltem Stiefel und die Kompressionspumpe. Mit seiner Luftpumpe wiederholte er die von den verschiedenen Physikern gemachten Versuche über luftförmige Körper und veröffentlichte sie. Er bemerkte zuerst, daß warmes Wasser, dessen Temperatur unter dem Siedepunkt liegt, unter dem Rezipienten anfängt zu kochen. Be-

sonders wichtig ist das von ihm gefundene Gesetz, welches heute allerdings den Namen Mariottes trägt, daß sich die Luft nach dem Verhältnis der zusammendrückenden Kräfte verdichtet; sein Schüler Richard Townley sprach jedoch diese Thatsache in der Form einer allgemeinen Regel aus. Er bestimmte das spezifische Gewicht der Luft zu $\frac{1}{998}$ und das des Quecksilbers zu $13\frac{3}{4}$.

Auch auf dem Gebiete der Wärmelehre stellte Boyle neue Versuche an, so über Wärmeerregung durch Aneinanderreiben von Körpern und bei chemischen Prozessen, bei denen keine Verbrennung vor sich geht. Er fand, daß Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt und daß das Eis, ohne zu schmelzen, verdunstet. Von seinen optischen Untersuchungen sind bemerkenswert seine Bemerkungen über die Farben dünner Blättchen, die man an Seifenblasen und an der Oberfläche geschmolzenen Bleies wahrnimmt. Ferner beobachtete er zuerst, daß Goldplättchen bei durchgelassenem und bei reflektiertem Lichte verschiedene Farben zeigen. Sonderbar ist seine Erklärung der Elektrizität; er glaubte, daß aus einem elektrischen Körper ein flebriger Stoff ausfließe, der zu dem Körper wieder zurückkehre und dabei leichte Körper mit sich reiße.

Auch in der Chemie hat Boyle sich einen Namen erworben durch Auffinden des Phosphors, durch Darstellung von Holzessig und Holzgeist, durch Darstellung von Wasserstoff vermittelt Begießen von Eisen mit Schwefelsäure und durch Darstellung von Kohlensäure aus Austernschalen und Essig. Zu seinen interessantesten Untersuchungen gehört die über den Salzgehalt des Meeres; er wies nach, daß das Meerwasser in allen Tiefen dieselbe Menge Salz enthält,

während man bis dahin geglaubt hatte, daß das Meer bloß an der Oberfläche salzig sei. Er gab schon eine Definition des Unterschiedes von Mischung und Verbindung. Unter Verbindung versteht er eine so innige Aueinanderlagerung der Bestandteile, daß die Eigenschaften der Bestandteile nicht mehr wahrgenommen werden können. In den Stoffen nahm er eine lebhafte Bewegung der Atome an, deren Ursprung er allerdings in einem unmittelbaren Eingreifen Gottes sieht.



Huygens.

Christian Huygens wurde am 14. April 1629 im Haag geboren. Er war der Sohn des Konstantin Huygens, eines wohlhabenden Mannes, der die Stelle eines Kabinettsrates des Hauses Oranien bekleidete, und der Susanne van Baerle. Sein Vater, der als tüchtiger Mathematiker bekannt war, unterrichtete ihn in der Mathematik und Maschinentechnik. Schon in der Jugend zeigte er die später so stark entwickelte Befähigung, die Theorie zur Konstruktion wichtiger Apparate und Maschinen anzuwenden. In mehreren holländischen Museen befinden sich Modelle, die er im 10. Lebensjahre angefertigt hat. Vom 16. Jahre an besuchte er die Universitäten Leiden und Breda, wo er besonders Jura studierte. Später begleitete er den Grafen Heinrich von Nassau auf dessen Reisen und promovierte 1655 zum Doctor iuris in Angers. Er machte mehrmals Reisen nach Frankreich und England und wurde 1663 Mitglied der Royal Society. 1665 nahm er einen Ruf nach

Paris an und wurde dort Mitglied der kurz vorher gegründeten Akademie. Da er große Gesellschaften nicht liebte, so führte er in Paris ein sehr zurückgezogenes Leben, nur seinen Wissenschaften und Erfindungen lebend. 1681 nahm er seinen Abschied, weil ihn die Mißhandlung seiner protestantischen Glaubensgenossen empörte, obwohl man bei ihm eine Ausnahme machte und ihm freie Religionsübung und ungestörten Aufenthalt in Frankreich zugesichert hatte. Er ging nach Holland zurück, wo er sich nur noch mit der Herausgabe seiner Werke beschäftigte. Infolge von Überanstrengung und unangenehmen Familienverhältnissen nahmen seine Verstandeskkräfte vom Anfang des Jahres 1695 an schnell ab; er vermachte seine Manuscripte der Universität Leiden und starb am 8. Juni 1695.

1651 verfaßte Huygens eine Abhandlung über die Quadratur der Kegelschnitte und später eine über die Wahrscheinlichkeit beim Würfelspiel. Von 1655 an beschäftigte er sich mit der Verbesserung der Teleskope und machte hierdurch eine Reihe astronomischer Entdeckungen. Am 25. März 1655 entdeckte er einen Saturnmond, suchte jedoch nach keinem zweiten, weil er glaubte, daß die Zahl der Monde nicht größer sein könnte als die der Planeten. Er fand auch bald nachher, daß der Saturn von einem Ring umgeben sei. 1657 erschien von ihm eine kleine Abhandlung, *Horologium*, in welcher die Beschreibung der von ihm erfundenen Pendeluhr enthalten ist. In einer späteren Abhandlung, *Horologium oscillatorium*, findet sich seine bedeutendste Leistung in der Mechanik, nämlich das Problem des physischen Pendels. In derselben Arbeit beschreibt er auch das von ihm erfundene

Reversionspendel und das Cykloidenpendel, dessen Faden sich auf einer Cykloide auf- und abwickelt. Auch zeigt er sich in diesem Werke als Begründer der Evolutentheorie der Kurven; er stellte den Satz auf, daß die Cykloide ihre eigene Evolute sei. 1675 veröffentlichte er seine Erfindung der Unruhe in den Taschenuhren; auch verfaßte er eine kleine Abhandlung über die Bestimmung der geographischen Länge zur See mit Hilfe der Uhr. Eine ähnliche Vorrichtung wie die Unruhe erdachte Robert Hooke schon 1658 und nach Huygens auch Abbé Hautefeuille.

Aus der Beobachtung, die der französische Astronom Richer gemacht hatte, daß das Sekundenpendel in Cayenne kürzer sei als in Paris, schloß Huygens, daß die Schwerkraft am Äquator geringer sei als unter höheren Breiten. Auch die Abplattung der Erde machte er durch ein Experiment klar; er steckte eine weiche Thonkugel auf eine Achse und versetzte sie in schnelle Drehung.

Zu erwähnen ist auch das von ihm erfundene Doppelbarometer. Es hat die Form eines Heberbarometers, dessen beide Schenkel an den Stellen, wo die Bewegung des Quecksilbers stattfindet, eine gleich große Erweiterung besitzen. Über dem kürzeren Ende verengt sich die Röhre wieder, welche oben offen ist und eine Flüssigkeit enthält, die nicht gefriert und das Quecksilber nicht auflöst, nämlich verdünnte Salpetersäure. Wenn nun das Quecksilber in der geschlossenen Röhre fällt, so steigt es ebensoviele in dem erweiterten Teil der offenen Röhre und treibt dadurch die Salpetersäure bedeutend in die Höhe. Diese Vorrichtung aber erwies sich wegen der Verdunstung der Säure, deren Adhäsion an der

Röhre und deren Volumenveränderung durch die Wärme als unzuverlässig.

1690 erschien seine Abhandlung über das Licht. In dieser sind das Gesetz über die Doppelbrechung und die ersten Anfänge der Polarisation zu finden. Auch legte er in dieser Schrift schon den Grund zur heutigen Undulationstheorie, welche damals durch die entgegengesetzte Ansicht Newtons nicht zur Geltung kam.



Van Leeuwenhoek.

Antony van Leeuwenhoek wurde am 24. Oktober 1632 zu Delft geboren. Er verlor seinen Vater sehr früh und wurde von seiner Mutter in das Knabenpensionat zu Warmond bei Leiden geschickt. Nach einem kurzen Aufenthalt bei seinem Onkel, der Advokat in Benthuisen war, ging er in ein Schnittwarengeschäft zu Amsterdam. Dort fing seine Liebhaberei für mikroskopische Untersuchungen an. Er zog bald nachher in seine Vaterstadt, wo er zuerst als Privatmann lebte und später Kammerhüter der Schöffenkammer wurde. 39 Jahre lang verwaltete er dieses Amt; in den letzten Jahren lebte er nur seinen Studien und starb am 26. August 1723.

Bis in sein hohes Alter behielt Leeuwenhoek seine Geistesfrische und seine scharfen Augen, was besonders bei seiner Beschäftigung auffällt. Man erzählt von ihm, daß er noch als alter Mann goldene Kettchen angefertigt habe, um Flöhe daran zu legen. Da er kein Latein verstand, so konnte er

kaum in der damaligen Zeit wissenschaftliche Werke lesen; er war also vollständig Autodidakt und verfiel deshalb auch in die Selbstüberhebung, die diesen Leuten vielfach eigen ist. Er war zu seiner Zeit sehr geehrt, so daß Kaiser Karl VI. und Peter der Große ihn baten, nach Haag bezw. Petersburg zu kommen. Die Universität Löwen ließ eine silberne Denkmünze schlagen mit Leeuwenhoeks Bild auf der einen Seite, auf der andern Seite mit der Umschrift: „Mit Kleinem bist du beschäftigt, aber klein ist nicht dein Ruhm.“ 1679 wurde er zum Mitglied der Royal Society gewählt, und seine Vaterstadt setzte ihm ein prachtvolles Denkmal in der Hauptkirche.

Seinen großen Ruf verdankt Leeuwenhoek der Kunst, Mikroskope herzustellen, und seiner Fertigkeit, Gebrauch von diesen zu machen. Die ersten zusammengesetzten Mikroskope verfertigten die beiden Janssen, Vater und Sohn, aus Middelburg; später erst kamen die einfachen in Gebrauch, welche Nahseher oder Flohgläser genannt wurden. Die einfachen Mikroskope wurden besonders durch Leeuwenhoek verbessert. Sein Mikroskop bestand zuerst nur aus zwei aufeinander gelegten Metallplatten, die in einer Vertiefung die Linse enthielten, und aus einem Objektträger. Er verfertigte auch Mikroskope, in denen zwei Linsen nebeneinander angebracht waren, um mit beiden Augen einen und denselben Gegenstand besser beobachten oder um zwei verschiedene Gegenstände miteinander vergleichen zu können. Außerdem verfertigte er zusammengesetzte Mikroskope mit zwei oder drei Linsen. Entweder waren seine Mikroskope für durchfallendes Licht bestimmt, aber ohne Spiegel, oder für auffallendes Licht, wobei

die Linse im Mittelpunkt eines Hohlspiegels, einer kleinen polierten Schüssel aus Messing, lag; die letztere Art wurde von Leeuwenhoek eingeführt. Die Vergrößerung war verschieden; das Mikroskop, das sich noch heute im physikalischen Kabinett von Utrecht befindet, soll 270mal vergrößern. Die Linsen schliiff Leeuwenhoek selbst, entweder aus Glas oder aus Bergkrystall. Als er starb, hinterließ er 247 vollständige Mikroskope und 172 Linsen, die in Platten eingespannt waren. Außer Utrecht besitzt auch die Anatomie von Leiden noch eines seiner Mikroskope.

Mit seinen Instrumenten sah Leeuwenhoek viele Dinge, die vor ihm kein anderer gesehen hatte. So entdeckte er unter anderem die Infusorien, welche er in einem Aufguß von Wasser auf Pfeffer fand; er sah zuerst den Süßwasserpolypp und die Rädertierchen; er entdeckte die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Blattläuse und erkannte zuerst die Entstehungsurache der Galläpfel. Von höchster Bedeutung sind auch seine anatomischen Untersuchungen. Er bemerkte, daß die Blutkörperchen ein wesentlicher Bestandteil des Blutes sind; 1688 entdeckte er die Haargefäße und die Bewegung des Blutes in denselben, und zwar in dem Schwanz und den Kiemen der Kaulquappe. Er sah die feinen Lücken in den Knochen und die Querstreifung der animalischen Muskeln. Auch für die Botanik leistete er Bedeutendes, da er die Spiralgefäße, die Treppengänge und die Tüpfelgefäße entdeckte und den Unterschied des Baues beim monokotylen und dikotylen Stamm beschrieb.

Hooke.

Robert Hooke wurde am 18. Juli 1635 zu Freshwater auf der Insel Wight geboren. Sein Vater, der Prediger war, hatte ihn für den geistlichen Stand bestimmt und ließ ihn daher, nachdem er ihm selbst den ersten Unterricht erteilt hatte, eine Lateinschule besuchen. Da Hooke jedoch von Jugend an sehr schwach und kränklich war, nahmen ihn seine Eltern von der Schule. Sich selbst überlassen, machte er allerlei Erfindungen, so unter anderem eine hölzerne Uhr. Sein Vater wollte ihn deshalb einem Uhrmacher in die Lehre geben; aber dieser Plan wurde bald aufgegeben, ebenso der andere, ihn zum Maler auszubilden. Später schickte ihn sein Vater in die Westminster'schule, wo er besonders im Euklid bedeutende Fortschritte zeigte. Im Jahre 1653 bezog er die Universität Oxford und wurde hier Assistent des Chemikers Willis und später des berühmten Robert Boyle. Mit Boyle arbeitete er mehrere Jahre zusammen und unterstützte diesen namentlich bei den Versuchen mit der Luftpumpe. Hooke soll es gewesen sein, der die zweistielige Pumpe konstruierte. In den Jahren 1656—1658 erfand er die Spiralfeder an der Unruhe der Taschenuhren; bis dahin hatte die Federkraft in den sogenannten Nürnberger Eiern nur zum Erzeugen der Bewegung gedient, als Regulator war sie jedoch noch nicht gebraucht worden. Da es Hooke unterließ, sich auf seine Erfindung ein Patent zu nehmen, so blieb sie unbekannt, und dadurch kam es, daß Hooke nachher mit Huygens, der 1675 dieselbe Erfindung machte, in Streit geriet. Hooke behauptete später auch, daß er 1660 schon das Zentrifugalpendel zur

Regulierung der Uhren erfunden habe, während Huygens diese Erfindung erst im Jahre 1673 in seinem *Horologium oscillatorium* veröffentlichte. Am 3. Juni 1663 wurde Hooke zum Mitglied der Royal Society gewählt, wobei ihm der sonst übliche Beitrag wegen seiner schlechten Vermögensverhältnisse erlassen wurde. 1664 bewilligte die Gesellschaft ihm sogar ein festes Gehalt unter der Bedingung, daß er die in den Sitzungen begehrten Experimente mache. Im selben Jahre wurde ihm von Sir John Cutler ein Gehalt ausgesetzt, um Vorlesungen über Mechanik zu halten, und er wurde Professor der Geometrie am Gresham College. 1664 wandte Hooke die Schraube zur Teilung astronomischer Winkelinstrumente an; ohne von der Erfindung anderer zu wissen, ersann er den Nonius, die Anwendung des Fernrohrs zu kleinen Winkelmessungen und den Gebrauch des Fadent Kreuzes in den Fernröhren. Am 28. November 1666 erfand er die Weingeistlibelle, die bedeutend besser ist als die von dem Franzosen Picard 1684 erfundene Wasserlibelle. Im Jahre 1670 zeigte er der Royal Society ein von ihm erfundenes Registrierombrometer, das die Menge des gefallenen Regens selbstthätig angab, und am 5. Februar 1674 ein von ihm ausgeführtes Gregorjshes Spiegelteleskop mit durchbohrtem Objektivspiegel. Am 28. Juni 1675 legte er ein Blendglas für Fernröhren vor. Dieses bestand aus zwei Planspiegeln, zwischen welchen das Licht so oft reflektierte, bis es einen für das Auge erträglichen Grad von Schwäche erlangt hatte. Diese Blende wird heute kaum noch gebraucht, weil die farbigen Gläser einfacher sind; den Vorzug hat sie aber vor diesen farbigen Gläsern, daß sie das Licht schwächt, ohne es

zu färben. Der von dem Franzosen Chappe im Jahre 1792 dem Nationalkonvent vorgeführte optische Zeichentelegraph ist auch schon von Hooke erfunden worden, ohne jedoch bei den Zeitgenossen Anklang zu finden. Im Jahre 1691 legte er die Beschreibung eines Tiefenmessers vor, ferner die eines andern Instrumentes, um Wasser und andere Gegenstände vom Meeresboden heraufzuholen. Auch gab er eine Art Minimumthermometer an, um die niedrigste Temperatur in der Meerestiefe zu beobachten, und ein Verfahren, die Taucherglocke mit Luft zu versorgen.

Als Vorläufer Newtons zeigt sich Hooke in seiner 1674 erschienenen kleinen Schrift „Ein Versuch, die Bewegung der Erde zu beweisen“. In dieser stellt er folgende drei Hauptsätze auf: 1. „Alle Himmelskörper besitzen nicht bloß Schwerkraft oder Anziehung gegen ihren eigenen Mittelpunkt hin, sondern sie wirken auch innerhalb ihres Wirkungskreises gegeneinander anziehend.“ 2. „Alle Körper, welche eine einfache und geradlinige Bewegung besitzen, bewegen sich in dieser geraden Linie so lange, bis eine Kraft sie ablenkt, und dann beschreiben sie einen Kreis oder eine Ellipse. 3. „Die Anziehungskraft der Himmelskörper aufeinander ist um so größer, je kleiner ihre Entfernung ist.“

Von großem Interesse sind auch die optischen Arbeiten Hooles. Hierhin gehören die Arbeiten über die Farben dünner Blättchen und ihre Periodizität in dem Maße, wie die Dicke der Blättchen sich allmählich ändert. Er beobachtete diese Farben zuerst an Glimmerblättchen, während Boyle sie vorher nur an Seifenblasen gesehen hatte; später brachte Hooke sie auch zwischen zwei Prismen hervor, die er aufeinander drückte, und von

denen das eine schwach konvex war. Im Jahre 1675 legte er der Royal Society eine Arbeit über die Beugung des Lichtes vor, in welcher er zu denselben Resultaten kam wie Grimaldi zehn Jahre vorher. Interessant ist in dieser Schrift besonders folgender Satz: „Die Bewegung des Lichtes in einem gleichförmigen Mittel pflanzt sich durch einfache und gleichförmige Wellen fort, deren Schwingungen auf der Richtung der Fortpflanzung senkrecht stehen.“ Erst Fresnel zeigte, daß die Polarisation unbedingt eine transversale Schwingungsrichtung erfordert.

Von geringerer Wichtigkeit sind die Arbeiten Hooke's über Glashränen, Haarröhrchen, Luftwägung und seine Fallversuche zur Ermittlung der Rotation der Erde.

Hooke war ein tief denkender, scharf beobachtender und höchst erfindungsreicher Kopf; hätte er seine Geisteskräfte mehr auf einen Gegenstand gerichtet, so würde er unstreitig einen noch höheren Rang als Physiker einnehmen. Er war, wie es oft mit kränklichen Personen der Fall ist, sehr reizbar und eigensinnig und lag fortwährend mit jemand in Streit, entweder mit Huygens, Newton, dem deutschen Astronomen Hevel oder der ganzen Royal Society. Wie sehr ihn aber diese Gesellschaft trotz seiner Fehler achtete, geht daraus hervor, daß er 1678 zum Sekretär gewählt und ihm 1696 eine bedeutende Summe bewilligt wurde, um größere Experimente anzustellen.

Hooke arbeitete und studierte sehr angestrengt bis in sein hohes Alter und verbrachte ganze Nächte am Schreibtisch, so daß er oft gegen Morgen angekleidet sein Lager aufsuchte. Er starb am 3. März 1703 zu London.

Newton.

Isaak Newton wurde am Weihnachtsfeste 1642 in Woolsthorpe im Kirchspiel Colsterworth bei Grantham in Lincolnshire geboren. Sein Vater, der vor Isaaks Geburt starb, trug denselben Namen; die Mutter war Harriet Ayscough. Die außerordentlich schwache Konstitution des Knaben rief in der Familie große Beängstigung hervor; wunderbar genug sollte aber dieser gebrechliche Körper nicht nur einem der tüchtigsten Geister, die je gelebt, zur Hülle dienen, sondern auch ein Alter erreichen, das weit über die gewöhnliche Dauer des menschlichen Lebens hinausging. Als seine Mutter sich mit Barnabas Smith, dem Pfarrer von North Witham in der Nähe von Woolsthorpe, zum zweitenmal verheiratete, brachte sie ihren Sohn zu seiner Großmutter, die ihm in der Dorfschule den ersten Unterricht erteilen ließ. Im 12. Jahre kam er nach Grantham zum Apotheker Clark, der ihn in die öffentliche Schule schickte. Zuerst ging es mit dem Lernen nicht besonders gut. Als ihm aber ein besserer Schüler einen Schlag versetzt hatte, beschloß er, sich an ihm zu rächen, indem er seinen Platz einnehmen wollte. Er arbeitete deshalb von nun an mit großem Eifer, so daß er bald der Erste seiner Klasse wurde und blieb. In seiner freien Zeit verfertigte er zu Hause allerhand Maschinen, so unter andern eine Wasseruhr, welche durch den Stoß eines fallenden Wassertropfens getrieben wurde und lange der Familie Clark als Uhr diente. Ferner konstruirte er eine sehr künstliche Windmühle, einen durch ein Räderwerk bewegbaren Wagen und mehrere Sonnenuhren, von denen eine von dem Hause in

Woolsthorpe abgelöst und in den Räumen der Royal Society niedergelegt worden ist. Als sein Stiefvater 1656 gestorben war, kehrte er mit seiner Mutter, die in ärmlichen Verhältnissen lebte, nach seinem Geburtsdorfe zurück, da er das Gut bewirtschaften sollte. Seine Mutter überzeugte sich jedoch bald davon, daß er hierzu nicht taugte. Ihr Bruder nahm sich seiner an, und so wurde er wieder nach Grantham geschickt, von wo er 1660 auf das Trinity College in Cambridge ging. Hier studierte er unter anderem die mathematischen Schriften des Cartesius, besonders die Anwendung der Algebra auf Geometrie, und die Optik Keplers. 1665 bewarb er sich um eine Adjunktenstelle an der Universität; jedoch ein anderer Bewerber wurde ihm vorgezogen. In demselben Jahre erhielt er das Baccalaureat. Nachdem er verschiedene Universitätsgrade nacheinander erworben hatte, wurde er 1669 an Barrows Stelle Professor der Mathematik in Cambridge. Barrow hat sich in der Physik ein Denkmal dadurch gesetzt, daß er das Problem der Brennpunkte sowohl für parallel als nicht parallel auffallende Strahlen für Linsen von allen Gestalten zuerst löste. Newton hatte ein Werk Barrows über Optik und Geometrie durchgesehen und verbessert. Seine Stelle als Professor in Cambridge bekleidete er über dreißig Jahre, und er genoß großes Ansehen unter den dortigen Professoren. Am 11. Januar 1672 wurde er Mitglied der Royal Society durch die Anfertigung des Spiegelteleskops; auch ihm mußte wie Hooke der übliche Eintrittsbeitrag erlassen werden, da er ein sehr geringes Einkommen hatte. Als König Jakob II. das Kollegium von Cambridge zwingen wollte, einen Benediktinermönch als Magister aufzunehmen, wurde

Newton als Abgesandter zum König erwählt. Da er sich besonders fest gegen den Willen des Königs gezeigt hatte, wurde er 1688 als Vertreter ins Parlament gewählt. Hier allerdings soll er nur einmal das Wort ergriffen haben: er forderte einen Thürsteher auf, ein Fenster zu schließen. Als er im Winter 1692—1693 eines Tages aus der Kapelle zurückkam, hatte sein Lieblingshündchen „Diamant“ ein Licht auf dem Schreibtisch umgeworfen, wodurch mehrere wissenschaftliche Arbeiten in Brand gerieten. Durch den Verlust soll Newton für eine kurze Zeit geistesgestört geworden sein.

Aus seinen bedrängten Verhältnissen kam Newton 1695 durch Karl Montague, den späteren Lord Halifax, der früher sein Schüler in Cambridge gewesen war und zu dieser Zeit das Amt eines Kanzlers der Schatzkammer bekleidete. Dieser ernannte Newton zum Münzaufseher; die Stelle war freilich nur eine untergeordnete, aber sie brachte ihm 400—500 Pfd. Sterling ein, und nebenbei konnte er ungestört seine Vorlesungen halten. Da der Gelehrte dieses Amt mit größter Umsicht verwaltete, wurde er 1699 Münzmeister und war somit auf einmal aller materiellen Sorgen enthoben, da sein Einkommen 1200—1500 Pfd. Sterling betrug. In dieser Stellung machte sich Newton um das Münzwesen sehr verdient, denn er ließ die Münzen umprägen und auf ihren früheren Wert zurückführen. In demselben Jahre wurde er auswärtiges Mitglied der Pariser Akademie, 1701 wieder Abgeordneter der Universität Cambridge und 1703 Präsident der Royal Society; 1705 erhielt er von der Königin Anna die Ritterwürde.

In den letzten 20 Jahren seines Lebens, nach Niederlegung seiner Professur, lebte er meist in Kensington in der

Nähe von London bei seiner Nichte Katharina Barton, der Witwe des Obersten Barton, die zum zweitenmal mit Herrn Conduit verheiratet war. Als Gesellschafter war Newton wenig angenehm, da er zurückhaltend und ängstlich war. Als er später hoher Staatsbeamter war, verstand er es jedoch ganz gut, sich den Verhältnissen anzupassen und ein Haus zu führen, welches seiner Stellung entsprach. Er war aber durchaus nicht verschwenderisch, denn er hinterließ seinen Verwandten ein Vermögen von 32 000 Pfd. Sterling. 1722 befiel ihn ein Blasenleiden; hierzu gesellte sich später Lungenentzündung, welcher er am 20. März 1727 erlag. Er wurde mit großem Pomp in der Westminsterabtei begraben; die Vornehmsten des Hofes trugen das Leichentuch. 1731 wurde ihm hier von seinen Erben ein prächtiges Standbild errichtet. Auf den Reliefbildern sind Jünglinge mit verschiedenen Emblemen dargestellt; der eine hält ein Prisma, der andere ein Spiegelteleskop, der dritte wägt die Sonne und die Planeten mit einer Schnellwage, und zwei andere sind mit Münzen beladen. Der Schluß der Inschrift des Denkmals lautet: „Glücklich können sich die Sterblichen schätzen, daß eine solche Zierde des Menschengeschlechts gelebt hat.“ In demselben Jahre wurde ihm zu Ehren eine Denkmünze geschlagen, und 1755 wurde ihm eine Marmorstatue in der Vorhalle des Trinity College errichtet. Sein Geburtshaus kam in die Hände des Edmund Turnor von Stoke Rocheford, der dort 1798 eine Marmortafel anbringen ließ, auf der es zum Schluß heißt: „Die Natur und ihre Geseze lagen in Nacht verborgen, aber Gott sagte: ‚Newton soll leben‘, und es wurde Licht.“

Die Hauptleistungen Newtons fallen in das Gebiet der Optik, Mechanik, Astronomie und Mathematik. Durch die Untersuchungen des Cartesius wußte Newton schon, daß durch ein Prisma das Sonnenlicht zerstreut wird. Als er nun Versuche mit einem Prisma anstellte, fiel ihm zunächst die Verlängerung des prismatischen Bildes oder Spektrums, wie er es schon nennt, auf. Als er hinter dem ersten Prisma ein zweites in umgekehrter Lage anbrachte, fand er, daß das lange Farbenbild auf ein kleines farbloses Sonnenbild zurückgeführt wurde, als ob die Strahlen gar nicht durch Glas gegangen wären. Beim dritten Hauptversuch stellte er hinter das erste Prisma ein Brett mit einem kleinen Loch, und in 3—4 m Entfernung davon ein zweites Brett mit einem gleichen Loch und dahinter wieder ein Prisma. Vermöge dieser Vorrichtung mußten die vom ersten Prisma kommenden Strahlen immer unter denselben Winkeln auf das zweite fallen. Durch eine kleine Drehung des ersten Prismas brachte er es dahin, daß nacheinander ein violetter, blauer, gelber und roter Strahl auf das zweite Prisma fiel; dabei beobachtete er, daß der violette Strahl am stärksten gebrochen wurde. Aus diesen Untersuchungen schloß er, daß das Sonnenlicht aus unzählig vielen Lichtstrahlen von verschiedener Brechbarkeit zusammengesetzt sei, und daß zu demselben Grade von Brechbarkeit immer eine und dieselbe Farbe gehört. Da er durch Linsen ebenfalls zerstreutes Licht erhielt und noch keine achromatischen Linsen durch Zusammensetzung verschiedener Linsen kannte, so dachte er daran, die Refraktoren durch Reflektoren zu ersetzen. Er bemühte sich deshalb, das Gregorysche Teleskop zu verbessern; Anfang 1668 führte er das erste

Spiegelteleskop aus. Ein verbessertes fertigte er bald nachher an und schickte es an die Royal Society, in deren Bibliothek es sich noch heute befindet. Diese Erfindung verschaffte ihm die Aufnahme in die gelehrte Gesellschaft. Seine optischen Untersuchungen veröffentlichte er 1672 in der periodischen Zeitschrift, die den Titel „Philosophische Abhandlungen“ führt. Sie erwarben ihm eifrige Bewunderer, doch in der ersten Zeit mehr Gegner als Anhänger. Besonders Hooke und Huygens widerstritten seiner Ansicht, da sie nach der Undulationstheorie die Erscheinungen noch nicht erklären konnten, während es Newton mit Hilfe der Emanationstheorie gelang.

Am 9. Dezember 1675 teilte er seine zweite Hauptuntersuchung aus der Optik mit, nämlich seine Abhandlung über die Farben dünner Blättchen, mit denen sich auch schon Boyle und Hooke beschäftigt hatten. Um die Farbenringe nachzuweisen, legte er auf die ebene Fläche einer plankonveren Linse eine bikonverge und fand, daß die breitesten Ringe sich im roten, die schmalsten im violetten Lichte zeigten. Bei Anwendung des weißen Lichtes überdeckten sich teilweise die einzelnen Ringe, und er erhielt verschiedene Mischfarben. Diese Ringe sind heute unter dem Namen Newtonsche Farbenringe bekannt. Eine genügende Erklärung dieser Erscheinung gab Newton nicht, da er sie mit Hilfe seiner Hypothese eben nicht erklären konnte. Durch seine Arbeiten über diese Erscheinung kam er in erbitterten Streit mit Hooke, so daß er beschloß, zu Lebzeiten dieses Gelehrten nichts mehr über Optik zu schreiben. Er hielt an seinem Entschlusse fest, und so erschien denn seine nächste optische Schrift „Optik“ erst im Jahre 1704. Da es damals noch zur Verbreitung eines

Werkes beitrug, wenn es lateinisch geschrieben war, so übertrug Newton diese Übersetzung einem Dr. Clarke, der sie zu seiner Zufriedenheit ausführte. In seiner „Optik“ hat Newton alles gesammelt und geordnet, was er in diesem Zweige der Physik geleistet hat.

Als Newton 1666 wegen der Pest, die in Cambridge herrschte, sich in seiner Heimat aufhielt, soll er durch das Fallen eines Apfels zum Nachdenken über die Gravitation veranlaßt worden sein; die Sage ist hauptsächlich durch Voltaire verbreitet worden, der sie von Newtons Richte erhalten haben will. Aus dem dritten Keplerschen Gesetze folgerte Newton, daß die Anziehungskraft zweier Körper umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung sei. Bei seinen diesbezüglichen Versuchen fand er bei dem Mangel an genügenden Hilfsmitteln für den Fallraum eine Zahl, die bedeutend von der allgemein angenommenen abwich; er ließ deshalb für eine lange Zeit diese Untersuchungen ruhen. 1679 gab er der Royal Society ein Mittel an, um die Umdrehungsbewegung der Erde nachzuweisen; er behauptete, daß ein von der Spitze eines hohen Turmes herabfallender Körper an den Fußpunkten der Senkrechten ankommen würde, wenn die Erde in Ruhe wäre, dagegen östlich von diesem Punkte, wenn sie sich bewege. Die Versuche, welche Hooke auf Veranlassung der Royal Society anstellte, gaben kein genügendes Resultat, da die Fallhöhe nur 9 m betrug. Erst in neuerer Zeit, 1832, sind die Ansichten Newtons bestätigt worden, und zwar durch den Versuch von Ferdinand Reich im Drei-Brüder-Schacht bei Freiberg bei einer Fallhöhe von über 150 m.

Durch eine Bemerkung Hookees wurde Newton veranlaßt, die Bahn der Planeten nicht als Kreis, sondern als Ellipse anzunehmen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Auch wies er nach, daß die Kometen sich in Kegelschnitten bewegen und durch dieselbe Kraft in ihrer Bahn erhalten werden wie die Planeten. Als Newton 1682 von den Resultaten der Picardschen Gradmessung vom Jahre 1679 hörte, nahm er seine Untersuchungen über Gravitation wieder auf und fand, daß mit Hilfe dieser Daten sich seine Theorie bestätigen würde. Als er die Berechnung fast zu Ende geführt hatte, befiel ihn eine so große Aufregung, daß er einen Freund beauftragen mußte, die Rechnung zu prüfen. Am 28. April 1686 legte er seine Arbeit über diesen Gegenstand, „Mathematische Prinzipien der natürlichen Philosophie“, der Royal Society vor. Diese ließ die Schrift auf ihre Kosten drucken. Das Werk ist nichts anderes als ein Lehrbuch der Mechanik, aber in einer Vollkommenheit, wie es die Welt bis dahin noch nicht gesehen hatte. Nach mehreren einleitenden Gesetzen und Aufgaben zeigt Newton in dieser Arbeit, daß das zweite und dritte Keplersche Gesetz notwendige Folgen des allgemeinen Gravitationsgesetzes sind, welches lautet: „Die Körper ziehen sich an direkt wie ihre Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen.“ Unter anderem giebt Newton in diesem Werke auch an, daß die Achsen des Erdsphäroids sich wie 229 : 230 verhalten. Auch legte er den ersten Grund zur Theorie der Bewegung des Mondes, die eine der schwierigsten Aufgaben der Astronomie ist. Die mechanisch = astronomischen Theorien Newtons fanden zuerst wenig Anflang, da noch zu sehr die Ansicht des Cartesius

verbreitet war, nach der die Weltkörper sich in Wirbeln im Weltfluidum bewegen sollen. Besonders widerstritten ihm Leibniz, Huygens und Bernoulli. In Holland führte 'sGravesande und in Frankreich Maupertuis seine Lehre ein; in England fand sie später Anklang als auf dem Kontinente.

Die Newtonsche Mechanik erforderte die Anwendung bedeutender mathematischer Hilfsmittel; besonders benutzte Newton die von ihm erfundene Fluxionsrechnung, welche im wesentlichen mit der Differentialrechnung von Leibniz übereinstimmt. Mit Leibniz führte er lange Zeit Streit über die Priorität der Erfindung. Leibniz muß jedenfalls das Verdienst zuerkannt werden, daß er zur Ausbildung der Analysis des Unendlichen am meisten beigetragen hat. Ein besonderes mathematisches Werk gab Newton nicht heraus; seine Abhandlungen finden sich zerstreut in mehreren andern Schriften, so z. B. die erste über Fluxionen in der „Optik“. Newton kam auf diese Theorie durch die Schriften von Wallis, indem er zuerst den binomischen Lehrsatz entwickelte und die Fluxionen zur Rektifikation und Quadratur von Kurven benutzte.

Zum Schluß sei noch einiges von dem erwähnt, was Newton auf andern Gebieten der Physik geleistet hat. Er bediente sich eines Thermometers, das mit Leinöl gefüllt war und zwei feste Punkte hatte: die Temperatur des schmelzenden Schnees und die des menschlichen Körpers; den Abstand teilte er in zwölf gleiche Teile. Er gab ein Verfahren an, mittels eines solchen Thermometers auch hohe Temperaturen zu messen. Um die Temperatur einer rotglühenden Eisenstange zu bestimmen, legte er sie auf eine zweckmäßige Unterlage an einen Ort, wo beständig ein kalter Luftstrom über

sie gehen mußte, und beobachtete die Zeit des Erkaltens. Um nun aus diesen Beobachtungen die ursprüngliche Temperatur der Stange zu finden, stellte er das Gesetz auf, daß der Wärmeverlust, welchen ein Körper innerhalb einer kurzen Zeit erleidet, proportional seiner Wärme sei. Dieses Gesetz ist ungefähr richtig und ergiebt annähernd genaue Resultate.

Im Jahre 1675 machte er der Royal Society die Mitteilung, daß eine Glasscheibe, die durch eine Unterlage ein wenig vom Tische entfernt gehalten wird, zwischen sich und dem Tische leichte Papierstückchen in Bewegung setzt, wenn man ihre Oberfläche reibt. Führt man mit dem Finger auf der Oberfläche des Glases hin und her, so bewegen sich die Papierstückchen in derselben Richtung. Newton scheint also der erste gewesen zu sein, welcher die elektrische Ladung einer Glasplatte bemerkte. Nach seiner Ansicht wirkten Magnete umgekehrt wie die Kluben der Entfernung aufeinander ein.

In der Akustik hat sich Newton dadurch verdient gemacht, daß er aus theoretischen Prinzipien einen mathematischen Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft aufstellte.

Newton beobachtete auch, daß ein aus einer Öffnung hervorschießender Wasserstrahl sich in einiger Entfernung von der Öffnung zusammenzieht. Er erklärte diese Erscheinung aus der Bewegung der Wasserteilchen vor dem Ausfluß nach dem Mittelpunkt der Öffnung und gab für die Ausflusgeschwindigkeit den Ausdruck $v = m\sqrt{2gh}$ an, während Torricelli die Formel $v = \sqrt{2gh}$ angegeben hatte.

Römer.

Olof oder Olaus Römer wurde am 25. September 1644 zu Aarhus geboren. Er war der Schüler des Erasmus Bartholinus, welcher Mathematik und Medizin an der Universität in Kopenhagen lehrte und zuerst die Doppelbrechung des Kalkspates genauer untersuchte. Römer zeigte ein bedeutendes Talent für Mathematik und Astronomie, so daß ihn sein Lehrer als Gehilfen benutzte. Durch Bartholinus wurde er mit Picard befannt, dem Prior zu Millé in Anjou, der Gradmessungen zwischen Malvoisine und Amiens und zwischen Malvoisine und Sourton ausführte, die genauer waren als alle früheren. Auf Veranlassung von Picard kam Römer 1671 nach Paris, wo er bis 1681 Lehrer des Dauphins war und eines der ersten Mitglieder der neu gegründeten Akademie wurde. Von 1672—1676 beobachtete er die Jupitertrabanten mit Cassini, dem Vorsteher der Pariser Sternwarte. Sie fanden, daß der Zeitraum zwischen zwei Eintritten des ersten Trabanten in den Schatten des Jupiters oder den Austritten aus demselben Veränderungen unterliege. Römer stellte fest, daß die Periode sich verringert, wenn die Erde sich gegen den Jupiter bewegt, und umgekehrt sich vergrößert, wenn sie sich vom Jupiter entfernt. Am 9. November 1676 fand er, daß der Austritt aus dem Schatten um 10' später erfolgte, als es im August desselben Jahres der Fall gewesen war. Hieraus schloß er, daß das Licht Zeit gebrauche, um sich fortzupflanzen, obwohl Cassini, der anfangs derselben Meinung war, dies bestritt. Römer berechnete die Geschwindigkeit des Lichtes zu 42 000 Meilen. Seine Ansicht fand bald

allgemeinen Anflug, besonders da sie durch Huygens und Newton unterstützt wurde. Römers Entdeckung kam Huygens sehr zu statten, da es ihm bei seinen Betrachtungen des Lichtes höchst erwünscht war, eine direkte Messung der Geschwindigkeit desselben zu haben, und sie bildet daher in Huygens' Arbeit einen der Ausgangspunkte der Betrachtung.

1674 entdeckte Römer die Epicykloide, und 1675 legte er eine Abhandlung vor, in welcher er zeigte, daß diese die vorteilhafteste Gestalt für die Zähne der Zahnräder sei.

Als das Edikt von Nantes aufgehoben wurde, kehrte Römer in sein Vaterland zurück, wo ihn Friedrich IV. besonders liebevoll aufnahm und ihm den Titel eines königlichen Professors verlieh. Er wurde Professor in Kopenhagen und später Staatsrat und Bürgermeister dieser Stadt, welches Amt er fünf Jahre lang zur größten Zufriedenheit verwaltete. Hier erfand er den Meridiankreis, welcher heute auf allen Sternwarten gebraucht wird, und er setzte es durch, daß im Jahre 1710 der Gregorianische Kalender in Dänemark eingeführt wurde. Er starb am 9. September 1710. Seine Manuscripte gingen fast alle verloren durch den Brand, der am 20. Oktober 1728 die Kopenhagener Sternwarte vernichtete.



Papin.

Denis Papin wurde am 22. August 1647 zu Blois geboren. Sein Vater, ein protestantischer Arzt, schickte ihn auf die Jesuitenschule seiner Vaterstadt und zur Universität Angers.

Nachdem er sich den medizinischen Doctorhut erworben hatte, ging Papin nach Paris, wo er mit Huygens und Leibniz bekannt wurde. Huygens arbeitete zu jener Zeit mit der Luftpumpe; Papin nahm an diesen Arbeiten teil und verfertigte eine verbesserte Pumpe, bei welcher schon der doppelt durchbohrte Hahn verwendet wurde. Der Verkehr mit Huygens bestärkte ihn in seinem Vorhaben, seinen Beruf aufzugeben und sich ganz der Physik zu widmen. Während seines Aufenthaltes in England arbeitete er mit Boyle zusammen und konstruierte die erste zweistiefelige Luftpumpe. 1680 wurde er Mitglied der Royal Society und widmete bald darauf der Gesellschaft eine Schrift, in welcher seine neueste Erfindung, der sogen. Papinsche Topf oder Digestor, wie er ihn nannte, beschrieben wurde. Nicht bloß für die Küche ist diese Erfindung wichtig, sondern vor allen Dingen dadurch, daß sie die erste Vorrichtung mit einem Sicherheitsventil enthält. 1685 ließ Papin Luft durch eine Pfeife in einen ausgepumpten Ballon treten und beobachtete dabei, daß der Ton desto schwächer wurde, je mehr man den Ballon ausgepumpt hatte. Nach einem kurzen Aufenthalt in Venedig wurde Papin 1687 vom Landgrafen von Hessen nach Marburg als Professor der Mathematik berufen. In Marburg erfand er die Zentrifugalpumpe, ein Taucherschiff und vor allem seine Dampfmaschine, indem er bei der Huygensschen Pulvermaschine das Pulver durch Wasserdampf ersetzte. Papin leitete den Dampf nur unter den Kolben; durch Entfernen des Feuers wurde der Dampf wieder verdichtet, und der Kolben ging durch die Schwere und den Luftdruck in seine alte Lage zurück. Nach jahrelangen Versuchen war es ihm

auch endlich gelungen, ein Schiff zu bauen, in welchem die Ruder und Segel durch eine Maschine ersetzt wurden, die jedoch sehr unvollkommen war, so daß Papin wohl kaum als Erfinder der Dampfschiffe angesehen werden kann. Am 24. September 1707 fuhr Papin mit diesem Räderboot von Kassel, wohin er von Marburg übergesiedelt war, nach Münden. Die Mündener Schiffer, welche ihr Privileg verletzt glaubten und die Konkurrenz dieses neuen Schiffes fürchteten, zerstörten sein Werk in ihrer blinden Wut vollständig. Der arme Mann, welcher seine letzten Mittel an die Konstruktion des Bootes gelegt hatte, sah sich ins Elend gestoßen und um seinen wohlverdienten Ruhm gebracht. Er ging deshalb nach London zurück, wo er eine neue Stelle zu finden hoffte. Da sein Gönner Boyle indes gestorben war, gelang ihm dies nicht, und er starb mittellos und unbekannt in London gegen 1710 oder 1712.



Graham.

George Graham wurde 1675 zu Horsgills bei Kirkcubright in Cumberland geboren. Er stammte von armen Eltern und kam 1688 zu dem berühmten Uhrmacher Tompion, der 1675 die erste Taschenuhr mit Hooke'scher Spiralfeder anfertigte, in die Lehre. Tompion faßte ein ganz besonderes Interesse für ihn, nahm ihn in sein Haus auf und behandelte ihn wie seinen Sohn. Graham hatte eine wunderbare Geschicklichkeit in der Anfertigung genauer Meßinstrumente und ver-

sorgte besonders die Greenwicher Sternwarte mit Instrumenten, die seinerzeit sehr berühmt waren. So baute er für Greenwich einen großen Mauerquadranten, den er mit eigener Hand theilte, und den großen Sektor, mit welchem Bradley die Aberration der Fixsterne entdeckte. Für Lord Orrery baute er ein Planetarium; von jener Zeit an dienten diese häufig als Zierde des Bibliothekszimmers englischer Aristokraten und heißen deshalb Orreries. Außerdem verfertigte er einen Theil der Meßinstrumente, namentlich Uhren, welche die Franzosen zu ihrer Gradmessung in Lappland benutzten.

Mit seiner Handfertigkeit und seinem mechanischen Talent verband Graham große Kenntnisse in der Physik und Astronomie. 1715 kam Graham auf den Gedanken, ob nicht in der ungleichen Ausdehnung der Metalle eine Abhilfe für den unregelmäßigen Gang der Pendeluhren zu finden sei. Er hatte also schon die Idee des Kospendels, jedoch kam er zu keinem Resultat und ließ die Sache bis zum Jahre 1721 ruhen, in welchem er die große Ausdehnung des Quecksilbers kennen lernte. Dies brachte ihn auf die Quecksilberkompensation. 1722 konstruirte er die erste Uhr, die mit einem solchen Pendel versehen war; er beobachtete sie drei Jahre lang, während welcher Zeit die Uhr einen bewundernswürdig regelmäßigen Gang zeigte. 1726 entschloß er sich endlich, seine Erfindung in der Zeitschrift „Philosophische Abhandlungen“ bekannt zu machen. Unterdessen hatte 1725 der Uhrmacher John Harrison, der Sohn eines Spinnermeisters zu Foulby in Yorkshire, das Kospendel erfunden, das aus neun miteinander verbundenen Stangen bestand, die abwechselnd aus Messing und Eisen waren. Harrison

ist derselbe, der 1735 eine tragbare Uhr konstruierte, mit welcher man im Stande war, die geographische Länge auf dem Meere genau zu bestimmen, und für welche er einen vom englischen Parlament ausgesetzten Preis von 10 000 Pfd. Sterl. erhielt. Die Uhren wurden von Graham wesentlich verbessert und zwar dadurch, daß er die ruhende Hemmung, den sogen. Graham'schen Anker, in denselben anbrachte.

Im Jahre 1722 entdeckte Graham die tägliche Veränderung der magnetischen Deklination, da er fand, daß die Stellung der Magnetnadel nicht nur von Tag zu Tag, sondern auch von Stunde zu Stunde wechselt. Er setzte seine Beobachtungen eine längere Zeit fort und machte mehr als 1000 Beobachtungen, ohne jedoch eine Gesetzmäßigkeit in den Bewegungen der Nadel zu entdecken. Die einzige Regel, die er fand, bestand darin, daß die Deklination zwischen 12 und 4 Uhr nachmittags am größten und zwischen 6 und 7 Uhr nachmittags am kleinsten sei. Celsius bestimmte die Zeiten des Minimums und Maximums richtig auf 9 Uhr vormittags und 3 Uhr nachmittags. Graham verfolgte das Phänomen auch bei der Inklination, wozu er sich eigens ein Inklinatorium anfertigte; für diese und die Intensität ließ sich aber keine ähnliche Gesetzmäßigkeit nachweisen.

Durch die großen Verdienste Graham's wurde die Royal Society bewogen, den Uhrmacher und Mechaniker zu ihrem Mitglied zu ernennen. Graham starb am 20. November 1751 zu London und wurde in der Westminsterabtei an der Seite seines Meisters und Freundes Tompion beigesetzt.

Réaumur.

René Antoine Ferchault, Seigneur de Réaumur, geboren am 28. Februar 1683 zu La Rochelle, studierte anfangs Jura, wandte sich jedoch bald der Physik und den beschreibenden Naturwissenschaften zu. In seiner ersten Arbeit, 1709, wies er nach, daß die Schalen der Muscheln aus Saft gebildet werden, den die Tiere selbst bereiten. Er interessierte sich auch besonders für den mathematisch genauen und regelmäßigen Bau der Bienenzellen und berechnete die Winkel und Flächen derselben. Auch den Bitterrochen untersuchte er; seine Bewegungen führte er auf eine Thätigkeit der Muskeln zurück, da er das elektrische Organ des Fisches noch nicht erkannte. Um die Technik machte er sich verdient durch die Erfindung des nach ihm benannten Porzellans. Sein Name ist am meisten dadurch bekannt geworden, daß er an einem Weingeistthermometer die festen Punkte zu 0° und 80° bestimmte; seine Arbeit hierüber veröffentlichte er 1730. Er starb am 17. Oktober 1757 auf seinem Landgut Vermondière in der Grafschaft Maine als Mitglied der Akademie. Seine Thermometereinteilung hat sich am längsten in Deutschland erhalten, wo sie beim Volke noch heute vielfach gebraucht wird, während sie in den Schulen und in der Wissenschaft durch die hunderttheilige ersetzt worden ist.

Fahrenheit.

Daniel Gabriel Fahrenheit wurde am 14. Mai 1686 zu Danzig als Sohn eines Kaufmanns geboren, der ihn für denselben Stand ausbilden lassen wollte. In dieser Absicht wurde er 1701 nach Amsterdam geschickt, wo er sich jedoch mehr mit Physik und Naturwissenschaften als mit seinem Berufe beschäftigte. Um seine Kenntnisse zu erweitern, machte er mehrfache Reisen nach England, Frankreich und Deutschland. Größtenteils lebte er in Holland, wo er 1736 starb.

Schon als junger Mann wurde er berühmt durch die Anfertigung von Thermometern, die die ersten völlig vergleichbaren waren. Er füllte seine Thermometer zuerst mit Weingeist; später erst hat er diesen durch Quecksilber ersetzt. Auch die nach ihm benannte Gradeinteilung gebrauchte er noch nicht in seinen ersten Apparaten. 1724 führte er folgende drei feste Punkte ein: 1) die Temperatur eines Gemisches von Eis, Wasser, Salmiak oder Kochsalz als Nullpunkt, welche zufällig mit der stärksten Kälte in Danzig im Jahre 1709 übereinstimmte; 2) die Temperatur des Gefrierens des Wassers als 32° und 3) die Temperatur im Innern des Mundes oder einer der Achselhöhlen zu 96° . Den Siedepunkt des Wassers benutzte er nicht zur Einteilung. Seine Einteilung ist heute noch in England, dessen Kolonien und in Nordamerika gebräuchlich.

Durch seine Beschäftigung mit dem Thermometer machte Fahrenheit zuerst die Beobachtung, daß der Siedepunkt des Wassers von dem Barometerstand abhängig sei. Hierdurch kam er auf die Erfindung des Thermobarometers oder Hypso-

meters. Dieses war ein Thermometer, dessen Röhre unten die gewöhnliche Skala 0—96° hatte, oben aber nicht die Siedetemperatur, sondern die jedem Siedepunkt entsprechende Barometerhöhe angab; es wird heute noch zu Höhenmessungen benutzt. Am 21. März 1721 machte er die Entdeckung des Unterkühlens von Wasser, d. h. der Abkühlung von Wasser unter den Gefrierpunkt ohne Erstarrung. Fahrenheit war der erste, welcher dem Gewichtsaräometer die heutige zweckmäßige Gestalt verlieh, indem er oben den Teller hinzusetzte. Es ist das Muster aller späteren Aräometer geworden, auch das des jetzt meist gebrauchten von Nicholson, welches dieser 1787 beschrieb; das Nicholsonsche Aräometer weicht nur in der äußeren Gestalt von seinem Vorbild ab.



Bradley.

James Bradley, 1692 zu Sherborne in der Grafschaft Gloucestershire geboren, wurde 1721 Professor der Astronomie zu Oxford. Als er 1725 die Sternwarte des Samuel Molineux zu Kew bei London besuchte, fand er mit Molineux, daß der Stern γ draconis südlicher stand als einen Monat vorher. Anfangs schrieben die beiden Forscher dies einem Beobachtungsfehler zu, aber bald fanden sie, daß der Stern innerhalb eines Jahres eine ganz regelmäßige Bewegung machte, nämlich eine Ellipse beschrieb. Als Molineux gestorben war, setzte Bradley seine Beobachtungen zu Wanstead in Essex fort, und 1728 gab er die Erklärung des Phäno-

mens. Es beruht darauf, daß das Fernrohr nur dann den wahren Ort des Sterns angiebt, wenn die Bewegung der Erde mit der Richtung des Lichtes vom Stern zusammenfällt. Da die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne ihre Richtung stetig ändert und das Fernrohr dementsprechend gedreht werden muß, so scheint es, als ob der Stern eine periodische Änderung seiner Lage vollführe. Die scheinbare Bewegung der Fixsterne hatten schon vor Bradley Hooke und Picard gesehen, aber Bradley fand erst die Erklärung durch die sogen. Aberration des Lichtes. Diese Erscheinung ist für die Physik besonders deshalb wichtig, weil mit ihr die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes gemessen werden kann, und darin ein Beweis von der Bewegung der Erde enthalten ist.

Nach Halley's Tode im Jahre 1742 wurde Bradley dessen Nachfolger an der Sternwarte zu Greenwich, welche Stelle er bis zu seinem Tode bekleidete. Die wichtigste Arbeit, die er in Greenwich vollendete, war die über die Nutation der Erdschse, d. h. die Schwankung der Erdschse infolge der vom Monde auf die äquatorialen Teile der Erdschse ausgeübte Anziehungskraft. 1748 veröffentlichte er seine Schrift über diese Erscheinung, an deren Schluß er die Vermutung ausspricht, daß sich das ganze Sonnensystem im Weltraum bewege. Dieselbe Vermutung sprach auch 1783 der Astronom Herschel aus.

Bradley starb als Mitglied der Royal Society am 13. Juli 1762 zu Chelford in der Grafschaft Gloucestershire.

Celsius.

Anders Celsius wurde am 27. November 1701 zu Upsala geboren und war später Professor der Astronomie in seiner Vaterstadt. Im Jahre 1736 nahm er teil an der Gradmessung, welche Maupertius in Lappland ausführte. 1740 machte er seine Beobachtungen über die tägliche Veränderung der Declination bekannt, welche er zum erstenmal richtig bestimmte. Als 1741 Olaf Peter Hjorter die starke Bewegung der Magnetnadel beim Erscheinen des Polarlichtes beobachtete, stellte auch Celsius darüber Versuche an und fand, daß das Polarlicht die Ursache der Schwankungen sei. Die hunderttheilige Thermometerskala wurde auf Veranlassung von Celsius eingeführt, jedoch in umgekehrter Reihenfolge, während die schon seit langer Zeit in Frankreich und heute auch fast in allen Ländern bei wissenschaftlichen Arbeiten gebräuchliche Einteilung von dem Stockholmer Professor Strömer herrührt. Auch für die Einführung des Gregorianischen Kalenders in den protestantischen Ländern hat Celsius viel gethan. Er starb am 25. April 1744 zu Upsala.



Newcomen, Cawley und Savery.

Thomas Newcomen und John Cawley lebten um das Jahr 1700 zu Dartmouth; der erstere war ein Eisenhändler, der zweite ein Glasermeister. Sie machten viele Versuche über die Anwendung des Dampfes als bewegende Kraft und

kannten Papin's Vorschlag, den Dampf auf einen Stempel wirken zu lassen. Obgleich Hooke ihre Arbeiten für nutzlos erklärte, ließen sie sich in ihren Versuchen nicht stören und sahen sie endlich mit solchem Erfolg gekrönt, daß sie ein Patent auf ihre Erfindung der Dampfmaschine zu nehmen wagen konnten. Allein ein Patent von Thomas Savery stand ihnen im Wege.

Savery wurde um das Jahr 1650 zu Shilston geboren und war Bergbeamter in Cornwallis. Er erhielt auf seine Dampfmaschine, in welcher die Kondensation des Dampfes durch Abkühlung des Zylinders mit kaltem Wasser beschleunigt wurde, im Jahre 1698 ein Patent. Mit Savery einigten sich nun Newcomen und Cawley und sie nahmen 1705 gemeinschaftlich ein Patent auf ihre Erfindung. Diese Maschine ist die erste, die man in Wahrheit eine Dampfmaschine nennen kann. Sie gehört zur Klasse derjenigen, die man heute atmosphärische nennt. Während Papin den Kolben durch den unter ihm gebildeten Dampf heben und durch Kondensation des Dampfes senken wollte, beabsichtigte Newcomen nur die letzte Bewegung durch Dampf hervorzubringen. Die aufgehende Bewegung des Kolbens bewirkte Newcomen durch ein Gegengewicht, welches mittels eines Hebels oder Balanciers den Stempel in die Höhe zog. Um den Dampfzylinder abzukühlen, entfernte Papin das Feuer, Newcomen dagegen wandte wie Savery ein viel wirksameres Mittel an, nämlich kaltes Wasser, welches er auf den Zylinder fließen ließ. Später ersetzten die Erfinder die äußere Abkühlung des Zylinders durch Einspritzen des Wassers in den Zylinder, wodurch der Dampf schneller verdichtet wurde und

die Maschine rascher und gleichmäßiger arbeitete. Die Bewegung der Hähne, welche den Ein- und Ausfluß des Wassers regulierten, wurde zuerst durch Menschenhand bewerkstelligt. Humphry Potter bemerkte, daß das Drehen der Hähne mit der Bewegung des Balancier's in einem notwendigen Zusammenhang stand. Er faßte deshalb den Gedanken, beide durch Bindfäden zu verknüpfen, so daß die Maschine selbst das Öffnen und Schließen der Hähne besorgte. Der Wert dieser Erfindung wurde sogleich erkannt, und man brachte statt der Bindfäden ein Gestänge an.

Sechs Jahre verstrichen noch nach Ausfertigung des Patentes, ehe Newcomen im stande war, seine Maschine derartig zu bauen, daß sie Verwendung in der Technik fand. 1748 wurde eine seiner Maschinen durch den Oberst Schuyler in den Kupfergruben bei Newark aufgestellt, welche bis zum Jahre 1774 die einzige Dampfmaschine in der Neuen Welt blieb. Sie besaß einen aufrecht stehenden, topfartigen Kessel von ungefähr 3 m Weite und Höhe, welcher heute noch in einer Newarker Maschinenfabrik als historische Merkwürdigkeit aufbewahrt wird. Die Newcomenschen Maschinen wurden vollständig verdrängt durch die verbesserte Maschine von Watt.



v. Kleist.

Ewald Jürgen v. Kleist wurde am 10. Juni 1700 auf dem Rittersitz Biehow bei Belgard in Pommern als Sohn des Landrats von Belgard geboren, besuchte das Gymnasium

zu Neustettin und studierte von 1718 an in Danzig und Leiden die Rechte. Als er in seine Heimat zurückkehrte, verzichtete sein Vetter, der Oberstleutnant Andreas Joachim v. Kleist, zu seinen Gunsten auf die Stelle als Dechant beim Kamminer Domkapitel, die er für seine Verdienste im Kriege erhalten hatte. 1722 trat Ewald v. Kleist diese Stelle an, die ihm große Einkünfte brachte. Er beschäftigte sich von jetzt ab nur noch mit juristischen und physikalischen Studien. Am 11. Oktober 1745 steckte er einen Nagel in ein Medizinglas und hielt denselben an eine Elektrifiziermaschine. Als er den Nagel mit der Hand herausholen wollte, erhielt er einen so heftigen Schlag, wie er ihn vorher niemals bemerkt hatte. Er fand, daß die Wirkung noch stärker war, wenn das Glas zum Teil mit Quecksilber oder Weingeist gefüllt war. Kleist teilte diese Beobachtungen verschiedenen Bekannten mit, so auch dem Professor Krüger in Halle, der 1746 die erste Nachricht über die Entdeckung Kleists veröffentlichte. Wenige Monate später trat ein Privatmann aus Leiden, Cunäus, der bei dem Physiker Musschenbroek arbeitete, mit derselben Erfindung hervor. Ob Cunäus den Apparat selbst erfunden hat oder ob Kleist seinen Studienfreunden in Leiden auch von seiner Entdeckung erzählt hat, ist nicht genau festgestellt. Der Abbé Nollet, Physiker zu Paris, gab der Verstärkungsflasche den noch heute gebräuchlichen Namen „Leidener Flasche“. Professor Winkler in Leipzig führte den äußeren Beleg der Flasche ein; an dieser Flasche bemerkte der Pariser Professor Le Monnier (1717—1799) zuerst, daß der äußere Beleg abgeleitet sein muß, wenn eine Wirkung erzielt werden soll. Der Londoner Arzt und Apotheker William Watson (1715

bis 1787) stellte die Flaschen zuerst mit einem inneren und äußeren Belege her. Eine richtige Vorstellung von dem Prozeß des Ladens und Entladens der Flasche hatte er jedoch auch noch nicht; die Erklärung der Erscheinung gab erst Benjamin Franklin.

Im Jahre 1747 wurde Kleist zum Präsidenten des königlichen Hofgerichts in Köslin in Hinterpommern ernannt und starb daselbst am 10. Dezember 1748.



Franklin.

Benjamin Franklin wurde am 17. Januar 1706 zu Governors Island bei Boston als Sohn des armen Seifensieders Josias Franklin geboren. In seinem zehnten Jahre mußte er die Lateinschule wegen der zu hohen Kosten verlassen und kam zuerst in das Geschäft seines Vaters und dann zu seinem Bruder James, der eine Buchdruckerei in Boston besaß. Dieser gründete 1721 eine Zeitung, und Benjamin schrieb nach seiner Arbeit in der Setzerei Artikel für dieselbe, die er unter falschem Namen seinem Bruder schickte. Als sein Vater und Bruder erfuhren, daß er sie verfaßt hatte, waren sie mit seiner neuen Beschäftigung wenig einverstanden und machten ihm das Leben so sauer, daß er 1723 das Geschäft seines Bruders verließ und nach Philadelphia ging. Von dort begab er sich nach England, um sich in seinem Berufe zu vervollkommen. Nach Amerika zurückgekehrt, gründete er in Philadelphia eine eigene Druckerei

und Papierfabrik und gab eine Zeitung heraus. In dieser veröffentlichte er seine Aufsätze, welche ihn bald als politischen Schriftsteller bekannt und beliebt machten. Außerdem hatte seine Zeitung den Zweck, das Volk mit den Errungenschaften der Wissenschaft bekannt zu machen. Bald nachher schloß sich Franklin mit mehreren Männern zu einer wissenschaftlichen Gesellschaft zusammen, welche sich verpflichteten, ihre Kenntnisse einander mitzuteilen, und sich die Anschaffung einer Bibliothek vor allem angelegen sein ließen.

Als Franklin sich einiges Vermögen erworben hatte, beschäftigte er sich fast nur noch mit Politik und den Wissenschaften, besonders aber mit Elektrizität. Mit diesem Zweige der Physik wurde er 1746 zuerst bekannt, als er der Vorführung einiger elektrischer Versuche durch den Schotten Dr. Spence beiwohnte. Auf Grund seiner elektrischen Untersuchungen kam Franklin auf den Gedanken, daß die von dem elektrischen Funken erregten Wirkungen dieselben seien wie die durch den Blitz hervorgerufenen. Dieser Gedanke war zwar kein neuer, denn schon 1698 hatten der Engländer Wall und später der Leipziger Professor Winkler ihn ausgesprochen, aber Franklin bestätigte diese Vermutung durch einen Versuch. Zu diesem Zwecke begab er sich am 22. Juni 1752 während eines Gewitters mit seinem Sohne auf das Feld. Sein Sohn trug einen Papierdrachen, der oben in eine Metallspitze endigte und an dessen Schnur ein Schlüssel befestigt war. Von diesem Schlüssel ging eine isolierende starke Seidenschnur zur Hand. Franklin ließ den Drachen steigen und zog aus dem Schlüssel einen elektrischen Funken, der um so stärker wurde, je mehr die Schnur vom Regen

durchnäßt und so zu einem besseren Leiter geworden war. Einen ähnlichen Versuch hatte schon auf Anregung von Franklin der Franzose Dalibard am 10. Mai 1752 in der Nähe von Paris ausgeführt, indem er aus einer isolierten hohen Eisenstange mit Hilfe eines Drahtes Funken zog. Hierdurch wurde Franklin angeregt, im September 1753, den Blitzableiter anzufertigen, den auch, unabhängig von ihm, Winkler in Leipzig vorgeschlagen hatte. Franklin erklärte die Wirkung der Leidener Flasche und der Franklin'schen Tafel und erfand 1748 die elektrische Batterie. Zur Erklärung der Erscheinungen nahm er eine einzige elektrische Materie an. Bei dem Prozeß der Elektrifizierung geht nach seiner Ansicht die Elektrizität von dem einen Körper in den andern über; der eine bekommt einen Überschuß, der andere einen Mangel an Elektrizität; den ersten nennt Franklin positiv, den andern negativ. Auf Grund seiner elektrischen Arbeiten wurde Franklin Mitglied der Royal Society, und außerdem erhielt er die Copley-Medaille für das Jahr 1753.

Von 1747—1754 veröffentlichte Franklin seine Entdeckungen in einer Reihe von Briefen, die in fast alle Kultursprachen übersetzt worden sind. Im Jahre 1767 wurde er, der unterdessen Generalpostmeister aller englisch-amerikanischen Kolonien geworden war, nach London geschickt, um die Interessen der amerikanischen Kolonien im Mutterlande zu verteidigen. Als der Krieg zwischen England und Amerika ausbrach, mußte er flüchten und wurde bei seiner Rückkehr zum Abgeordneten von Pennsylvanien gewählt. Im Kongreß nahm er lebhaften Anteil an den Beratungen, und seine Landsleute schickten ihn 1776 nach Frankreich, um dessen

Hilfe nachzujuchen. Hier blieb er neun Jahre und verkehrte mit den bedeutendsten Männern seiner Zeit. Am 20. Januar 1783 unterschrieb er die Friedenspräliminarien. 1785 wurde er Präsident des Kongresses von Pennsylvanien und starb in Philadelphia am 17. April 1790.

Bei seinem Leichenbegängnis hielt Washington selbst die Trauerrede. Bezeichnend für Franklin ist die von ihm selbst verfaßte Grabchrift: „Hier liegt den Würmern überliefert der Leib des Benjamin Franklin, wie der Deckel eines alten Buches, dessen Blätter zerrissen sind und dessen Titel verwischt ist. Aber dennoch ist das Werk nicht verloren, denn es wird in einer neuen Auflage erscheinen, durchgesehen und verbessert vom Schöpfer.“ In Frankreich, wo ihn schon zu seinen Lebzeiten d'Alembert durch die Worte: „Dem Himmel entriß er den Bliß und das Szepter den Tyrannen“, verherrlicht hatte, hielt ihm Mirabeau die Trauerrede. Dieser schlug in der Nationalversammlung vor, daß die Nation drei Tage um den verdienten Toten Trauer trage, und sein Vorschlag wurde allgemein angenommen.



Watt.

James Watt wurde am 19. Januar 1736 zu Greenock in Schottland geboren. Er war so schwächlich, daß seine Eltern an seinem Aufkommen verzweifelten. Sein Vater, James Watt, war Schiffsreederei und Fabrikant nautischer Instrumente und lebte in guten Verhältnissen. Seiner

schwachen Gesundheit wegen nahmen die Eltern den Knaben bald wieder von der Schule weg und überließen ihn sich selbst. Er soll sich schon im Alter von sechs Jahren mit geometrischen Aufgaben beschäftigt haben. Auch fand er schon in seiner frühesten Jugend Gefallen an physikalischen Untersuchungen. So wird von ihm erzählt, daß er sich in seinem 14. Jahre stundenlang damit beschäftigte, in den Dampf, der einem Theekessel entströmte, einen Löffel zu halten, um daran die Verdichtung des Wasserdampfes zu beobachten. Bei seinen Verwandten und Freunden der Familie war er sehr beliebt wegen seiner besondern Gabe, Märchen zu erzählen und selbst neue zu erfinden. Da die Verhältnisse seines Vaters sich mehr und mehr verschlechterten, mußte Watt seinem Vater im Geschäfte helfen und nautische Apparate herstellen. Im Jahre 1755 ging er nach London zu John Morgan, um sich in seinem Berufe als Mechaniker auszubilden. Gesundheitshalber mußte er London bald verlassen und kehrte nach Schottland zurück; er fand in Glasgow Stellung als Universitätsmechaniker. Neben seinen mechanischen Arbeiten trieb er fleißig wissenschaftliche Studien und erlernte zu diesem Zwecke die deutsche und italienische Sprache.

In der Universitätsammlung befand sich ein kleines Modell einer Newcomenschen Dampfmaschine, welches ihm zur Reparatur übergeben wurde. An diesem Modell begann er die Verbesserungen, welche seinen Namen berühmt für alle Zeiten machen sollten. Aber nicht glücklichen Zufallsgedanken, sondern mühevолlem, rastlosem Arbeiten verdankte er die Vollkommenheit seiner Maschine. Zunächst erkannte er, daß

das eingespritzte Kühlwasser im luftverdünnten Raume des Zylinders lebhaft verdampfte und dadurch die Kolbenkraft beeinträchtigte. Er maß die Änderungen des Dampfdrucks mit der Temperatur und stellte den Zusammenhang graphisch durch eine Kurve dar. Um den Dampfverbrauch beurteilen zu können, ermittelte er das bis dahin nicht bekannte Verhältnis des Dampfolumens zu dem der Wassermenge, aus der es entsteht. Auch die Kondensationswärme des Dampfes stellte er fest, da er die Wassermenge berechnen mußte, die zur Kondensation des Wasserdampfes im Zylinder erforderlich war. Erst durch diese klare Erkenntnis der einzelnen Vorgänge in der Newcomenschen Maschine ebnete er sich den Weg für die nun folgenden wichtigen Verbesserungen an derselben. 1765 führte er den Kondensator ein, in welchem die Abkühlung des Dampfes erfolgte, und bald darauf umgab er den Zylinder vollständig mit einem Mantel, um ihn gegen Abkühlung zu schützen. Eine seiner wichtigsten Verbesserungen war die, daß er den Dampf vor und hinter den Kolben leitete, wodurch die Wirkung der Maschine eine ausgiebigere und gleichmäßigere wurde.

Im Jahre 1768 gelang es Watt, der inzwischen seine Cousine Margaret Miller geheiratet und sich eine eigene Werkstätte errichtet hatte, seine erste Maschine in Gang zu setzen, nachdem ihm von Dr. Roebuck die Mittel zu seinen Versuchen zur Verfügung gestellt worden waren. Ein Patent auf seine Maschine erhielt er am 5. Januar 1769. Fünf Jahre später verband er sich mit Matthew Boulton, einem reichen Fabrikanten aus Birmingham, der in Soho, einer Vorstadt von Birmingham, eine Maschinenfabrik anlegte. Von jetzt an

stieg der Ruhm Watts immer mehr; er wurde Mitglied der Royal Society und vieler anderer wissenschaftlichen Gesellschaften. Durch die Verbindung mit dem thatkräftigen Boulton steigerten sich seine Einkünfte sehr, und er konnte sich deshalb ungestört seinen Untersuchungen hingeben. Er bereicherte in dieser Zeit die Technik mit mancher Erfindung, die die Anwendung der Dampfmaschine in hohem Maße förderte. Vor allen Dingen ist hier die 1784 patentierte Parallelführung zu erwähnen, durch welche die hin und her gehende Bewegung der Kolbenstange in eine drehende umgewandelt wird, die Einführung des Regulators und der Drosselklappe. Watt führte den Begriff der Pferdestärke ein als Maßeinheit für die Leistung der Maschine und erfand den Federindikator, um einen Einblick in die Arbeitsvorgänge innerhalb des Zylinders zu gewinnen.

Von anderweitigen Erfindungen Watts ist namentlich die Kopierpresse zu erwähnen. Von Watt rührt der Grundgedanke des heutigen einheitlichen Maß- und Gewichtsystems her; denn er schlug schon 1783 als Längeneinheit das Sekundenpendel und als Gewichtseinheit das Gewicht der Kubikeinheit Wasser vor.

Watt, der sich 1800 von dem Geschäfte zurückgezogen hatte, starb am 19. August 1819 zu Heathfield bei Birmingham und wurde in der Pfarrkirche zu Handsworth beigesetzt. Sein Sohn errichtete ihm an der Kirche ein würdiges Grabmal mit seiner Statue. Die Städte Greenock, Birmingham und Manchester und die Universität Glasgow setzten ihm ein Denkmal. Die herrlichste Statue von ihm ist die in der Westminsterabtei.

Coulomb.

Karl August Coulomb wurde am 14. Juni 1736 zu Angoulême als Sohn einer vornehmen Familie geboren. Er studierte Mathematik und Naturwissenschaften in Paris; aber mehrere Umstände zwangen ihn, als Ingenieur zum Militär zu gehen. Als solcher wurde er nach den französischen Kolonien in Westindien geschickt und leitete den Bau von Forts, so besonders den von Bourbon. Nach einem Aufenthalt von neun Jahren mußte er wegen seiner zerrütteten Gesundheit nach Frankreich zurückkehren, wo ihm eine Stelle in Rochefort angewiesen wurde.

Im Jahre 1776 verfaßte er eine Abhandlung über die Statik der Gewölbe, und 1779 beteiligte er sich mit dem holländischen Professor van Swinden an der Preisaufgabe über die beste Konstruktion des Schiffskompasses, welche die Akademie gestellt hatte. 1781 erhielt er einen Preis für seine Abhandlung über die einfachen Maschinen, worin er die Reibung und die Steife der Stricke berücksichtigte. Durch diese Arbeit wurde er Mitglied der Akademie. 1777 erfann er die Drehwage, wie sie schon früher der Engländer John Michell ausgeführt hatte, zur Bestimmung der Torsionsfestigkeit feiner Fäden und Drähte. Diese Wage änderte er mehrmals um und erhielt schließlich die bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts viel gebrauchte Drehwage zur Bestimmung der Elektrizitätsmengen. Die Hauptresultate, welche er mit dieser Wage erzielte und 1785—1789 bekannt machte, sind die folgenden: 1. „Es giebt zwei elektrische Fluide.“ 2. „Die elektrische Anziehung und Abstoßung geschieht im umgekehrten

Verhältnis des Quadrates der Entfernung.“ 3. „Die Elektrizität teilt sich nur auf der Oberfläche aus.“

Als 1789 die Revolution ausbrach und die Akademie aufgelöst wurde, legte er seine sämtlichen Ämter nieder und verließ den Dienst als Oberstleutnant im Geniekorps. Er ging mit seinem Freunde Borda auf sein kleines Landgut Blois; er lebte ganz den Wissenschaften und schrieb unter anderem zwei Abhandlungen über Magnetismus und Kohäsion der Flüssigkeiten. Als an Stelle der Akademie das Institut national gegründet wurde, war er eines der ersten Mitglieder desselben. Er starb als Generalinspektor des Unterrichtswesens am 23. August 1806 zu Paris.



Galvani.

Alois Galvani wurde am 9. September 1737 zu Bologna geboren. Zuerst studierte er Theologie, später Medizin in seiner Vaterstadt, heiratete als Arzt die Tochter seines Vormundes, Lucia Galeazzi, und wurde 1762 nach dem Tode seines Schwiegervaters dessen Nachfolger als Professor der Anatomie in Bologna. Durch Zufall entdeckte er die nach ihm benannte strömende Elektrizität. 1789 bemerkte er, daß ein Froschschenkel zuckte, wenn er mit Kupfer und Eisen in Verbindung gebracht wurde. Die näheren Umstände, durch welche er diese Entdeckung machte, sind zweifelhaft; manche behaupten sogar, seine Frau habe die Erscheinung zuerst beobachtet. Eine Erklärung für diese Erscheinung, die Galvani

1791 veröffentlichte, gab er nicht, denn er schrieb das Zucken der tierischen Elektrizität zu.

Als 1797 die cisalpinische Republik gegründet wurde, weigerte sich Galvani, den vorgeschriebenen Eid zu leisten, da er seiner politischen und religiösen Überzeugung widersprach. Er wurde deshalb seines Amtes entsetzt und lebte nachher in ärmlichen Verhältnissen. Kurz vor seinem Tode setzte die Regierung Galvani wieder in Amt und Würden ein, aber es war zu spät; er starb schon am 4. Dezember 1798, ohne sein Lehramt wieder übernommen zu haben. 1879 wurde ihm zu Bologna eine Statue errichtet.



Lichtenberg.

Georg Christoph Lichtenberg wurde am 1. Juli 1742 zu Oberramstadt bei Darmstadt geboren. Durch die Unvorsichtigkeit seiner Wärterin hatte er sich eine Verkrümmung des Rückgrats zugezogen. Wegen seiner buckeligen Gestalt, die ihm den Spott der andern Kinder zuzog, schloß er sich frühzeitig von andern Menschen ab; hierdurch konzentrierten sich seine Geisteskräfte und erhielten eine der Satire geneigte Richtung. Sein Vater, der Pfarrer in Ramstadt war, unterrichtete ihn in den Anfangsgründen der Mathematik und Physik; in der Mathematik gab der junge Lichtenberg schon als Knabe einem andern Unterricht. Nach dem frühzeitigen Verluste seines Vaters ging er auf das Gymnasium zu Darmstadt. Hier wurde der Landgraf Lud-

wig VIII. von Hessen auf den talentvollen Jüngling aufmerksam gemacht, und Lichtenberg konnte mit seiner Unterstützung in seinem 19. Jahre zur Universität Göttingen gehen. Er studierte alle Wissenschaften zu gleicher Zeit, jedoch behielten die mathematischen und naturwissenschaftlichen den Vorzug. Er beobachtete das Erdbeben von 1767, den Durchgang der Venus durch die Sonne 1769, die Kometen von 1770, 1771 und 1773 und versfertigte Mondkarten. 1770 wurde er außerordentlicher Professor in Göttingen. In den ersten Tagen seiner Vorlesungen war er so verlegen, daß er kaum ein Wort sprechen konnte, ohne zu zittern und zu stottern; dabei wandte er kein Auge von seinen Aufzeichnungen fort. Im selben Jahre ging er nach England, wo er sich auch später noch einmal längere Zeit aufhielt. Der englische Schauspieler Garrick zog ihn besonders an; über ihn, über Cook und den Kupferstecher Hogarth schrieb er mehrere Werke, die ihm den Titel eines königlich großbritannischen Hofrates einbrachten. 1775 wurde er ordentlicher Professor in Göttingen und schlug einen Ruf nach Leiden aus. 1778 redigierte er den „Göttinger Taschenkalender“ und begründete 1780 mit Georg Forster das „Göttinger Magazin“. Durch seine satirischen Schriften zog er sich manche Feinde zu, so auch Lavater, den er besonders verhöhnt hatte. Er zeigte jedoch, daß es ihm nur um die Sache und nicht um die Person ging; denn als Lavater 1778 seinen Sohn nach Göttingen brachte, trat er Vater und Sohn mit Achtung und Liebe entgegen. Schließlich wurde er zum Hypochonder; er verließ jahrelang sein Zimmer nicht mehr und sah nur noch die vertrautesten Freunde um sich. Im Anfang des Jahres

1799 überfiel ihn eine Brustfellentzündung; ihre Folgen rafften ihn am 24. Februar 1799 hinweg.

Als Naturforscher schuf er sich vorzüglich wegen seiner durch ausgezeichnete Apparate unterstützten Vorlesungen über Experimentalphysik sowie durch Entdeckung der nach ihm benannten elektrischen Figuren einen Ruf.



Die Gebrüder Montgolfier.

Jacques Etienne Montgolfier, der jüngere der beiden Brüder, wurde am 7. Januar 1745 zu Vidalon lès Annonay im Departement Ardèche als Sohn des reichen Papierfabrikanten Peter Montgolfier geboren. Er widmete sich der Architektur und ging deshalb nach Paris. Nach dem Tode seines Vaters rief ihn sein älterer Bruder in die Fabrik zurück.

Der ältere Bruder, Joseph Michel, geboren am 26. August 1740, zeigte in seiner frühesten Jugend wenig Sinn für das Studium und entlief deshalb dem Kolleg von Tournon, wohin er in seinem 13. Jahre geschickt worden war. Er kam nach Saint-Etienne und sorgte für seinen Lebensunterhalt durch Anfertigung und Hausieren mit Chemikalien. Als er sich einiges Geld gespart hatte, begab er sich nach Paris, wo er mit mehreren Gelehrten verkehrte und sich mit Mathematik, Physik und Chemie beschäftigte. Er trat darauf in die Fabrik seines Vaters ein und verband sich später mit seinem Bruder.

Zur Zeit der Belagerung von Gibraltar im Jahre 1782 dachte Joseph darüber nach, wie man in die Stadt gelangen könne, da der Weg zu Wasser und zu Land vollständig abgeschnitten war. Nach mehreren vergeblichen Versuchen verfertigten die Brüder ein an einer Seite geöffnetes rechtwinkliges Gefäß aus Taffet von ungefähr 4 ehm Inhalt und verbrannten unter demselben Stroh, Papier und Wolle, deren Gase in das Gefäß stiegen und es in die Höhe trieben. Später bauten sie einen kugelförmigen Ballon von ungefähr 12 m Durchmesser und ließen ihn am 5. Juni 1783 in ihrer Vaterstadt, zur Zeit einer Versammlung der Distriktualstände, aufsteigen.

Die Nachricht hiervon veranlaßte den Pariser Physiker Charles und den Mechaniker Robert, einen ähnlichen Ballon zu bauen, welchen sie mit Wasserstoff füllten. Am 27. August 1783 stieg die „Charlière“ auf dem Marsfeld auf und verursachte Verwunderung und Schrecken zugleich bei dem Pariser Volke. Die Akademie forderte Etienne Montgolfier auf, seine Erfindung in Paris vorzuführen; am 12. September 1783 ließ er deshalb einen Ballon aus Leinwand und Papier aufsteigen, der ein großes Gewicht zu tragen im Stande war. Später ließ Montgolfier vor dem König Ludwig XVI. und dem Hofe einen Ballon aufsteigen, der lebende Wesen, nämlich ein Schaf, einen Hahn und eine Ente, mit in die Höhe nahm. Der Ballon stieg bis zu einer beträchtlichen Höhe und kam dann langsam wieder herunter; die Tiere wurden unverfehrt aus ihrem Käfig herausgeholt. Bald nachher bauten die Brüder einen Fesselballon, mit dem viele Leute aufstiegen. Besonders interessierte sich der Chemiker Bilastre de Rozier

für die Erfindung. Er stieg am 21. Oktober 1783 in einem freien Ballon auf; bei einer späteren Fahrt verunglückte er und war so das erste der vielen Opfer, die die Luftschiffahrt gefordert hat.

Die beiden Brüder Montgolfier wurden vom König in den Adelsstand erhoben; Etienne erhielt außerdem den Michaelsorden und sein Bruder eine Pension und eine große Summe zur Anstellung von Versuchen. Etienne starb am 2. August 1799 zu Servièrès. Bonaparte verlieh später Joseph, der inzwischen auch den hydraulischen Widder oder Stoßheber erfunden hatte, den Orden der Ehrenlegion und ernannte ihn zum Administrator des Conservatoire des arts et métiers. Joseph starb am 26. Juni 1810 zu Balarne-les-Bains. In ihrer Vaterstadt wurde den beiden Erfindern ein Denkmal gesetzt.



Volta.

Alexander Volta, geboren am 19. Februar 1745 zu Como als Sohn des Philipp Volta und der Magdalena de Conti Inzeghi, wurde 1774 Professor der Physik am Gymnasium seiner Vaterstadt und 1779 an der Universität Pavia. Im Dezember 1775 erfand Volta den Elektrophor, bestehend aus Teller, Harzkuchen und Deckel. Ähnliche Versuche, wie sie Volta mit dem Elektrophor anstellte, hatte Winckler schon 1762 mit einer Glastafel ausgeführt. In den Jahren 1776 und 1777 konstruierte Volta eine Hydrogenlampe, die durch den Funken eines Elektrophors entzündet wurde, und das

Eudiometer, mittels dessen er Untersuchungen über das Verhältnis des Sauerstoffs zum Stickstoff in der Luft anstellte. Volta ist auch der Erfinder des Strohhalmelektrometers. Die Idee dieses Apparates stammt von Nollet, der 1747 vorschlug, den Winkel der Divergenz zweier elektrischen Fäden als Maß für die Stärke der Elektrizität zu benutzen. 1753 erfand der Engländer Canton, der zuerst das Quecksilberamalgam am Reibzeug der Elektrifiziermaschine anwandte, das Holundermarkflügelchen-Elektrometer. Volta ersetzte 1781 die Holunderflügelchen durch zwei Strohhalme, die an Drahtstäbchen aufgehängt waren. 1783 erfand er den Kondensator, einen Apparat, durch welchen man imstande war, die elektrischen Ladungen so zu verstärken, daß sie am Elektrometer merkbar wurden.

Nachdem Galvani 1791 das Froschschenkelexperiment veröffentlicht hatte, beschäftigte sich auch Volta seit 1792 mit diesem Versuche. Er glaubte anfangs wie Galvani, daß die Zuckungen durch tierische Elektrizität hervorgerufen würden. Jedoch bald fand er, daß die Zuckungen nur bei Anwesenheit von zwei verschiedenen Metallen auftreten. Kurz darauf bemerkte er auch die Geschmacksempfindung auf der Zunge, wenn man ein Stanniolplättchen und eine Gold- oder Silbermünze auf die Zunge legt; ebenso erforschte er die Lichtempfindung, die entsteht, wenn man an das Auge ein Stanniolplättchen und in den Mund eine Münze bringt und diese beiden Metalle durch zwei Metallspitzen sich berühren läßt. Auf Grund dieser Versuche stellte er die Behauptung auf, daß die tierische Elektrizität nicht die Ursache dieser Empfindungen sei. Im Jahre 1794 erst behauptete er, daß bei Berührung verschiedener Metalle sich die Elektrizität in den-

selben so verteile, daß das erste Metall die erste Art von Elektrizität, das zweite Metall die andere Art enthält; zu gleicher Zeit stellte er auch eine Spannungsreihe auf. Volta hielt also die einfache Berührung der Metalle für die Ursache der Elektrizität, während er die chemischen Wirkungen, die dabei auftreten und kurze Zeit darauf den Ausgangspunkt einer neuen, noch heute für gültig gehaltenen chemischen Theorie bildeten, kaum berücksichtigte.

Volta ging nun auf praktische Verwertung seiner Erfindung aus. Es dauerte fünf Jahre, bis er den Bau der nach ihm benannten Säule erdachte. 1800 beschrieb er seinen Becherapparat. Dieser bestand aus einer Reihe von Gläsern, die mit Salzlösung gefüllt waren und deren jedes eine Zink- und Silberplatte enthielt. Am 7. und 21. November 1801 hielt Volta im Nationalinstitut zu Paris zwei Vorträge über seine Versuche. Als diese Versuche durch eine Kommission bestätigt worden waren, ließ Bonaparte für Volta eine große goldene Medaille prägen und ihm ein großes Geldgeschenk überreichen; auch setzte er ihm eine jährliche Rente aus. Napoleon bekundete hier einen Scharfblick für die Bedeutung einer zukunftsreichen Erfindung, der ihm in ähnlichen Fällen seltsamerweise abging, da er die Erfindung Fultons, der das erste Dampfschiff baute, sich nicht zu nütze machte, und Sömmering, der die praktische Anwendung der Voltasäule zum Telegraphieren erfand, als Phantasten hinstellte. Als Napoleon Kaiser geworden war, ernannte er Volta zum Offizier der Ehrenlegion, verlieh ihm den Orden der eisernen Krone und machte ihn zum Grafen und Senator des Königreichs Italien. Nachdem die Lombardei infolge des Wiener Kon-

gresses dem Hause Habsburg wieder zugefallen war, ernannte Kaiser Franz den großen Erfinder zum Direktor der philosophischen Fakultät in Pavia. Nach Niederlegung seiner sämtlichen Ämter siedelte Volta in seine Vaterstadt über, wo er am 5. März 1827 starb. Seine Vaterstadt Como schlug eine Medaille zu seinem Gedächtnisse und errichtete ihm ein Denkmal. Auch die Universität Pavia hat ihrem berühmten Lehrer 1878 ein Denkmal gesetzt.



Atwood.

Georg Atwood wurde um 1745 geboren und war Fellow am Trinity College zu Cambridge; später lebte er hier, unterstützt vom Minister Pitt, ganz den Wissenschaften. Bekannt geworden ist er hauptsächlich durch die Erfindung der Fallmaschine, welche er 1784 beschrieb. Einen ähnlichen Apparat hatte schon vor ihm der Deutsche C. G. Schöber gebaut und 1746 im Salzbergwerk Wieliczka bei Krakau in einem Schacht von 70 m Tiefe Versuche damit angestellt. Er beschrieb dieselben in seiner Schrift „Entwurf einer Theorie der Überwucht, durchgeführt und an einwandfreien Experimenten geprüft“. Die wesentlichste Verbesserung an der Atwoodschen Maschine ist die Vorrichtung zum Abheben des Übergewichts. Ob Atwood diesen Schöberschen Apparat kannte, ist nicht festgestellt.

1794 veröffentlichte Atwood eine Theorie der Uhren und 1798 eine Abhandlung über Stabilität der Schiffe. Er starb am 11. Juli 1807 zu London.



Thompson, Graf von Rumford.

Sir Benjamin Thompson wurde am 26. März 1753 zu Woburn bei Boston geboren. Sein armer Vater starb früh, und da Benjamin keine Unterstützung von Verwandten erhielt, so lebte er in sehr ärmlichen Verhältnissen. In der Schule und bei einem Geistlichen lernte er die Anfangsgründe von Latein, Mathematik und Astronomie, und war später Lehrling in einem Geschäft zu Salem. Als 1769 die Unruhen ausbrachen, ging er nach Woburn und später nach Rumford, dem heutigen Concord in New Hampshire, wo er eine kleine Schule gründete, in der er selbst unterrichtete. Hier heiratete er im Alter von 19 Jahren eine reiche, 33jährige Witwe Rolfe und nahm bald darauf Dienste als Major in der Armee. Bei seinen Landsleuten kam er in den Verdacht, gegen die amerikanische Freiheit zu arbeiten, und wurde zu Woburn verhaftet, aber bald nachher freigesprochen. Er trat jetzt offen auf die Seite der Engländer und überbrachte 1776 die Nachricht vom Falle Bostons nach London. Lord George Sackville, der Minister der Kolonien, fand Gefallen an ihm, stellte ihn in seinem Bureau an und beförderte ihn zum Unterstaatssekretär. 1782 nahm Thompson wieder als Oberstleutnant Stelle im Heere und ging nach Long Island. Als die Friedensunterhandlungen zwischen England und Amerika begannen, bot er seine Dienste dem deutschen Kaiser an. 1783 trat er in die Armee des Kurfürsten Karl Theodor von Bayern; in München rückte er bald in hohe Staatsämter. Als er Kriegsminister wurde, erhielt er den Titel Graf von Rumford. Er entwickelte eine rege Thätigkeit in

seinem neuen Vaterlande; unter anderem organisierte er das Heer, führte ständige Garnisonen ein, errichtete Werkstätten für die Bedürfnisse des Heeres und befreite das Land von der Plage der Landstreicher. Der Anbau von Kartoffeln in Bayern fand in ihm einen eifrigen Beförderer; auch legte er den Grund zum Englischen Garten in München. Schon 1795 wurde ihm in der Hauptstadt Bayerns wegen seiner großen Verdienste ein Denkmal gesetzt.

1796 stiftete Rumford für die Royal Society die nach ihm benannte Medaille, mit welcher die Zinsen von 1000 Pfd. Sterl. verbunden waren, als Preis für die beste Arbeit über Licht oder Wärme. Dieselbe Summe stiftete er der amerikanischen Akademie der Künste und Wissenschaften; später gründete er in London noch die Royal Institution. Als der Kurfürst Karl Theodor 1799 starb, ging Rumford nach Paris, wo er von Bonaparte mit großer Auszeichnung empfangen wurde; schon 1803 wurde er dort Mitglied des Instituts. 1805 vermählte er sich mit Marie Anne Pierrette Paulze, der Witwe des auf dem Schafott gestorbenen Chemikers Lavoisier; diese Ehe wurde 1809 jedoch schon wieder gelöst. Er starb am 21. August 1814 auf seinem Landsitz zu Auteuil bei Paris.

Bis zu den Zeiten Rumfords glaubten die meisten Physiker, die Wärme würde durch eine besondere Substanz, die dem Körper mitgeteilt würde, erzeugt. Um nachzuweisen, daß dies nicht der Fall sei, wog Rumford einen Körper in kaltem und heißem Zustande und fand, daß das Gewicht stets dasselbe sei. 1778 bestimmte er die Geschwindigkeit von Geschossen und fand, daß sich ein blind geladenes Geschütz

stärker erwärmte als ein scharf geladenes; er schloß hieraus, daß die beim Pulver entwickelte Wärme beim scharf geladenen zum Teil in Arbeit, d. h. in die Geschwindigkeit des Geschosses, umgesetzt wurde, während sie beim blind geladenen nur zur Erwärmung des Rohres benutzt würde. Am 25. Januar 1798 las er der Royal Society seine Arbeit über die durch Reibung erzeugte Wärme vor. In dieser Arbeit gab er an, daß ein Kanonenrohr beim Bohren so stark erhitzt würde, daß das darin befindliche Wasser zum Kochen käme und daß die abfallenden Späne noch stärker erhitzt würden. Da die Späne und das Rohr dieselbe Wärmekapazität besäßen, so könnte die Wärme bloß durch die Reibung hervor gebracht sein. Er stellte hierbei auch schon eine rohe Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalentes an; Rumford ist also der erste, der das Fundamentalgesetz der Äquivalenz von Wärme und Arbeit angedeutet hat. Humphry Davy bewies kurz darauf die Behauptung Rumfords auf eine noch überzeugendere Art, indem er zwei Eisstücke durch Aneinanderreiben zum Schmelzen brachte.

Am 25. Juni 1804 wurde eine Arbeit Thompsons im Institut zu Paris vorgelesen, in welcher er den Satz aufstellte, daß die Molekeln eines Körpers, zwischen denen sich Äther befindet, in schwingender Bewegung sind, wodurch Wärme und Licht erzeugt wird. Er konstruierte das Wasserkalorimeter und stellte damit Messungen über Verbrennungswärme an. Ferner erfand er ein Differentialthermometer oder Thermoskop und untersuchte hiermit die Wärmeleitung und Wärmestrahlung; hierdurch kam er zur Verbesserung der Konstruktion der Öfen, der Schornsteine und Kesselheizungen.

Außerdem rührt von ihm das einfachste Photometer, mit welchem die Stärke der Lichtquelle durch den Schlagschatten eines Stabes bestimmt wird. Bei seinen Untersuchungen über Leuchtkraft fand er, daß das Licht einer Flamme für das einer andern durchsichtig sei und daß die Leuchtkraft nicht im Verhältnis stehe zu der dabei erzeugten Wärme; auf Grund dieser Untersuchungen erfand er eine neue, hellleuchtende Lampe. Mehrere interessante Versuche machte Rumford über dasjenige, was wir jetzt als Oberflächenspannung bezeichnen; er kam zu dem Schluß, daß die Oberfläche einer Flüssigkeit mit einem Häutchen bedeckt ist, welches durch Berühren mit einer Nadelspitze zum Zittern gebracht werden kann.



Nicholson.

William Nicholson wurde 1753 zu London geboren. Er war nacheinander Beamter der Ostindischen Kompanie, Geschäftskreisender, Schulvorsteher und zuletzt Zivilingenieur und Schriftsteller in London. Von 1786—1813 gab er eine Zeitschrift für Physik und Chemie heraus. 1787 erfand er das nach ihm benannte Aräometer, das zwar wenig von dem Fahrenheitschen abwich, aber auch zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester Körper bestimmt war, während das Fahrenheitsche nur für flüssige eingerichtet war. Als Volta im März 1800 die Erfindung seiner Säule dem Präsidenten der Royal Society mitgeteilt hatte, zeigte dieser

den Brief Nicholson und Carlisle. Am 30. April desselben Jahres machten sie Versuche mit 17 Plattenpaaren von Silbergeldstücken und Zinkscheiben. Sie erhielten nicht nur die nach Voltas Brief erwarteten Wirkungen, sondern machten hierbei auch einige wichtige Entdeckungen. Als sie auf die oberste Platte einen Tropfen Wasser gebracht hatten und diesen mit dem Schließungsdraht berührten, nahmen sie Gasentwicklung wahr und erkannten dieses Gas als Wasserstoff. Später leiteten sie den Strom durch eine feine, mit Wasser gefüllte Röhre, in die zwei Messingspizzen mündeten; sie fanden am Silberende Gasentwicklung und am Zinkende Anlaufen des Messingdrahtes. Sobald sie die Messingdrähte entgegengesetzt mit der Säule verbanden, kehrten sich die Erscheinungen um. Wurden statt des Messings Platindrähte benutzt, so entwickelten sich an beiden Polen verschiedene Mengen von Gas; die Forscher schlossen hieraus, daß das Gas am Zinkende Sauerstoff sei. Außer der Wasserzersehung bemerkten die beiden Gelehrten auch zuerst den elektrischen Funken an einer Säule und fanden am Zinkende positive, am Kupfer- oder Silberpole negative Elektrizität.

Später stellte Nicholson einen Vergleich zwischen der Elektrifiziermaschine und der Säule an und kam zu dem Ergebnis, daß das Agens der Elektrifiziermaschine bedeutendere Intensität, das der Säule größere Quantität besitze, daß im übrigen aber beide Erscheinungen identisch seien. Nicholson konstruirte auch eine nach ihm benannte Influenz-Elektrifiziermaschine. Diese Maschine gab mächtigere Wirkungen als alle früheren und erregte zur Zeit lebhaftes Interesse; später jedoch wurde sie bei dem Fortschritt der galvanischen Elektri-

zität fast vollständig vergessen. Erst Holz, Professor in Greifswald, gab dieser Maschine 1865 die heutige Einrichtung der sogen. Influenzmaschine und brachte sie dadurch wieder zu wohlverdienten Ehren.



Sömmering.

Samuel Thomas Sömmering wurde am 28. Januar 1755 zu Thorn geboren. Kurz nach Beendigung seiner Studien in Göttingen wurde er 1778 Professor der Anatomie in Kassel und 1784 in Mainz; darauf ging er als praktischer Arzt nach Frankfurt a. M. Von dort wurde er 1805 als königlicher Leibarzt nach München berufen, erhielt den Titel Geheimrat und wurde in den Adelsstand erhoben. 1820 kehrte er nach Frankfurt zurück, wo er am 2. März 1830 starb.

Sömmering war zur Zeit einer der ersten deutschen Anatomen, der sich besonders auf dem Gebiete des Gehirn- und Nervensystems und der Sinnesorgane auszeichnete. Im Jahre 1809, also kurz nachdem Nicholson und Carlisle die Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom gefunden hatten, schlug er vor, mittels der Wasserzersehung zu telegraphieren. In der Denkschrift der Münchener Akademie von 1809 und 1810 behandelte er diesen Gegenstand unter dem Titel: „Über einen elektrischen Telegraphen.“ In einem Trogapparat waren 35, später 27 Goldstifte befestigt, mit Buchstaben des Alphabets nebst Wiederholungszeichen und

Punkt versehen. Von einem Zeichengeber aus führten zu diesen Stiften ebensoviele, durch Kautschuk isolierte und zu einem Kabel vereinigte Drähte; der durch diese Drähte geleitete Strom einer Volta-Säule von 15 Silber-Zinkplatten rief an den Stiften Gasentwicklung hervor. Im Jahre 1811 wurde der Apparat durch Sömmerings Sohn in Genf vor Physikern und Ärzten gezeigt. Napoleon lehnte die Einführung der Erfindung ab, dagegen wurde sie in Rußland durch den Baron Schilling von Cannstadt bekannt gemacht und vervollkommenet. Dieser konstruierte 1820 auf Grund der Ørsted'schen Entdeckung einen brauchbaren Telegraphen mit nur zwei Leitungsdrähten und zeigte ihn 1835 in Bonn und Frankfurt a. M. Hierdurch erst wurde die Erfindung in London bekannt und gab den Anlaß zur Einrichtung elektrischer Telegraphen durch Wheatstone im Jahre 1837. Inzwischen hatten auch Gauß und Weber 1835 ihren Nadeltelegraphen konstruiert und Steinheil in München den ersten Telegraphen eingerichtet mittels einer einfachen Drahtleitung.

1898 wurde Sömmering in Frankfurt a. M. ein Denkmal errichtet.



Chladni.

Ernst Florens Friedrich Chladni stammt aus Wittenberg, wo er am 30. November 1756 das Licht der Welt erblickte. Seine Familie, die aus Ungarn stammte, hatte sich infolge religiöser Verfolgungen in Sachsen niedergelassen. Sein Vater Ernst Martin Chladenius war sächsischer Hofrat, Pro-

fessor der Rechte und Direktor der Juristenfakultät. Chladni erhielt eine sehr sorgfältige Erziehung; schon frühzeitig betrieb er mit Vorliebe geographische Studien und las viele Reisebeschreibungen; hieraus entwickelte sich später sein Trieb zum Reisen. Er studierte in Wittenberg und Leipzig die Rechte und nach dem Tode seines Vaters hauptsächlich Naturwissenschaften. Erst mit 19 Jahren lernte er Klavierspielen und zu gleicher Zeit las er die ersten Schriften über Akustik. Chladni war Dr. phil. et iur., bekleidete jedoch nie ein Amt, so daß sein Vermögen bald aufgezehrt war. Er verlegte sich deshalb auf die Erfindung neuer Instrumente; mit diesen Instrumenten ging er auf Reisen und ernährte sich und seine Familie durch seine musikalischen Produktionen und akustischen Vorträge. Im Jahre 1790 erfand er das Euphonium und 1800 den Klavicylinder; im ersteren werden Stäbe aus Glas, beim zweiten Stäbe aus Holz zum Schwingen gebracht. Obwohl sich diese Instrumente durch schönen Klang auszeichneten, fanden sie keine weite Verbreitung, da sie der wünschenswerten Kraft entbehrten. Chladni starb am 3. April 1827 zu Breslau.

Durch die Lichtenbergschen Staubfiguren kam Chladni zur Entdeckung der sogen. Klangfiguren. Er untersuchte hierbei zum erstenmal die Schwingungen von Platten und Glocken durch Anstreichen mit dem Violinbogen. Die betreffenden Untersuchungen veröffentlichte er 1787 in seiner Schrift „Neue Entdeckungen über die Theorie des Klanges“ und 1802 in seiner „Akustik“. In der ersten machte er auch seine Entdeckung der longitudinalen Schwingungen einer Saite bekannt; diejenigen eines Stabes entdeckte er erst später. Die

wichtige und sinnreiche Anwendung von diesen Schwingungen, nämlich die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in festen Körpern, veröffentlichte er 1797. Er untersuchte auch zuerst die Fortpflanzung des Schalles in Gasen, indem er Orgelpfeifen mit diesen Gasen ansprechen ließ. Er fand, daß bei den untersuchten Gasen der Schall in Kohlenensäure am langsamsten und in Wasserstoff am schnellsten fortgepflanzt wird. Durch seine akustischen Untersuchungen kam er zu der Ansicht, daß die obere Grenze der Hörbarkeit eines Tones auf 22 000 Schwingungen falle.

Außer den akustischen Schriften Chladni's ist noch seine Abhandlung über Meteore und den Ursprung der von Pallas gefundenen Eisenmassen zu erwähnen, in welcher er mit überzeugenden Gründen nachwies, was man lange vorher und nachher nicht hatte glauben wollen, daß wirklich Stein- und Metallmassen zuweilen auf die Erde herabfallen, aus zerplatzenden Feuerkugeln herstammen und von diesen aus dem Weltraum der Erde zugeführt werden.



Bohnenberger.

Johann Gottlieb Friedrich v. Bohnenberger wurde am 5. Juni 1765 zu Simmozheim im Schwarzwald geboren; er war der Sohn des Pfarrers Gottlieb Bohnenberger, der sich viel mit Elektrizität beschäftigte und u. a. „Beiträge zur theoretischen und praktischen Elektrizitätslehre“ herausgab. Er studierte in Tübingen und wurde 1789 Pfarrvikar;

später ging er nach Göttingen, um sich mit der Astronomie vertraut zu machen. 1796 wurde er bei der Sternwarte in Tübingen angestellt und erhielt 1798 eine außerordentliche und 1803 eine ordentliche Professur für Mathematik und Astronomie an der Universität. Er starb am 19. April 1831.

Bohnenberger konstruirte das nach ihm benannte Elektroskop, in welchem er die Zambonische Säule verwandte, wodurch die Empfindlichkeit des Apparates bedeutend gesteigert wurde; dieses wurde später von Fechner noch verbessert. Durch den Satz von Huygens, daß das Oscillationszentrum (Schwingungspunkt) und der Suspensionspunkt wechselseitige Punkte sind, d. h. daß man diese Punkte miteinander vertauschen kann, ohne die Dauer der Schwingungen zu verändern, kam Bohnenberger 1811 zur Erfindung des Reversionspendels. Der englische Kapitän Kater führte dieses Pendel auf eine sehr zweckmäßige und genaue Weise aus und bestimmte mit Hilfe desselben die Länge des einfachen Sekundenpendels. Bohnenberger erfand auch ein Maschinchen, das sogen. Girooskop, zur Erläuterung des Gesetzes der Umdrehung der Erde, das aus einer in zwei beweglichen Ringen kardanisch aufgehängten Kugel besteht, und durch welches das Bestreben einer freien Achse, ihre Richtung im Raume beizubehalten, leicht nachgewiesen werden kann; dieses beschrieb er 1817.



Humboldt.

Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander v. Humboldt wurde zu Berlin am 14. September 1769 als Sohn des Majors Alexander Georg v. Humboldt geboren; seine Mutter war eine Tochter von Johann Heinrich v. Colomb, dem Direktor der ostfriesischen Kammer. Er sowie sein älterer Bruder Wilhelm erhielten zehn Jahre lang Privatunterricht unter Leitung des späteren Geheimen Oberregierungsrates Knuth. Am 1. Oktober 1787 wurden beide Brüder an der Universität Frankfurt an der Oder immatrikuliert. Alexander studierte hauptsächlich Cameraia und nebenbei Philosophie. 1788 ging er nach Berlin und 1789 nach Göttingen, wo er bis 1790 blieb und sich fast ausschließlich mit Naturwissenschaften beschäftigte. Von dort ging er zur Handelsschule in Hamburg und von da zur Bergakademie in Freiberg; hier hörte er den berühmten Mineralogen und Geologen Werner, den Verfechter des Neptunismus. 1792 wurde er Bergassessor und später Oberbergmeister im Fichtelgebirge. 1796 starb seine Mutter, und er verließ 1797 den Dienst, um seine Vorbereitungen zu einer schon längst geplanten großen Weltreise zu treffen. In demselben Jahre erschien seine Arbeit über Galvanismus, in der er auf Grund von mehr als tausend Versuchen, die er zum größten Teil an sich selbst angestellt hatte, Vermutungen über den Einfluß der Elektrizität auf Muskeln und Nerven aufstellte. Von Paris aus, wo er sich mit dem Botaniker Bonpland verband, reiste er nach Spanien und erhielt hier die Erlaubnis zur Bereisung des spanischen Amerika. Die Reise trat er am 5. Juni 1799 von Coruña aus

an; er landete wieder am 3. August 1804 zu Bordeaux. Diese fünfjährige Reise brachte vor allen Dingen der Geographie, Geologie und Botanik vielen Nutzen; am 23. Juni 1802 bestieg er den Chimborazzo und gelangte auf eine bis dahin noch nicht erreichte Berghöhe. Am 12. November 1799 beobachtete er den großen Sternschnuppenfall; auf dieser Reise entdeckte er auch den elektrischen Lappen im Gehirn des Zitterrochen's. An dem Donner des Vulkans Cotopaxi und an dem Rauschen der Orinokofälle beobachtete er die Zunahme der Stärke des Schalles in der Nacht. Er erklärte die Schwäche der Schalleitung bei Tage durch die Luftströmung, die infolge der starken Erhizung des Bodens entsteht.

Nach Europa zurückgekehrt, gab er mit Bonpland sein Reisewerk heraus, das von 1808—1826 erschien und über 80 000 Mark kostete. Bald nach seiner Rückkehr beschäftigte er sich in Verbindung mit Gay-Lussac mit eudiometrischen Messungen und Untersuchungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre. Mit Gay-Lussac und v. Buch reiste er nach Italien und von da 1805 nach Berlin. Dort beschäftigte er sich mit erdmagnetischen Messungen und begleitete 1808 den Prinzen Wilhelm nach Paris. Er blieb hier eine lange Zeit, mit der Herausgabe seiner Reisebeschreibung beschäftigt, und kehrte am 12. Mai 1827 nach Berlin zurück. Hier verblieb er bis zu seinem Lebensende, abgesehen von einer größeren Reise, die er mit Ehrenberg und Rose ins asiatische Rußland machte, und mehreren politischen Reisen nach Paris.

Im Wintersemester 1827—1828 hielt er in der Singakademie öffentliche Vorträge über physikalische Geographie, die vom König, dessen Hof und sehr vielen Zuhörern aus

allen Kreisen der Bevölkerung besucht wurden. Diese fanden so viel Anklang, daß ihm zu Ehren eine Denkmünze geschlagen wurde. Von dem Verleger Cotta in Stuttgart wurde Humboldt aufgefordert, diese Vorlesungen zu veröffentlichen. Er arbeitete sie aus und legte sie in dem „Kosmos“, dessen erste Bände 1845 und 1847 erschienen, nieder.

In seine Berliner Zeit fallen die Errichtung der magnetischen Beobachtungsstationen mit Gauß'schen Apparaten, wodurch die Untersuchung des Erdmagnetismus bedeutend gefördert wurde, die Errichtung der meteorologischen Stationen und die Gründung der Berliner Sternwarte. Er gab den isogonischen Linien ihren Namen und wies durch zahlreiche Versuche nach, daß die Isoklinen und Isodynamen einen durchaus verschiedenen Verlauf zeigen. Er war ein entschiedener Gegner der Voltas'schen Kontakttheorie des Galvanismus und suchte wie Galvani die Ursache der Erscheinungen im tierischen Organismus.

Mit dem preußischen König Friedrich Wilhelm III. und noch mehr mit dessen Nachfolger verknüpften Humboldt die engsten Freundschaftsbände, und letzterer unterstützte den Gelehrten, dessen Vermögen durch die vielen Reisen und die Herausgabe seines Reisetagebuches sehr geschmälert worden war, auf die großartigste Weise. Am 24. Februar 1857 erlitt Humboldt einen Schlaganfall, und er starb am 6. Mai 1859; sein Leichnam wurde im Parke des Schlosses Tegel beigesetzt. In Berlin wurde ihm von der Universität ein Denkmal errichtet.

Young.

Thomas Young wurde am 13. Juni 1773 zu Milverton in der Grafschaft Somerset als der Sohn des Quäkers Thomas Young geboren. Er verlebte seine erste Jugend bei seinem Großvater mütterlicher Seite, Robert Davies in Minehead, der sich viel mit den lateinischen und griechischen Klassikern beschäftigte. Mit zwei Jahren schon konnte Young geläufig lesen; mit vier Jahren hatte er die ganze Bibel von Anfang bis zu Ende zweimal durchgelesen, und mit sechs Jahren wußte er das Epos *The deserted Village* von Goldsmith auswendig; dagegen blieb der regelmäßige Unterricht in der Dorfschule ziemlich erfolglos. Mit sechs Jahren kam er in die Schule zu Stapleton bei Bristol. In seinem achten Lebensjahre begleitete er einen Feldmesser häufig auf dessen Dienstgängen und lernte hierdurch schon die Höhen und Entfernungen unzugänglicher Orte messen und berechnen. Vom 9. bis zum 14. Jahre war er bei Professor Thompson in Compton (Dorsetshire) und widmete sich hauptsächlich dem Studium der lateinischen und griechischen Schriftsteller; außerdem erlernte er dort die französische, hebräische, persische und arabische Sprache. Auch mit Differentialrechnung beschäftigte er sich schon in diesen Jahren; von besonderem Einfluß auf seine Zukunft aber wurde die Lektüre von Martins „*Physik*“ und Rylands „*Einführung in das Newtonsche System*“. Im Jahre 1787 kam er als Studiengenosse zu dem Onkel von David Barclay in Youngsbury, Hudson Gurney; eine lebenslängliche Freundschaft zwischen Young und Gurney entstand durch dieses Verhältnis. Als ihm zur Prüfung die Abschrift

eines englischen Textes aufgegeben wurde, übersetzte er diesen in kurzer Zeit in neun Sprachen. In Youngsbury verfaßte er eine ausführliche Analyse der griechischen Philosophie und lernte während eines kurzen Aufenthaltes in London die Anfangsgründe der Chemie. 1792 ging er nach London, von da nach Edinburg und 1795 nach Göttingen, um Medizin zu studieren. In Göttingen promovierte er zum Dr. med. mit einer Abhandlung über die menschliche Stimme, in welcher er seine bahnbrechenden Grundsätze für die Theorie des Schalls aufstellte, welche ihn später zu seinen Arbeiten über das Licht führten. Nach seiner Rückkehr nach England trat er nochmals als Student in das Emanuel College in Cambridge; 1803 wurde er daselbst Baccalaureus und 1808 Doktor der Medizin.

Schon 1793 erschien in den Philosophical Transactions, der Zeitschrift der königlichen Sozietät, eine Abhandlung von ihm über das Sehen, in der er die Krümmungsänderung der Linse des Auges nachwies, und schon im folgenden Jahre, kaum 21 Jahre alt, wurde er zum Mitglied der Royal Society gewählt. 1800 erschien eine zweite Abhandlung in derselben Zeitschrift über Schall und Licht, durch welche er der Vorkämpfer im Streite gegen die alte Lichttheorie wurde. Er stellte in dieser Arbeit die Analogie zwischen Schall und Licht fest und entdeckte die Interferenz der Wellenbewegungen. Von 1801—1804 war er Professor der Physik an der neugegründeten Royal Institution. Während dieser Zeit gab er die Erklärung der Farben dünner Blättchen und der Beugungsspekttra; hierdurch kam er zur vollen Überzeugung von der Richtigkeit der Undulationstheorie. Diese Arbeiten sind zu-

sammengefaßt in seinem Hauptwerk *Course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*. Seine Theorie fand zuerst wenig Anklang; erst als Fresnel 13 Jahre später, unabhängig von Young, das Prinzip der Interferenz fand, kam seine Ansicht zur Geltung. Als Fresnel mit den Arbeiten Youngs bekannt wurde, zog er jeden Anspruch auf die Entdeckung gänzlich zurück und gab hierdurch der Welt ein schönes Beispiel wissenschaftlicher Ehrenhaftigkeit. In der letzterwähnten Arbeit Youngs findet sich auch die unter dem Namen von Young-Helmholz bekannte Theorie, welche alle Farbeindrücke auf die drei Grundempfindungen: Rot, Grün und Violett, zurückführt.

Aber nicht nur in der Optik und Akustik leistete Young Bedeutendes, sondern auch auf manchem andern Gebiete der Naturwissenschaften. Als Ritter die ultravioletten Strahlen im Spektrum entdeckt und Wollstone die verdunkelnde Wirkung erkannt hatte, welche diese Strahlen auf Papier mit Chlor-silberlösung ausüben, verwandte Young diese Strahlen, um unsichtbare Newtonsche Ringe zu erzeugen, und warf ein Bild derselben auf chemisch präpariertes Papier. Es war dies einer der frühesten Versuche, bei denen ein wirkliches photographisches Bild zu stande kam. Young erfand einen Triometer oder Wollmessen, womit man mit Leichtigkeit den Durchmesser eines dünnen Fadens messen kann. Er veröffentlichte Arbeiten über die Gewohnheiten der Spinnen, über die Atmosphäre des Mondes, Stabilität der Brückenhögen, Epicykloiden, Berechnung der Finsternisse, mittlere Lebensdauer der Menschen, Dichte und Gestalt der Erde, theoretische Chemie und Wärmetheorie; in der letzteren Arbeit

wurde die Bezeichnung „Energie“ von ihm eingeführt und angewandt. Auch um die Entzifferung der Hieroglyphen hat sich Young sehr verdient gemacht.

Trotz seiner vielen Arbeiten war Young kein Stubengelehrter, sondern ein vollendeter Weltmann, der in den glänzendsten Gesellschaften Londons verkehrte und ein gern gesehener Gast war. Er war ein tüchtiger Musiker, spielte die verschiedensten Instrumente und schrieb mehrere Abhandlungen über Musik. In der Dresdener Gemäldegalerie entwickelte sich seine Vorliebe für Malerei; später bildete er sich zu einem tüchtigen Kenner der berühmtesten Meister aus und verfaßte mehrere Arbeiten über diesen Gegenstand. Er war ein tüchtiger Turner und Reiter, so daß er Wetten gegen berühmte Kunstreiter gewann. Als Mediziner befaßte er sich besonders mit dem Kreislauf des Blutes, mit Brustkrankheiten und dem gelben Fieber. Beim Publikum hatte er als Arzt wenig Ansehen, da dieses ihn zu gelehrt fand und er selbst am Krankenbette ängstlich war und wenig Zuversicht in seine Kuren setzte; trotzdem war er von 1811 bis zu seinem Tode Arzt am St. Georgshospital in London. Seine Privatpraxis gab er fast ganz auf, als er 1818 zum Sekretär des Längenbureaus ernannt und mit der Herausgabe des Nautical Almanac betraut wurde. In diesem veröffentlichte er Arbeiten über Mittel, die Linienschiffe zu verstärken, über Ebbe und Flut u. s. w. Durch seine Stellung als Herausgeber kam er in unangenehme Fehden, so besonders mit Brougham, dem nachmaligen Lord Chancellor von England. Hierdurch wurde seine Gesundheit sehr geschwächt, und er starb am 10. Mai 1829 an einer Verkücherung der Aorta. Sein

Leichnam wurde in der Familiengruft seiner Frau Elise Maxwell aus Trippendence im Dorfe Farnborough in Kent beigesetzt. An der Kirchenwand befindet sich auf einer weißen Marmortafel eine Inschrift, deren Original, von Hudson Gurney verfaßt, unter dem Porträtmedaillon Youngs in der Westminsterabtei steht.



Ampère.

André Marie Ampère wurde am 22. Januar 1775 in Lyon als Sohn des Geschäftsmannes Jean-Jacques Ampère geboren; sein Vater stand in seinem Heimatsort als gebildeter Mann in großem Ansehen. Bald nach der Geburt des André Marie zogen sich die Eltern auf ein kleines Dorf bei Lyon, Poleymieux lès Mont d'or zurück, wo der Knabe viel auf sich selbst angewiesen war. Noch ehe Ampère lesen und schreiben konnte, führte er mit Kieselsteinchen und Bohnen lange Rechnungen aus. Als er lesen konnte, verschlang er alle Bücher, die ihm zu Gesicht kamen; besonders aber las er, im Alter von 13—14 Jahren, die 20 Bände des großen Dictionärs von d'Alembert und Diderot. Von der Lyoner Stadtbibliothek wünschte er Bernoullis und Eulers Werke zu haben, hörte aber, daß sie lateinisch geschrieben wären; da er bis dahin kein Latein getrieben hatte, beschäftigte er sich sofort mit dieser Sprache und brachte es in ganz kurzer Zeit so weit, daß er die obengenannten Schriften lesen konnte. 1793 kehrte sein Vater nach Lyon zurück, um die Stelle eines Friedensrichters zu übernehmen; leider zu seinem Un-

glück, denn er wurde als Aristokrat verdächtigt und auf Schafott geführt. Dies traf den 18jährigen Sohn so schwer, daß ein ganzes Jahr lang seine Geistes- und Gemütskräfte vollständig daniederlagen. Wieder aufgerichtet wurde er durch das Studium der „Botanik“ von Rousseau und der Oden von Horaz; bald darauf war Linné seine Lieblingslektüre. Um sein Leben zu fristen, wurde er Privatlehrer der Mathematik in Lyon und studierte daselbst in seiner freien Zeit die Chemie von Lavoisier. Am 2. August 1799 heiratete er Julie Carron, die er jedoch schon am 13. Juli 1804 durch den Tod verlor. Später erhielt er den Lehrstuhl der Physik an der Zentralschule des Departements Ain, die sich in Bourg en Bresse befand; bald darauf wurde er Repetent und 1809 Professor der Analysis und Mechanik an der polytechnischen Schule zu Paris. 1814 ernannte ihn die Regierung zum Mitglied des Instituts und 1824 zum Professor der Physik am Collège de France.

Im Jahre 1802 gab er eine Schrift heraus unter dem Titel: „Betrachtungen über die mathematische Theorie des Spiels“; um dieselbe Zeit beschäftigte er sich mit der Anwendung der Variationsrechnung auf die Mechanik. 1813 veröffentlichte er ein Werk über die Integration der Differentialgleichungen. Von physikalischen Arbeiten, außer den später zu erwähnenden elektrodynamischen, sind zu erwähnen der Beweis des Mariotteschen Gesetzes und die Bestimmung der krummen Fläche der Lichtwellen in einem Mittel, dessen Elastizität nach drei Richtungen verschieden ist; er war einer der ersten, welche die Wärmewirkungen auf eine Bewegung der Molekeln zurückführen wollten.

Ampère hat seinen Namen unsterblich gemacht durch seine Erfindungen und seine Theorie der Elektrodynamik, mit der er sich seit 1820 beschäftigte. Als Ørsted in diesem Jahre gefunden hatte, daß eine Magnetnadel verschieden abgelenkt wird, je nachdem ein elektrischer Strom in verschiedener Richtung unter der Nadel herläuft, untersuchte Ampère diese Erscheinung genauer. Er gab für die Richtung der Ablenkung die bekannte Schwimmerregel, die sofort von allen Physikern statt der umständlicheren Ørsted's angenommen wurde. Sieben Tage nachdem Ampère von den Versuchen Ørsted's gehört hatte, am 18. September 1820, fand er schon den Satz, daß gleichgerichtete Ströme sich anziehen und entgegengesetzte sich abstoßen; er wies dies nach durch das sogen. Ampèresche Gestell, welches heute noch allgemein im Gebrauch ist. Er nannte die von ihm entdeckten Erscheinungen elektrodynamische, zum Unterschied von den durch Ørsted entdeckten elektromagnetischen. In demselben Jahre schlug er vor, die Ablenkung der Nadel, zum Telegraphieren zu benutzen. 1821 erfand er die astatische Nadel und 1822 beschrieb er das Solenoid. Ampère gab eine neue Erklärung des Magnetismus, indem er jeden Magneten als ein Solenoid betrachtete, da er gefunden hatte, daß ein Drahtsolenoid in allem einem Magneten äquivalent ist; er dachte sich alle einzelnen Eisenmoleküle von Strömen umflossen, so daß jedes Molekül ein Elementarmagnet wird. Bald nachher erfann er auch Apparate, um zu zeigen, daß die Erde als Magnet auf elektrische Ströme wirkt und demgemäß diese Ströme richtet. Seine Entdeckungen erregten großes Aufsehen; einige Wochen hindurch suchten viele Gelehrte die bescheidene Woh-

nung Ampères in der Rue Fossés-Saint-Victor auf, wo ein von einem galvanischen Strom durchflossener Platindraht zu sehen war, der sich unter dem Einflusse des Erdmagnetismus in den Meridian stellte. Ampère führte den Begriff Stromstärke oder Intensität in die Physik ein, und ihm zu Ehren wurde die Einheit derselben mit seinem Namen bezeichnet.

Durch die vielen kostspieligen Apparate, die er konstruierte, wurde Ampère, der ohne Vermögen war, gezwungen, neben seinen Versuchen und wissenschaftlichen Arbeiten auch noch Ämter zu übernehmen, die sein Einkommen erhöhten; dadurch wurden seine Kräfte aufs höchste ausgenutzt und der Grund zu seiner Krankheit gelegt. Seine Freunde brachten ihn endlich so weit, daß er im Mai 1836 auf Reisen ging, um sich zu erholen. Ein hitziges Fieber jedoch gesellte sich zu seinem chronischen Brustleiden; er starb insolgedessen schon am 10. Juni 1836 zu Marseille.



Malus.

Die Heimat von Etienne Louis Malus war Paris, wo er am 23. Juli 1775 als Sohn des Schatzmeisters Anne Louis Malus du Mitry geboren wurde. In seiner ersten Jugend warf er sich hauptsächlich auf das Studium des Lateinischen und Griechischen, und noch in seinem Alter konnte er lange Stellen aus der Ilias, aus Vergil und Horaz hersagen. Zugleich aber studierte er fleißig Geometrie und Algebra. 1793 bestand er die Prüfung zur Aufnahme in die

Ingenieurschule zu Mézières. Als aber diese Schule kurz nachher aufgelöst wurde, trat er als Freiwilliger bei der Armee ein und wurde als Erdarbeiter bei den Befestigungen von Dünkirchen verwandt. Hier fiel er bald dem Leiter der Arbeiten auf, und dieser schickte ihn zu der eben gegründeten polytechnischen Schule, wo er besonders von dem Mathematiker Monge geachtet wurde. Später erlangte er die Stelle eines Instruktors an der Anstalt. Am 20. Februar 1796 wurde er als Unterleutnant in die Ingenieurschule zu Metz aufgenommen und am 19. Juni 1796 zum Kapitän im Geniekorps ernannt. Als solcher nahm er teil an den Schlachten an der Sambre und Maas, ging mit über den Rhein und focht bei Altenkirch mit. 1797 kam er nach Gießen in Garnison, wo er sich mit der Tochter des Universitätsprofessors Koch verlobte, die er 1801 heiratete. 1798 nahm er rühmlichen Anteil an der Erstürmung von Malta und wurde darauf nach Ägypten geschickt, wo er an der berühmten Schlacht an den Pyramiden teilnahm. In Kairo wurde er in das von Napoleon gegründete ägyptische Institut aufgenommen. Er war besonders thätig bei der Unterdrückung des Aufstandes in dieser Stadt und wurde dadurch mit General Kleber befreundet. Bei der Expedition nach Syrien erkrankte er in Jassa an der Pest, von der er wunderbarerweise ohne ärztliche Hilfe geheilt wurde. Als Bataillonschef griff er die Befestigungen von Damiette an und ging mit dem Bajonett in der Hand zum Sturm vor. Später beteiligte er sich noch an der Schlacht bei Heliopolis und kam am 14. Oktober 1801 wieder in Marseille an. 1804 war er mit der Befestigung von Antwerpen beschäftigt

und leitete danach als Unterdirektor der Fortifikation in Straßburg den Wiederaufbau des Forts Kehl. 1809 lehrte er nach Paris zurück, wurde Major im Geniecorps und Examinator an der polytechnischen Schule.

In Agypten schon hatte sich Malus mit optischen Untersuchungen beschäftigt. 1807 verfaßte er eine analytische Optik und eine Abhandlung über die brechende Kraft undurchsichtiger Körper. Sein Hauptverdienst um die Wissenschaft erwarb er sich im Jahre 1808. In diesem Jahre stellte die Pariser Akademie die Preisaufgabe: „Aufstellung einer mathematischen und durch die Erfahrung bestätigten Theorie der Doppelbrechung, welche das Licht beim Durchgang durch krystallisierte Substanzen erleidet.“ Malus beschäftigte sich sofort mit dieser Aufgabe. Als er eines Abends zufällig durch einen Kalkspatkrystall den Reflex der Sonne an den Fenstern des gegenüberliegenden Hauses betrachtete, merkte er, daß der Krystall statt des gewöhnlichen Doppelbildes nur ein Bild zeigte, und zwar das ordentliche oder außerordentliche, je nach der Lage des Auges. Er setzte in der Nacht seine Versuche bei Kerzenlicht fort, indem er die Fenster Scheibe durch einen Wasser- und Glaspiegel ersetzte, und fand dieselbe Erscheinung. Bald darauf fand er auch, daß diese Polarisation, wie er die Erscheinung nannte, nicht nur durch Kalkspat austritt, sondern auch durch zwei Spiegel hervorgerufen werden kann. Er fand, daß ein Lichtstrahl vollständig reflektiert wurde, wenn die beiden Spiegel parallel waren, und daß er vollständig durchgelassen wurde, wenn sie zu einander senkrecht standen. Er bemerkte auch schon, daß die Polarisation des Lichtes abhängig vom Reflexionswinkel

ist; den genauen Zusammenhang fand erst Brewster im Jahre 1815. Später untersuchte Malus die Doppelbrechung an den verschiedensten Krystallen, die man bis dahin nicht als doppelbrechend gekannt hatte. Im Jahre 1811 fand er gleichzeitig mit Biot die Polarisation des Lichtes bei einfacher Brechung. Eine Entscheidung, ob diese Thatfachen durch die Emissions- oder Undulationstheorie zu erklären seien, gab Malus nicht; zuerst war er entschiedener Anhänger der ersten Theorie, später scheint er jedoch mehr zur Annahme der zweiten geneigt gewesen zu sein.

Auf Grund seiner Untersuchungen wurde Malus die Rumford-Medaille der Royal Society zuerkannt; die Akademie wählte ihn zu ihrem Mitglied als Nachfolger Montgolfiers. In der Mitte des Jahres 1811 stellten sich bei Malus die ersten Anzeichen der Lungenschwindsucht ein und schon am 23. Februar 1812 starb er, wahrscheinlich, weil seine Kräfte durch die Pest zu sehr geschwächt worden waren. Seine Gattin, die ihm in den letzten Tagen eine treue Pflegerin war, überlebte ihn nur wenige Monate.



Zamboni.

Giuseppe Zamboni wurde am 1. Juni 1776 zu Verona geboren und war später Professor der Physik am Lyceum seiner Vaterstadt. Durch die Arbeiten Deluc's kam er auf die Konstruktion der nach ihm benannten trockenen Säule; sie bestand aus Blättchen von Silberpapier, die auf der Papierseite mit pulverisiertem Braunstein überzogen waren.

Er beschrieb sie in zwei Abhandlungen im Jahre 1812 und 1813. Obwohl man sich anfangs viel von diesem Instrumente versprach, ist es heute nur noch im Bohnenberger'schen Elektro-fkop gebräuchlich, in welchem aber Gold- und Silberpapierblättchen aufeinander geflebt sind. Zamboni starb am 25. Juli 1846 zu Verona.



Gauß.

Karl Friedrich Gauß kam am 30. April 1777 in einem armseligen, kleinen Hause auf dem Wendengraben in Braunschweig zur Welt. Sein Vater, Gebhard Dietrich, war im Sommer Maurer und im Winter Schlächter; später wurde er Wasserkunstmeister, beschäftigte sich mit Gemüsebau und war Bote bei der Sterbekasse. Als seine erste Frau 1775 gestorben war, heiratete Gebhard Dietrich die Steinhauers-tochter Dorothea Benzen aus Belpke, welche die Mutter des berühmten Mathematikers und Physikers wurde.

Nachdem Gauß die Katharinen'schule besucht hatte, wurde er auf Betreiben des Aushilfslehrers Bertels auf das Gymnasium geschickt; nach dessen Absolvierung kam er mit einem herzoglichen Stipendium an das Kollegium Karolinum in Braunschweig und von da ging er 1795 an die Universität Göttingen, wo er bis 1798 blieb und sich hauptsächlich mit Mathematik beschäftigte. Im Jahre 1795 erfand er die Methode der kleinsten Quadrate, und im April 1796 konnte er schon bekannt machen, daß außer den bekannten regulären Vielecken noch andere, z. B. das Siebzehneck, einer geometri-

schen Konstruktion fähig sind. Im Jahre 1798 kehrte Gauß in seine Vaterstadt zurück und promovierte 1799 in absentia zu Helmstädt mit einer Arbeit, in welcher er bewies, daß jede algebraische Gleichung soviel Wurzeln besitzt, als sie Gradeinheiten enthält. 1801 erschienen seine *Disquisitiones arithmeticae*, in welcher er den Grund zur heutigen Zahlentheorie legte.

Als am 1. Januar 1801 Piazzi in Palermo einen neuen Planeten, Ceres Ferdinandea, entdeckt hatte, berechnete Gauß die Bahn dieses Sternes. Auf Grund dieser Berechnungen gelang es, den verloren geglaubten Planeten wieder aufzufinden. 1802 erhielt Gauß, der schon am 31. Januar 1801 zum Mitglied der Petersburger Akademie ernannt worden war, einen Ruf als Direktor der Petersburger Sternwarte. Trotz der glänzendsten Bedingungen schlug Gauß diese Stellung ab, da die Annahme ihm als Undank gegen sein Vaterland und den Herzog von Braunschweig erschien. Deshalb wurde ihm, da er noch keine Stellung besaß, jetzt von seinem Fürsten ein Jahresgehalt von 650 Thalern ausgesetzt, welche Summe im Jahre 1807 noch erhöht wurde. Im Jahre 1803 ging Gauß nach Gotha, um auf der Seeberger Sternwarte den Gebrauch der astronomischen Instrumente einzuüben. Am 9. Oktober 1805 heiratete er Johanna Osthoff, die Tochter eines reichen Weißgerbermeisters, die ihm im nächsten Jahre einen Sohn schenkte, bei dem Piazzi die Patenstelle übernahm. 1807 erhielt er endlich einen Ruf als Professor nach Göttingen und damit seine erste feste Anstellung. 1809 sollte er 2000 Frs. als Beitrag zur Kriegskontribution an das Königreich West-

falen bezahlen; Lagrange erbot sich, diese Summe für ihn auszuwerfen, allein Gauß schlug dies großmütige Anerbieten aus. Inzwischen waren sein Vater, seine Frau und eines seiner Kinder gestorben, und er vermählte sich am 4. August 1810 mit der Freundin seiner verstorbenen Frau, der Tochter des Hofrats Waldeck. Trotz der vielen harten Schicksalsschläge beendete er 1809 seine *Theoria motus corporum coelestium*. Er hatte das Werk ursprünglich in deutscher Sprache geschrieben und sollte es auf Wunsch des Verlegers ins Französische übersetzen lassen; Gauß weigerte sich und übersetzte es selbst ins Lateinische. In diesem Werke veröffentlichte er seine Theorie der kleinsten Quadrate, die er schon 1795 entdeckt hatte; ihm gebührt also das Vorrecht vor Legendre, der sie 1806 veröffentlicht hatte. Auf Grund dieser Arbeit wählten alle wissenschaftlichen Gesellschaften Gauß zu ihrem Mitglied. 1810 erhielt er auf Veranlassung v. Humboldts einen Ruf nach Berlin, den er jedoch ausschlug. Am 22. August 1811 sah Gauß zum erstenmal den großen Kometen dieses Jahres und berechnete die parabolischen Elemente desselben. Als 1816 die neue Sternwarte fertig geworden war, reiste Gauß nach München, um mit Fraunhofer und andern Gelehrten den Bau der erforderlichen Instrumente zu besprechen. Von jetzt ab beschäftigte er sich lange Zeit mit der Gradmessung, wobei er die Messung mit großen Dreiecken einführte und das aus zwei aufeinander senkrecht stehenden Spiegeln bestehende Heliotrop erfand. Auf der Versammlung deutscher Naturforscher zu Berlin im Jahre 1828 lernte er Wilhelm Weber kennen, der auf seine Veranlassung 1831 nach Göttingen berufen wurde.

Durch Zusammenarbeiten mit Weber wurde in kurzer Zeit die Lehre vom Erdmagnetismus, über den man bis dahin nur wenig wußte, bedeutend gefördert. 1833 veröffentlichte Gauß eine Abhandlung über die Bestimmung der absoluten Intensität des Erdmagnetismus durch Schwingungsversuche vermittelst des Magnetometers; in dieser Arbeit finden sich auch die Anfänge des allgemeinen mechanischen Maßsystems. In demselben Jahre streckte er mit Weber die telegraphische Leitung zwischen dem physikalischen Kabinett und der Sternwarte zu Göttingen. 1834 gründete er mit Alexander v. Humboldt den Magnetischen Verein, durch welchen alle 44 Stunden die Variation der Declination an verschiedenen Stationen beobachtet wurde. 1837 erfand er das Bifilar-magnetometer zur Beobachtung der Variation der Intensität. Auf Grund der im Magnetischen Verein beobachteten Resultate gab Gauß 1839 eines seiner bedeutendsten Werke: „Allgemeine Lehrsätze in Beziehung auf die im verkehrten Verhältnis des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstößungskräfte“, und 1840 eine allgemeine Theorie des Erdmagnetismus heraus. Die erste Arbeit regte das Interesse der Fachgelehrten für die Potentialtheorie in hohem Maße an und lieferte schon eine vollständige Theorie des Potentials; in der zweiten Arbeit bestimmte Gauß die Lage der Pole und die magnetischen Momente der Erde nach absolutem Maß. Bald nachher organisierte er die Universitäts-Witwen- und Waisenkasse, und zwar in einer solchen Weise, daß diese Institution in Göttingen noch heute als Muster aller solchen Einrichtungen besteht. Als er am 16. Juli 1849 sein fünfzigjähriges Doktorjubiläum feierte,

überreichte er der Universität seine letzte Schrift: „Beiträge zur Theorie der algebraischen Gleichungen“, in welcher er denselben Gegenstand behandelte, mit dem er sein Doktor-Diplom erwarb. 1852 fing Gauß an zu kränkeln und starb am 23. Februar 1855 an Herzerweiterung.

Gauß, der vor allem Mathematiker war, beschäftigte sich mit solchen physikalischen Gegenständen, denen sich ein mathematisches Interesse abgewinnen ließ. Die Mathematik war ihm die Königin der Wissenschaften und neben der klassischen Litteratur die Hauptbildnerin des menschlichen Geistes. Durch sein Forschen wurde er nicht zu materialistischen Anschauungen geleitet, sondern er hielt stets fest an seinem Glauben, daß die menschliche Seele ein unvergängliches Wesen sei.

An dem Geburtshause von Gauß befindet sich heute eine Gedenktafel, und ein öffentlicher Platz seiner Vaterstadt ist nach ihm benannt worden. Am 17. Juni 1899 wurde in Göttingen ein Denkmal, das ihm und seinem Mitarbeiter Weber gewidmet ist, enthüllt.



Örsted.

Hans Christian Örsted wurde am 14. August 1777 zu Rudkjöbing auf Langeland als der Sohn eines Apothekers geboren. Von 1794 an besuchte er die Kopenhagener Universität, wurde 1799 pharmazeutischer Adjunkt der medizinischen Fakultät und erlangte 1800 das Doktorat. Von 1801 bis 1803 bereifte er Deutschland, Holland und Frankreich

und hielt nach seiner Rückkehr in Kopenhagen Vorlesungen über Chemie und Physik. 1806 wurde er daselbst außerordentlicher Professor. 1808 wurde er Mitglied der königlich dänischen Gesellschaft der Wissenschaften und machte 1812 und 1813 wissenschaftliche Reisen, wobei er in Berlin und Paris eine Abhandlung über die chemischen Naturgesetze herausgab. Nachdem er 1817 ordentlicher Professor der Physik geworden war, machte er am 21. Juli 1820 bei Gelegenheit von Vorlesungen über Galvanismus, Magnetismus und Elektrizität die Entdeckung des Elektromagnetismus. Er fand, daß eine frei aufgehängte Magnetnadel, unter der ein galvanischer Strom in der Richtung vom Nordpol nach dem Südpol floß, nach Osten, wenn der Strom aber über der Nadel hinweg ging, nach Westen abgelenkt wurde. Floß der Strom nicht mitten unter oder über der Nadel, so erfolgten nur kleine Hebungen und Senkungen des einen und des andern Poles, und stand die Richtung des Stromes senkrecht auf der Schwingungsebene, so fand überhaupt keine Einwirkung statt. Da der Draht hierbei glühend wurde, so glaubte Ørsted, daß eine größere Säule oder eine größere Anzahl von Becherapparaten zur Hervorbringung der Wirkungen nötig sei. In demselben Monat noch machte er verschiedene Gelehrte und gelehrte Körperschaften auf seine Erfindung aufmerksam. In dieser Mitteilung erklärte er die Erscheinung dadurch, daß die Elektrizität auf die magnetischen Teile einwirkte und daß diese durch den entgegen gesetzten Widerstand in Rotation versetzt würden. Obwohl diese seine Annahme bald durch Ampère widerlegt wurde, so gebührt ihm doch die Ehre der Erfindung. Aus

Anlaß derselben erhielt Örsted von der Royal Society die Copley-Medaille und vom Pariser Institut einen Preis von 3000 Frcs.

In demselben Jahre noch konstatierte Örsted, daß eine Vermehrung der Plattenpaare in der Säule wenig zur Vergrößerung der Wirkungen beitrage und daß ein Glühen der Leitungsdrähte keineswegs nötig sei. Ebenso bewies er, indem er ein Kastenelement leicht beweglich an einem Faden aufhing, daß auch umgekehrt der Magnet den Strom abzulenken vermöge. 1822 stellte er die erste Thermo säule aus mehreren Seebeck'schen Paaren zusammen und schlug vor, die Erscheinungen mit dem Namen thermo-elektrische zu bezeichnen, während Seebeck an dem Namen thermo-magnetisch festhielt. Auch um die Verbesserung der Coulomb'schen Drehwage hat sich Örsted sehr verdient gemacht. Er vertauschte nämlich das Schellackstäbchen Coulombs mit einem Messingstäbchen, an das zum Befestigen des Fadens ein schwach magnetischer Eisenbügel aufgelötet war, dessen Magnetismus auch dem Messingbalken eine feste Anfangsrichtung gab; die Zuleitung der Elektrizität erfolgte an seinem Instrument nicht durch eine Kugel, sondern durch zwei Messingarme, die auf die beiden Enden des Wagebalkens wirkten.

Nach einer Reise durch England in den Jahren 1822 und 1823 gründete Örsted in Dänemark eine Gesellschaft zur Verbreitung der Naturlehre, die in den verschiedensten Städten Vorlesungen hielt. 1829 wurde er Direktor des neugegründeten polytechnischen Instituts von Dänemark. 1850 erschien sein populärstes Werk: „Der Geist in der Natur“, das in verschiedene Sprachen übersetzt wurde. Bei

Gelegenheit seines fünfzigjährigen Doktorjubiläums am 9. November 1850 schenkte ihm der König eine Besitzung in der Nähe von Kopenhagen. Er starb am 9. März 1851.



Gay-Lussac.

Louis Joseph Gay-Lussac wurde am 6. Dezember 1778 zu Saint-Léonard, einer kleinen Stadt im Departement Haute-Vienne, geboren; sein Vater war Staatsanwalt und Richter. Unter der Leitung eines Geistlichen, dem Gay-Lussac stets die größte Anhänglichkeit bewies, begann er seine Studien. Sein Vater wurde im Revolutionsjahr 1789 als Verdächtiger gefangen gesetzt; als er seine Freiheit wiedererlangt hatte, schickte er seinen Sohn in eine Pension nach Paris. 1795 wurde Gay-Lussac Zögling der polytechnischen Schule, wo er sich durch Privatstunden seinen Lebensunterhalt verschaffte. Im Jahre 1800 nahm ihn der berühmte Chemiker Berthollet als Gehilfen an und übertrug ihm eine Untersuchung, bei welcher Gay-Lussac zu ganz andern Resultaten gelangte, als Berthollet vermutet hatte. Hierdurch wurde Berthollet auf das junge Talent aufmerksam gemacht; er nahm seinen Schüler als Tischgenossen auf und führte ihn tiefer in die Kenntnisse der Chemie ein. Lussac blieb auch bei seinem Meister, nachdem er 1802 zum Repetenten an der polytechnischen Schule ernannt worden war; als solcher vertrat er oft seinen Lehrer. Am 24. August 1804 stieg er mit Biot in einem Luftballon auf, um die Abhängigkeit des Erd-

magnetismus von der Höhe festzustellen; er war demnach der erste, der den Ballon zu wissenschaftlichen Zwecken benutzte. Am 16. September 1804 stieg er allein auf, und zwar bis zu einer bis dahin nie erreichten Höhe von 7016 m. Bei diesem Aufstieg wiederholte er seine ersten Versuche und untersuchte auch die Veränderung der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft.

1805 und 1806 bereifte er mit Alexander v. Humboldt Italien und Deutschland, wohl ausgerüstet mit meteorologischen Instrumenten und Vorrichtungen zur Bestimmung der magnetischen Abweichung und Intensität. Auf dieser Reise beobachtete er mit dem deutschen Geologen Leopold v. Buch die Ausbrüche des Vesuv, die zu dieser Zeit stärker als je auftraten. 1806 reiste er von Berlin, wohin er sich mit Humboldt begeben hatte, ab, und im nächsten Jahre veröffentlichte er das nach ihm benannte Gesetz, daß alle Gase durch die Wärme in gleicher Weise ausgedehnt werden. Er fand den Ausdehnungskoeffizienten der Luft zu 0,00375, während Magnus und Regnault 0,003665 angaben und zugleich fanden, daß die Ausdehnung der verschiedenen Gase nicht genau dieselbe sei. 1808 stellte Lussac das Gesetz auf, daß alle Gase dem Volumen nach sich in einfachen Verhältnissen verbinden; bei dieser Untersuchung erfand er das Kathetometer, wenn auch nicht in seiner heutigen Gestalt. In demselben Jahre wurde er Professor der Physik an der Sorbonne zu Paris und 1809 Professor der Chemie an der polytechnischen Schule. 1813 erkannte er das Jod als Element in der Asche, die bei der Salpeterfabrikation sich bildete; drei Jahre später fand er das Cyan. Im folgenden Jahre

konstruierte er das nach ihm benannte tragbare Heberbarometer. Aber nicht nur der Wissenschaft diente Lussac, auch die Technik verdankt ihm große Fortschritte; so z. B. erfand er ein Alkoholometer und Alkalimeter; ferner erdachte er Mittel, um die Schwefelsäure billiger herzustellen, und ersann ein einfaches Verfahren, um Legierungen von Gold und Silber zu analysieren.

Sein Vaterland ehrte den Gelehrten dadurch, daß er 1832 zum Professor am Jardin des plantes und 1839 zum Pair von Frankreich ernannt wurde. Gay-Lussac war des Italienischen, Englischen und Deutschen vollkommen mächtig und konnte auf diese Weise die Arbeiten der berühmten Forscher aller Länder im Original studieren. Sein Vortrag war, im Gegensatz zu seinem Landsmann und Zeitgenossen Ampère, klar und schlicht, so daß er einer der bedeutendsten Lehrer seiner Zeit war. In seinem Laboratorium herrschte die größte Ordnung; die Geräte, die er meist selbst anfertigte, zeichneten sich durch sorgfältige Ausführung aus. Am 3. Juni 1808 wurden seine Augen verletzt durch eine Explosion bei der Darstellung von Kalium; hierdurch blieben sie das ganze Leben hindurch rot und schwach. Später wurde er empfindlich an den Händen verletzt durch eine Explosion von Kohlenwasserstoffverbindungen. Er starb am 9. Mai 1850 an der Wassersucht.

Nobili.

Leopoldo Nobili wurde 1784 zu Trassilico bei Reggio geboren; er war zuerst Artilleriekapitän und später Professor der Physik am großherzoglichen Museum zu Florenz.

Im Jahre 1825 verband Nobili die von Ampère erfundene astatiche Nadel mit dem von Schweigger und Boggen-dorff erfundenen Multiplikator; er brachte die Nadeln derart an, daß die eine in dem mit Draht überspannten Rahmen, die andere über demselben ihren Platz erhielt, wodurch die Wirkung des Stromes auf die Nadel verdoppelt wurde. Hierdurch machte er den Multiplikator zu dem anerkannt besten Galvanometer. 1826 fand er die nach ihm benannten Ringe, die sich auf polierten Metallflächen bilden, welche mit essigsaurem Blei bedeckt sind, durch welches ein galvanischer Strom geht. In diesem Falle entstand jeder Elektrode gegenüber eine Figur; war jedoch eine der Elektroden mit der Platte verbunden, so entstanden konzentrische Kreise, welche Interferenzfarben zeigten. Diese Anordnung wurde später, besonders durch Guéthard, zur Galvanochromie oder Metallochromie ausgebildet, um kleine Metallgegenstände mit farbigen Kurven zu schmücken. 1830 konstruierte er zum Studium der strahlenden Wärme die Thermosäule oder, wie er sie nannte, den Thermomultiplikator, indem er eine Anzahl Wismut- und Antimonstäbchen an ihren Enden abwechselnd aneinander lötete und diese Streifen in parallelen Reihen so anordnete, daß wieder verschiedene Metalle aneinander stießen.

Nobili starb am 5. August 1835 zu Florenz.

Arago.

Dominique François Jean Arago wurde am 26. Februar 1786 zu Estagel bei Perpignan geboren, wo sein Vater Licentiat der Rechte war. Als sein Vater in Perpignan Schatzmeister bei der Münze wurde, siedelte die Familie dorthin über, und François besuchte das dortige Gymnasium; da er vorhatte, in die polytechnische Schule einzutreten, besuchte er den mathematischen Kursus an der Zentralschule und bereitete sich hauptsächlich privatim vor durch das Studium der Schriften von Euler, Lagrange und Laplace. Bei seiner Aufnahmeprüfung durch Monge erhielt er den ersten Platz; 1803 trat er in die polytechnische Schule ein. Durch Poisson wurde er bald nachher Sekretär der Sternwarte und arbeitete dort mit Laplace und Biot zusammen. Auf Wunsch von Laplace wurde er vom Längenbureau dazu ausersehen, die Gradmessung zwischen Dünkirchen und Barcelona gemeinschaftlich mit Biot zu beenden. Im Anfang des Jahres 1806 brach er nach Spanien auf. Bei Beginn der Feindseligkeiten zwischen Spanien und Frankreich wurde er in Palma gefangen genommen, flüchtete jedoch bald auf ein Schiff, das nach Algier segelte. Auf der Fahrt von dort nach Marseille wurde er wiederum von einem spanischen Kreuzer gefangen genommen und nach Rosas und von da nach Palamos gebracht. Als endlich zu Ende des Jahres sein Schiff freigegeben war, wurde er durch einen Sturm nach Bugia verschlagen, von wo er sich zu Fuß nach Algier begab. Im Juni 1809 segelte er nach Frankreich und landete endlich im Juli glücklich in Marseille. Nach einem kurzen Besuche seiner Familie eilte er

nach Paris und wurde wenige Tage nach seiner Ankunft, im Alter von 23 Jahren, zum Mitglied der Akademie gewählt. Noch in demselben Jahre kam er als Nachfolger des Mathematikers Monge an die polytechnische Schule und las dort hauptsächlich über Anwendung der Analysis auf die Geometrie. Nach seiner Ernennung zum ständigen Sekretär der Akademie für die mathematischen Wissenschaften im Juni 1830 legte er seine Stelle am Polytechnikum nieder. 1831 wurde er Kammermitglied und 1848 als Mitglied der provisorischen Regierung Kriegs- und Marineminister. Er starb am 2. Oktober 1853 zu Paris.

Die wissenschaftlichen Arbeiten Aragos beziehen sich auf verschiedene Teile der Physik. Er entdeckte die farbige oder chromatische Polarisation, durch welche er auf die Erfindung des Polariskops, des Photometers und des Cyanometers geleitet wurde. Seine Versuche über chromatische Polarisation machten es Arago schon vor dem Jahre 1810 möglich, physikalisch festzustellen, daß das Sonnenlicht nicht von einer glühenden festen oder flüssigen Masse ausgesendet wird, sondern von einer gasartigen Hülle. Ferner wurde er dadurch in den Stand gesetzt, nachzuweisen, daß das diffuse Licht der Atmosphäre teilweise durch Reflexion polarisiert ist. Arago beobachtete zuerst genauer die Verschiebung der farbigen Streifen, welche durch die Begegnung zweier Lichtstrahlen hervorgebracht wird, wenn einer derselben eine dünne, durchsichtige Lamelle, etwa Glas, durchläuft; da diese Erscheinung eine Verzögerung des Durchgangs des Lichtes beweist, so wurde hierdurch bewiesen, daß die Emissionstheorie nicht mehr zu halten sei. Im Anschluß an diese Arbeiten gab er eine Er-

Klärung des Flimmerns der Sterne durch die Interferenz. Als es Wheatstone 1835 gelungen war, durch seinen sinnreich konstruirten Apparat die Geschwindigkeit der Elektrizität zu ermitteln, erkannte Arago augenblicklich die Möglichkeit, unter Anwendung desselben Prinzips die Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen. 1850 gelang es ihm endlich, einen brauchbaren Apparat herzustellen; er selbst aber konnte wegen seiner geschwächten Sehkraft an den Beobachtungen nicht teilnehmen, und so führten denn Foucault und Fizeau die Versuche durch.

Arago beobachtete zuerst, daß ein von einem starken Strom durchzogener Leiter magnetisch wird, und es gelang ihm zuerst, Eisen durch den Entladungsfunken einer Leidener Flasche und durch den Strom einer Volta'säule bleibend zu magnetisieren. Durch diese Erfahrung wurde Ampère darauf geführt, mit Hilfe einer Drahtspirale bleibend zu magnetisieren, und Sturgeon wurde in den Stand gesetzt, größere Elektromagnete mit weichen Eisenkernen zu konstruieren. Als Arago mit Biot und Alexander v. Humboldt am Abhange des Greenwicher Hügel's Pendellängen verglich, bemerkte er, daß eine in Unruhe versetzte Magnetnadel sich in der Nähe metallischer Substanzen in kürzerer Zeit beruhigt, als wenn sie von diesen entfernt ist. Diese Erscheinung führte ihn im Jahre 1825 auf die Entdeckung des Rotationsmagnetismus. Die Versuche Arago's zeigten, daß eine Magnetnadel, welche über einer Metallscheibe schwingt, sehr schnell zur Ruhe kommt und daß sie durch eine nahe rotierende Scheibe abgelenkt und zur Rotation gebracht wird.

1822 unternahm Arago mit Gay-Lussac, Humboldt und andern Gelehrten die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in der Luft. Außer diesen Arbeiten leistete Arago auch noch Bedeutendes in der Astronomie und Astrophysik, in der Meteorologie und physikalischen Geographie. Zu erwähnen sind auch noch seine Biographien berühmter Akademiker und seine mustergültige populäre Astronomie.



Fraunhofer.

Joseph Fraunhofer wurde am 6. März 1787 zu Straubing in Bayern geboren. Sein Vater war ein armer Glaser; Joseph mußte seinem Vater im Geschäfte von Jugend an zur Hand gehen, so daß er bis zum 14. Jahre weder lesen noch schreiben konnte. Er kam später in die Lehre zu einem Spiegelmacher und Glaschleifer und 1806 in das mechanisch-optische Institut von Reichenbach, Uhschneider und Liebherr in Benediktbeuren. 1809 wurde er Teilhaber des Geschäfts und übernahm 1818 die Leitung desselben. Als das Geschäft nach München verlegt worden war, wurde Fraunhofer dort Professor, Mitglied der Akademie der Wissenschaft und Konservator des physikalischen Kabinetts.

Die im Jahre 1802 von Wollaston entdeckten dunkeln Streifen im Spektrum des Sonnenlichtes entdeckte Fraunhofer von neuem, da bisher dieser Erscheinung keine Wichtigkeit beigelegt worden war. Er bestimmte mit Hilfe des Theodoliten 500 solcher, heute nach ihm benannter Linien, deren

Hauptgruppen er mit Buchstaben bezeichnete; seine Untersuchungen beschrieb er im Jahre 1814 und 1815. Die Erklärung dieser Linien fand Fraunhofer allerdings nicht; dies gelang erst Kirchhoff. Fraunhofer stellte zuerst genaue Messungen an über die Brechungsexponenten fester und flüssiger Körper mit Hilfe des Theodoliten und entdeckte die chromatische Abweichung des Auges. Auch untersuchte er zuerst das Spektrum des elektrischen Funkens, welches er als ein diskontinuierliches fand, und berechnete die Längen der Lichtwellen in der Luft für diejenigen Stellen des Spektrums, welche durch die dunkeln Linien bestimmt sind.

Fraunhofer starb am 7. Juni 1826 zu München; sein Andenken besteht noch fort in den vielen Fernröhren, die er für die verschiedensten Sternwarten anfertigte. Auf seinem Leichenstein steht die Inschrift: „Er rückte uns die Sterne näher.“



Fresnel.

Augustin Jean Fresnel war geboren am 10. Mai 1788 zu Broglie bei Bernay in der Normandie, wo sein Vater Baumeister war; seine Mutter war eine geborene Mérimée. Bei Ausbruch der Revolution zog sich der Vater Fresnels auf seine kleine Besitzung im Dorfe Mathieu bei Caen zurück. Den ersten Unterricht erhielt der Junge von seinen Eltern, jedoch machte er so schlechte Fortschritte, daß er mit acht Jahren kaum lesen konnte. Am Studium der Sprachen fand er, auch im späteren Leben, keinen Geschmack, da sein Gedächtnis

ihn zu oft im Stich ließ; aber an experimentellen Untersuchungen hatte er schon sehr früh Gefallen gefunden. Im Alter von 13 Jahren kam er mit seinem ältesten Bruder in die Schule zu Caen, wo er an den vortrefflichen mathematischen Stunden von Quenot, dem Fresnel stets große Dankbarkeit erwies, teilnahm. Im Alter von 16 $\frac{1}{2}$ Jahren trat er mit sehr schwacher Gesundheit in die polytechnische Schule ein; im Jahre 1804 zog er durch die beste Lösung einer geometrischen Preisaufgabe die Aufmerksamkeit des Mathematikers Legendre auf sich. Nach Absolvierung der polytechnischen Schule besuchte er die École des ponts et chaussées, wo er sich als Ingenieur ausbildete. Von der Regierung wurde er dann in die Vendée geschickt und leitete dort die Straßen- und Wasserbauten. Hier war er fast neun Jahre thätig und erfüllte seine Pflichten mit der sorgsamsten Genauigkeit, obwohl ihm die Arbeit wenig zusagte. Als Napoleon 1815 wieder in Frankreich landete, stellte er sich sofort als Freiwilliger bei der königlichen Süddarmee. Fast sterbend kam er nach seinem Wohnorte Nyonß im Departement Drôme zurück. Hier wurde er von der kaiserlichen Regierung seines Amtes entsetzt und unter Polizeiaufsicht gestellt.

Diese unfreiwillige Muße benutzte Fresnel, um sich zu seinen wissenschaftlichen Untersuchungen vorzubereiten. Im Jahre 1814 hatte er schon eine Abhandlung über die Erklärung der Aberration der Fixsterne verfaßt, die Bradley entdeckt hatte. In diesem Jahre kannte er die Polarisation des Lichtes noch nicht dem Namen nach, aber er beschäftigte sich so eingehend mit dieser Erscheinung, daß er 1815 der Akademie eine Arbeit über dieses Thema überreichen konnte,

welche 1819 mit einem Preise gekrönt wurde. Von diesem Zeitpunkte an bis zum Jahre 1826 fallen die wichtigsten Untersuchungen Fresnels, der nach der Wiederherstellung des Königtums wieder in sein Amt eingesetzt worden war und seit 1818 ständig in Paris wohnte.

Fast sämtliche Arbeiten Fresnels beziehen sich auf die Optik. Als er seine Untersuchungen anfang, hatte er weder Mikrometer noch Heliostat; er behalf sich mit Draht, einem Karton und einer Linse von kurzer Brennweite. Im Jahre 1816 gab er eine Abhandlung über die Diffraction heraus, in welcher er die Erscheinungen der äußeren Schattenfransen durch die Undulation erklärte; mittels der Interferenz erklärte er später die Farben dünner Blättchen. Später zeigte Fresnel die Verwandtschaft zwischen Polarisation durch Reflexion und der Doppelbrechung von Krystallen. In Verbindung mit Arago gelang es ihm, durch den nach ihm benannten Spiegelversuch nachzuweisen, daß zwei polarisierte Lichtstrahlen, deren Polarisationsebenen parallel sind, wie gewöhnliches Licht interferieren, zwei polarisierte Lichtstrahlen hingegen, deren Polarisationsebenen aufeinander senkrecht stehen, nicht interferieren. Im Gegensatz zu der bisherigen Annahme der Anhänger der Undulationstheorie, daß die Lichtschwingungen longitudinal seien, nahm er transversale Schwingungen an. Obwohl Arago, mit dem er während dieser Zeit vielfach zusammen arbeitete, dieser Annahme nicht zustimmte, beharrte Fresnel doch auf seiner Behauptung und drang auch schließlich mit derselben durch. Auf Grund dieser Theorie erklärte er 1821 die Gesetze der Doppelbrechung in Krystallen mit Hilfe eines dreiaxigen Ellipsoids.

Für die Schifffahrt hat Fresnel Bedeutendes geleistet, indem er eine neue Beleuchtung der Leuchttürme durch zusammengesetzte Linsen statt der bis dahin gebräuchlichen Reflektoren einführte. Der erste Turm mit diesen neuen Lampen war der von Cordouan an der Mündung der Gironde, der 1823 gebaut wurde.

Die Ehren für seine Arbeiten blieben Fresnel nicht aus; 1823 wurde er Mitglied der französischen Akademie, 1825 der Royal Society und 1827 erhielt er die Rumford-Medaille. Da er sich für seine Untersuchungen kostspielige Apparate anschaffen mußte, so war er gezwungen, neben seiner Stelle als Ingenieur auch noch andere Ämter zu bekleiden. Er war Examinator an der polytechnischen Schule und Sekretär der Leuchtturmkommission. 1824 befiel ihn infolge seiner vielen Arbeiten ein Blutsturz. Hieraus entwickelte sich ein Lungenleiden, welches ihn zwang, seine wissenschaftlichen Arbeiten aufzugeben. Im Juni 1827 zog er sich aufs Land, nach Ville d'Aray bei Paris, zurück, wo er mit Ruhe seinem Tode entgegenah. Hier pflegten ihn seine Mutter, sein Bruder und ein junger Ingenieur, Namens Duleau, der mit ihm eng befreundet war. Er starb am 14. Juli 1827 in den Armen seiner Mutter.



Ohm.

Georg Simon Ohm wurde am 16. März 1787 zu Erlangen geboren. Seine Ausbildung erhielt er zusammen mit seinem 1792 geborenen Bruder Martin, der als bedeutender

Mathematiker in Berlin 1872 starb, von seinem Vater, der neben seinem Schlosserhandwerke sich eifrig mit Mathematik beschäftigte. Mit 16 Jahren bezog Ohm die Universität Erlangen, um Mathematik zu studieren, und arbeitete nebenbei in der Werkstätte seines Vaters. Nachdem er in Gottstadt im Kanton Bern und in Neuchâtel als Lehrer der Mathematik gewirkt hatte, promovierte er am 25. Oktober 1811 zu Erlangen. Darauf war er drei Semester lang Privatdozent, welche Stellung er wegen seiner knappen Mittel aufgeben mußte. Von 1813 an war er Lehrer zu Bamberg und von 1817 Oberlehrer am Marzellen-Gymnasium zu Köln, wo die späteren berühmten Mathematiker Heis und Lejeune-Dirichlet seine Schüler waren. In Köln begann er seine ersten Arbeiten über Elektrizität. 1825 erschien seine Abhandlung „Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten“, und 1826 eine „Bestimmung dieses Gesetzes“, in welcher schon das nach ihm benannte Gesetz angegeben war. Um mehr Muße für seine wissenschaftlichen Arbeiten zu erlangen und um eine größere Bibliothek, als sie ihm damals Köln bieten konnte, zur Verfügung zu haben, ging er 1826 nach Berlin, wo er an der Kriegsschule nur einige Stunden Mathematik erteilte, sonst sich ganz seinen Untersuchungen widmete. Im Mai 1827 erschien sein grundlegendes Werk „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet“, das ins Französische, Englische und Italienische übersetzt wurde. In dieser Arbeit denkt sich Ohm den elektrischen Strom als wirklichen Strom. Seine Wirkung hängt ab von der Geschwindigkeit des Flusses; diese ist beim gewöhnlichen Strom durch das Gefälle, beim elektrischen Strom

durch die Spannungsdifferenz bedingt. Ohm bezeichnet daher diese Differenz wie beim Wasserstrom mit dem Namen Gefälle. Er kam zu dem Gesetz, daß die Stromstärke der elektromotorischen Kraft direkt und der Länge des Stromkreises indirekt proportional sei. Seine Arbeiten fanden erst nach und nach die richtige Würdigung; in Deutschland waren es besonders Fechner und Poggendorff, welche die große Tragweite des Ohmschen Gesetzes erkannten und für deren Verbreitung sorgten. Erst nachdem Pouillet in Frankreich mit der von ihm konstruierten Tangentenboussole dieselben Gesetze fand und 1837 der Akademie eine diesbezügliche Schrift einreichte, wurde Ohms Name allgemein bekannt, und ihm wurde die Priorität der Entdeckung zuerkannt.

Ohm sah sich jetzt gezwungen, wieder eine Stellung mit festem Einkommen anzunehmen, und ging deshalb 1833 zum Polytechnikum in Nürnberg, wo er Professor der Physik wurde. In der ersten Zeit widmete er sich nur seiner Lehrthätigkeit, jedoch von 1839 an wandte er sich, obwohl ihm jedes musikalische Gehör fehlte, akustischen Untersuchungen zu und veröffentlichte 1839 einen Aufsatz über Kombinations-töne und Stöße. Am 30. November 1841 erhielt er von der Royal Society die Copley-Medaille, und am 5. Mai 1842 wurde er auswärtiges Mitglied dieser Gesellschaft. 1843 erschien seine Abhandlung „Über die Definition des Tones und die Theorie der Sirenen“. Dieses Werk wurde die Grundlage zu den akustischen Arbeiten von Helmholtz, und dieser war es auch, der die Theorie Ohms zur Geltung brachte, während Seebeck sie in scharfer Weise angriff. 1849 wurde der 62jährige Gelehrte als außerordentlicher Professor nach

München berufen, wo er die Stelle Steinheils als Konseruator der physikalischen Sammlungen und als Referent für die Telegraphenverwaltung übernahm. Als Steinheil 1852 zurückkehrte, erhielt dieser seine Stellungen wieder zurück, und Ohm wurde ordentlicher Professor der Physik. Im Anfang des Jahres 1854 wurde er von einem Schlaganfall getroffen; er hielt trotzdem seine Vorlesungen weiter, bis am 6. Juli 1854 ein wiederholter Anfall seinem Leben plötzlich ein Ende setzte.



Daniell.

John Frederick Daniell wurde am 12. März 1790 zu London geboren. Zuerst war er in verschiedenen industriellen Unternehmungen beschäftigt, wurde 1831 Professor an King's College in London und später Mitglied und Sekretär der Royal Society. Er starb am 13. März 1845 zu London.

Nachdem Berzelius 1807 ein Hygrometer konstruiert hatte, das aus einem Thermometer mit einer fein polierten Stahlkugel bestand, erfand Daniell im Jahre 1818, ohne Berzelius' Erfindung zu kennen, ein solches Instrument, dessen beide Kugeln aus gewöhnlichem Glas bestanden. Dieses Hygrometer wurde durch den Jenenser Professor Döbereiner und den Mechaniker Greiner aus Berlin dadurch verbessert, daß die eine Kugel mit einem Ring von dünnem Gold überzogen wurde. In den philosophischen Abhandlungen von 1836 bis 1839 und 1842 beschrieb Daniell seine konstante Kette. Diese bestand aus einem Kupferzylinder, welcher zum Teil mit Kupfervitriollösung gefüllt war; in diesem Zylinder be-

fand sich eine geschlossene Ochsengurgel, welche die Schwefelsäure und das Zink enthielt. Er nannte seine Kette konstant, weil er die gebildete Zinkvitriollösung durch eine Röhre von Zeit zu Zeit abfließen ließ und frische Schwefelsäure nachfüllte, um die elektromotorische Kraft auf ziemlich konstanter Höhe zu halten. Erst später wurde der Name auf alle Ketten angewandt, in welchen keine Polarisation stattfindet. Erst durch die Erfindung der konstanten Daniellschen Kette war es möglich, die Ohmschen Gesetze durch den Versuch nachzuweisen. Daniell fiel es auch schon auf, daß das ausgeschiedene Kupfer sich von der Elektrode ablösen ließ und eine negative Form derselben gab. Hierdurch legte er den Grund zur Galvanoplastik, die durch Jacobi und Spencer weiter ausgebildet wurde.



Morse.

Samuel Finley Breesse Morse wurde am 27. April 1791 zu Charlestown in Massachusetts geboren. Er widmete sich der Malerei und gründete 1825 nach einem Aufenthalt in London eine Malergesellschaft zu New York, aus welcher sich später die National Academy of design entwickelte. 1832 erdachte er auf einer Reise von London nach Amerika seinen Drucktelegraphen, den er 1835 in New York aufstellte. Sein erster Telegraph, den er mit Hilfe des Professors Gale und des Fabrikanten Bail herstellte, entsprach nicht den Erwartungen. 1840 gab er ihm im Prinzip die heutige Ge-

stalt und baute 1843 mit Hilfe der Regierung die Telegraphenstrecke Washington-Baltimore. Am 27. Mai 1844 wurde die erste Depesche durch seinen Apparat befördert, in welchem der Elektromagnet der Empfangsstation 79 kg wog. Sein Apparat wurde später noch bedeutend verbessert und in der heutigen Form durch den Washingtoner Patentanwalt Charles Page hergestellt. Morse wurde später Elektriker mehrerer Gesellschaften und Professor der Naturwissenschaften am Yale College in New Haven. 1857 erhielt er von mehreren Staaten Europas ein großes Geldgeschenk und zog sich später in den Ruhestand nach Poughkeepsie bei New York zurück, wo er am 2. April 1872 starb. In New York wurden ihm 1871 und 1872, also noch zu seinen Lebzeiten, zwei Denkmäler errichtet.



Faraday.

Michael Faraday wurde am 22. September 1791 in Newington Butts bei London als der Sohn des sehr geschickten, aber armen Hufschmiedsgejellen James Faraday geboren. Im 13. Jahre kam Faraday als Laufbursche in die Buchbinderei und Druckerei von Niebau und blieb dort acht Jahre. Da er sehr geschickt und geweckt war, nahm ihn sein Dienstherr nach einem Jahre als Lehrling an. Er las viele von den Büchern, die er binden sollte, so besonders Marcets Gespräche über Chemie und elektrische Abhandlungen; nebenbei führte er die gelesenen chemischen und physikalischen Versuche aus. 1810 und 1811 besuchte er die Vorlesungen

von Tatum über Naturwissenschaften; da er selbst zu arm war, den Eintrittspreis zu bezahlen, streckte ihm sein Bruder das Geld vor. Die Vorträge arbeitete er sorgfältig aus und verehrte sie seinem Meister. Durch dessen Veranlassung nahm ihn Mr. Dance, Mitglied der Royal Institution, mit in die Vorlesungen von Davy, dessen Vorträge er ebenfalls sorgfältig niederschrieb. Nach Beendigung seiner Lehrzeit ging Faraday in das Geschäft von De La Roche, wo es ihm jedoch nicht gefiel. Er schickte seine Ausarbeitung der Davy'schen Vorträge an Davy selbst, und dieser verschaffte ihm 1813 die Stelle eines Assistenten am Laboratorium der Royal Institution mit 25 Schilling Gehalt die Woche. Nachdem er mit Davy und dessen Frau als Sekretär eine Reise durch Frankreich, Italien und die Schweiz gemacht hatte, fing er 1815 an, selbständig zu arbeiten. Er hielt öffentliche Vorträge und veröffentlichte 1816 seine erste Abhandlung über Chemie. Am 12. Juni 1821 verheiratete er sich mit Sara Barnard, der Tochter des Goldschmieds Barnard, des Ältesten der Sandemanikirche zu London, zu welcher Sekte auch Faraday gehörte. Am 8. Januar 1824 wurde er Mitglied der Royal Society, obwohl Davy, mit dem er sich überworfen hatte, seine Aufnahme hintertreiben wollte. 1825 wurde er Direktor der Royal Institution mit einem Gehalt von 100 Pfd. Sterl. und 1827 Professor der Chemie an demselben Institut; nebenbei war er von 1829 bis 1852 an der Royal Academy in Woolwich thätig. Am 29. August 1831 begann er seine Untersuchungen über Magnetismus und Elektrizität, die seinen Namen unsterblich gemacht haben. Als John Fuller 1833 eine Professur für

Chemie stiftete, wurde Faraday erster Fullerian Professor. Hierdurch und besonders durch seine chemischen Analysen erhielt er ein reichliches Einkommen, das durchschnittlich 1000 Pfd. Sterl. betrug; durch seine kostspieligen Untersuchungen jedoch sank es meist auf 150 Pfd. Sterl. 1836 wurde er wissenschaftlicher Berater am Trinity House und 1844 auswärtiges Mitglied der französischen Akademie. Er erhielt die Doktordiplome mehrerer Universitäten und viele Orden und war Mitglied oder Ehrenmitglied von 68 gelehrten Körperschaften. 1858 schenkte ihm die Königin Viktoria ein Haus in Hampton Court, wo er bis zu seinem Tode wohnte. Von 1861 an zog er sich von sämtlichen Ämtern zurück, da seine geistigen und körperlichen Kräfte mehr und mehr abnahmen, so daß er ganz auf die Pflege seiner Nichte Jane Barnard angewiesen war. Er starb am 25. August 1867; seine sterblichen Überreste wurden nach dem Gebrauch seiner Sekte still in Highgate Cemetery beigesetzt.

Nachdem 1821 die Versuche Örsteds und Ampères bekannt geworden waren, gelang es Faraday zu Ende des Jahres, eine Magnetnadel um einen galvanischen Strom in Rotation zu versetzen; bald nachher verdichtete er das bis dahin für permanent gehaltene Chlorgas. 1825—1829 beschäftigte er sich mit der vorteilhaftesten Herstellung von Linsen und 1831 mit Chladnischen Klangfiguren. 1831 entdeckte er die Induktionsströme beim Schließen und Öffnen des Hauptstroms; bald nachher gelang es ihm auch, Induktionsströme durch Magnetismus hervorzurufen. Kurz darauf erklärte er den von Arago entdeckten Rotationsmagnetismus durch die Induktionsströme. 1832 erzeugte er Ströme durch

den Erdmagnetismus, indem er einen weichen Eisenstab in der Richtung der Inklinationsnadel längs der Achse eines Drahtgewindes bewegte. Am 29. Januar 1835 legte er der Royal Society seine Abhandlung über die von ihm gefundenen Extraströme vor.

Zur selben Zeit beschäftigte sich Faraday mit dem Studium der chemischen Wirkung der Volta-Säule und führte die Namen Elektrode, Kathode, Anode, Elektrolyt, Kation und Anion ein. Er fand auf Grund seiner Untersuchungen das nach ihm benannte elektrolytische Grundgesetz, wonach die elektrochemische Wirkung unabhängig von der Größe der Elektroden und der Konzentration der Flüssigkeiten, aber proportional der Elektrizitätsmenge ist; hierbei gebrauchte er zuerst das Voltameter zur Messung der Stromstärke. Auch das Gesetz der elektrolytischen Äquivalente folgerte er schon aus seinen Versuchen; die betreffende Arbeit veröffentlichte er im Jahre 1834. 1840 stellte er den zu dieser Zeit kaum verstandenen Satz auf, daß zur Erklärung der Volta-Säule die Kontakttheorie zu verwerfen, dagegen die elektrochemische Theorie anzunehmen sei, weil nach der Kontakttheorie die Erschaffung einer Kraft aus dem Nichts angenommen würde, was unmöglich sei. Nach einigen kleineren Abhandlungen über die Elektrizität des Bitteraals und die Armstrongsche hydroelektrische Maschine legte er 1844 eine Abhandlung vor über die Drehung der Polarisationssebene eines polarisierten Strahles durch einen starken Elektromagneten; hierdurch wurde Maxwell auf den Zusammenhang zwischen Elektrizität und Licht geführt. Seine letzte große Entdeckung war die des Diamagnetismus. Die betreffende Eigenschaft des Wismuts

war schon vor ihm durch Brugmans bekannt geworden; Faraday jedoch gelang es, den Diamagnetismus anderer Körper zu finden und vor allen eine gültige Theorie der Erscheinung aufzustellen.

Durch die Entdeckung der Magnetinduktion durch Faraday war es erst möglich, die Elektrizität im Dienste der Industrie zu verwerten, da die galvanischen Säulen zu schwach und zu kostspielig waren. Erst die Erfindung der Dynamomaschine, welche auf der Magnetinduktion beruht, hat die Anwendung der Elektrizität auf die Höhe gebracht, auf der sie sich jetzt befindet. In Faraday sehen wir den größten Experimentalforscher vor uns, der, obwohl unbeholfen in Mathematik, wegen seines klaren, nüchternen Verstandes, seines großen Wissenstriebes und seines seltenen Geschickes im Experimentieren der Natur klare und bestimmte Antworten auf eine große Reihe schwerer Fragen durch zielbewußtes Forschen abzutrotzen wußte.



Poggendorff.

Johann Christian Poggendorff wurde am 29. Dezember 1796 zu Hamburg geboren. 1812 war er Apothekerlehrling in seiner Vaterstadt und 1820 Student in Berlin. Als Örsted den Elektromagnetismus gefunden hatte, verfaßte Poggendorff als Student eine Abhandlung über diesen Gegenstand und kam dadurch zur Erfindung des Multiplikators. Schweigger hatte denselben Apparat kurz vorher erfunden,

aber die Drähte waren durch Siegellack und Wachs isoliert; Boggendorff gab dem Apparate die heute vorhandene Gestalt. Von 1824 bis zu seinem Tode am 24. Januar 1877 redigierte Boggendorff die „Annalen der Physik und Chemie“, die unter seiner Leitung zur Hauptquelle der physikalischen Litteratur wurden. 1834 wurde er Professor der Physik in Berlin und 1839 Mitglied der Akademie der Wissenschaften.

Boggendorff hielt stets an der Kontakttheorie fest und war ein Hauptgegner Faradays. Er war ein tüchtiger Experimentator und besonders geschickt im Erfinden von zweckmäßigen Apparaten, besonders von Meßinstrumenten. So erdachte er die von Gauß zuerst angewandte Ablesung mit Skala und Fernrohr, erfand das Rheochord und die Wippe. Er stellte die erste gültige Spannungsreihe auf und bewies die Peltiersche Kälte Wirkung für magnetelektrische Ströme, während Peltier, ein Uhrmacher und späterer Privatgelehrter in Paris, nur die Kälteerzeugung durch einen schwachen galvanischen Strom nachgewiesen hatte, wenn dieser durch die Lötstelle der Metalle in derselben Richtung geht, in welcher der Thermoström bei Erwärmung der Lötstelle kreisen würde.

Aus dem Nachlaß Boggendorffs erschien die Geschichte der Physik nach seinen an der Universität gehaltenen Vorlesungen.



Wagner.

Johann Philipp Wagner wurde am 24. Januar 1799 zu Fischbach im Amt Langenschwalbach geboren. Von 1815 bis 1840 war er Buchhalter in einem Eisengeschäft zu Frankfurt a. M., lebte dann als Privatmann und beschäftigte sich hauptsächlich mit physikalischen und technischen Arbeiten bis zu seinem am 8. Januar 1879 erfolgten Tode.

Am 25. Februar 1837 zeigte er im Physikalischen Verein zu Frankfurt den nach ihm benannten Wagnerschen Hammer. 1840 glaubte er nach langem Streben den Standpunkt erreicht zu haben, eine neue Triebkraft für die Industrie durch die Elektrizität zu gewinnen. Der Bundestag sicherte ihm am 22. April 1841 für die Konstruktion einer elektrischen Lokomotive 100 000 Gulden zu, wenn diese bestimmte Bedingungen erfüllte. Da seine Maschine aber den Bedingungen nicht genügte, zog der Bundestag am 13. Juli 1844 seine Zusage endgültig zurück, und damit war für lange Zeit der elektromotorischen Maschine das Urtheil gesprochen.



Plücker.

Julius Plücker wurde am 16. Juli 1801 zu Elberfeld geboren. 1825 wurde er Privatdozent und 1829 außerordentlicher Professor der Mathematik in Bonn; später war er Gymnasiallehrer in Berlin, darauf ordentlicher Professor in Halle und seit 1836 in Bonn. Er starb am 22. Mai 1868 zu Bonn.

Blücker verfaßte bedeutende Schriften über analytische Geometrie, in welche er die nach ihm benannten Koordinaten einführte, und beschäftigte sich seit 1847 hauptsächlich mit Physik. Zuerst wandte er sich den magnetischen Untersuchungen zu; so entdeckte er gleichzeitig mit Faraday die magnetischen Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase und vor Faraday die Magnetkryallkraft; auch beschäftigte er sich besonders mit der unipolaren Induktion, welche die Umkehrung des Faradayschen Versuches der Rotation eines Stromes um einen Magnetpol darstellt. Besonderes Verdienst erwarb er sich durch die Untersuchungen der Geißlerschen Röhren; er untersuchte das Spektrum der verschiedenen Gase in diesen Röhren und die Ablenkung des Lichtbogens durch einen Magneten. Diese sogen. Geißlerschen Röhren wurden zuerst von Gassiot angefertigt, zur Vollkommenheit wurden sie erst gebracht durch Geißler, einen Glasbläser aus Igelshieb in Thüringen und späteren Besitzer einer Werkstätte für chemische und physikalische Apparate in Bonn, der diese Röhren nach Angabe Blückers ausführte.



Jacobi.

Moritz Hermann v. Jacobi wurde am 21. September 1801 zu Potsdam geboren; er war der ältere Bruder des am 10. Dezember 1804 geborenen Mathematikers Karl Gustav Jacobi. Er studierte das Baufach und wurde Baumeister in Königsberg. 1835 wurde er Professor der Bau-

kunst an der Universität Dorpat, 1839 Adjunkt und 1842 Mitglied der Petersburger Akademie. In Petersburg wurde er zum Staatsrat und Mitglied des Finanzministeriums ernannt und in den Adelsstand erhoben.

Jacobi hat sich besonders verdient gemacht um die Lehre vom Galvanismus und Magnetismus und dessen Anwendung zu praktischen Zwecken. So schlug er eine Verbesserung des Daniellschen Elementes vor und erfand, fast gleichzeitig mit Wheatstone, ein Chronoskop und einen Rheostaten. Er bestätigte 1838 die Richtigkeit der Annahme Faradays von dem Vorhandensein der Extraströme und fand, daß bei Annäherung der beiden Enden des Schließungsbogens einer Groveschen Batterie auf 0,00127 mm noch kein Funke zustande komme. Bei seinen Untersuchungen über Wasserzersetzung fand er, daß noch bei 11 Atmosphären Druck das Wasser durch den Strom zersetzt wurde. 1834 beschrieb er eine elektromotorische Maschine, die die erste war, die zu wirklicher Arbeitsleistung gebraucht wurde. Er baute ein elektromotorisches Boot von ungefähr 8 m Länge, das zwölf Personen fassen konnte; dieses fuhr 1838 einige Stunden lang auf der Newa gegen den Strom trotz scharfen Gegenwindes. Durch die Versuche Daniells, der beobachtet hatte, daß das ausgeschiedene Kupfer sich als Ganzes von der Elektrode ablösen ließ und dann ein negatives Bild dieser Elektrode gab, und durch die Wiederholung dieser Versuche durch de la Rive im Jahre 1836, kam Jacobi 1837 auf den Gedanken der Galvanoplastik. 1840 gab er in seinem Werke „Die Galvanoplastik“ eine genaue zweckmäßige Anweisung für das Verfahren. Hierdurch wurden Böttcher und

Kobell veranlaßt, dieses Verfahren genauer auszuarbeiten; bald nachher gelang es auch, durch Galvanismus einen Metallüberzug auf andere Metalle niederzuschlagen. Für seine Medaillenkopien, die Jacobi dem Kaiser von Rußland vorlegte, erhielt er ein Geschenk von 25 000 Rubeln. 1846 schlug er als Einheit des Widerstandes einen Kupferdraht von bestimmter Länge, bestimmtem Querschnitt und Gewicht vor; dieser Draht wurde lange Zeit als Einheit benutzt. Später jedoch zeigte sich, daß sein Widerstand nicht unveränderlich sei, und wurde dieses Maß als Normalmaß verworfen. Auch um die Einführung der elektrischen Beleuchtung hat er sich große Verdienste erworben; er führte mit Augeraud diesbezügliche Versuche in großartigem Maßstabe aus.

Jacobi starb am 10. März 1874 zu Petersburg.



Magnus.

Heinrich Gustav Magnus wurde am 2. Mai 1802 zu Berlin geboren. Sein Vater, Johann Matthias Magnus, der Chef eines wohlhabenden Handlungshauses war, suchte seinen Kindern vor allem eine freie Entwicklung ihrer individuellen Anlagen und Neigungen zu gewähren. Da Gustav mehr Neigung zu mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern als zu den Sprachen zeigte, so nahm ihn sein Vater vom Werderschen Gymnasium weg und schickte ihn in das Cauer'sche Privatinstitut. Von 1822—1827 widmete er sich

an der Berliner Universität dem Studium der Naturwissenschaften und ging dann auf Reisen; er arbeitete in Stockholm bei Berzelius und in Paris bei Dulong und Gay-Lussac. 1831 habilitierte er sich in Berlin zunächst für Technologie und später auch für Physik, wurde 1834 zum außerordentlichen und 1845 zum ordentlichen Professor ernannt. Schon am 27. Januar 1840 wurde er Mitglied der Berliner Akademie. Von 1832—1840 lehrte er auch Physik an der Artillerie- und Ingenieurschule zu Berlin und von 1850—1856 an dem Gewerbeinstitut chemische Technologie. Lange Zeit hielt er die Vorlesungen in seinem eigenen Hause mit seinen eigenen Instrumenten, die allmählich zu einer der stattlichsten Sammlungen anwuchsen und später vom Staat für die Universität gekauft wurden. Seit dem Ende des Jahres 1869 litt er an Mastdarmkrebs, aber trotzdem setzte er bis Ende Februar 1870 seine Vorlesungen fort; er starb am 4. April 1870.

Von Hause aus erhielt Magnus die Liebe zu Reinlichkeit und Ordnung, die sein Laboratorium auszeichneten. Alles war in sauberster Haltung und von vortrefflichster Leistungsfähigkeit; wo zu dem auszuführenden Versuche ein seidener Faden, eine Glasröhre oder ein Kork nötig war, konnte man darauf rechnen, sie neben dem Instrumente zu finden. Alle seine Apparate waren mit den besten Mitteln gebaut, so daß der Erfolg des Versuchs möglichst gesichert war und der Versuch in nicht zu kleinem Maßstabe und möglichst weit hin sichtbar war. Besonders zeichnete Magnus sich auch dadurch aus, daß er jüngere Leute zu wissenschaftlichen Arbeiten heranzog; sobald er bei ihnen Eifer und Fähigkeit entdeckte, stellte

er ihnen seine Instrumente und die Hilfsmittel seines Privatlaboratoriums zur freien Verfügung. Er war nicht nur ein tüchtiger Forscher, sondern auch ein hervorragender Lehrer der Wissenschaft.

Musterstücke unter den Arbeiten von Magnus sind namentlich die über die Ausdehnung der Gase durch die Wärme und über die Spannkraft der Dämpfe. Ohne von den Untersuchungen Magnus' zu wissen, arbeitete damals gleichzeitig Regnault in Paris an derselben Aufgabe. Die Resultate beider Forscher wurden fast gleichzeitig veröffentlicht und zeigten durch ihre außerordentlich nahe Übereinstimmung, mit welcher Treue und welchem Geschick beide gearbeitet hatten; sie fanden als Ausdehnung der Luft bei einer Temperaturzunahme von 0—100° die Zahl 0,3665 und stellten fest, daß die Ausdehnung der verschiedenen Gase nicht genau dieselbe sei. Auch auf andern Gebieten der Wärme hat Magnus verschiedene wichtige Untersuchungen angestellt; so fand er z. B., daß die von Tyndall beobachtete Wärmeabsorption in Wasserdämpfen nicht von den Dämpfen selbst, sondern von kleinen Wassertropfchen herrührt, die sich an der Fläche des Apparates niederschlagen. Ferner wies er zuerst die Wärmeleitfähigkeit der Gase nach, und zwar zuerst mit aller Bestimmtheit für den Wasserstoff.

Besonders wichtig sind auch seine Arbeiten über Absorption. Nach ihm beruht die Absorption der Gase wenigstens zum Teil auf einer Anziehung zwischen den Teilen des anziehenden festen oder flüssigen Körpers und denen des Gases, und zwar auf einer der chemischen Anziehung analogen, die für die verschiedenen Substanzen verschieden ist. In seinen Ar-

beiten über Kapillarität kam er zu dem Ergebnis, daß die Kapillarität die Grundursache der Endosmose ist.

Wenn Magnus auch ein Gegner der allzu großen Anwendung der Mathematik auf die Physik war, so hat er doch mit Erfolg auch an Aufgaben gearbeitet, die anscheinend überwiegend für mathematische Behandlung geeignet waren. Ein Beispiel hierfür ist seine Abhandlung über die Abweichung der rotierenden Geschosse aus gezogenen Läufen und die Erklärung derselben durch die Rotation des Geschosses und den Widerstand der Luft.



Wheatstone.

Charles Wheatstone wurde 1802 zu Gloucester geboren; er war zuerst praktisch thätig als Instrumentenmacher, und deshalb liegen seine ersten physikalischen Arbeiten und Entdeckungen auf dem Gebiete der Akustik. 1827 erfand er das Kaleidophon, das aus elastischen Stäben bestand, die an einem Ende festgeklemmt waren und am andern Ende spiegelnde Kugelflächen trugen; wenn der Stab in Schwingungen versetzt wurde, so sah man die Bahn der Schwingungen in der spiegelnden Fläche als Linie. Der Apparat wurde verbessert durch Professor Melde in Marburg, der seinem Apparate den Namen Universalakaleidoskop gab. 1831 lieferte Wheatstone den Nachweis der Fortpflanzung musikalischer Klänge in festen Körpern und stellte eine Theorie auf, nach der sich wenigstens die wichtigen Klangfiguren ableiten ließen. 1834 wurde er Professor an King's College zu London. In dem-

selben Jahre gelang es ihm zuerst, die Dauer des Entladungsfunkens und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität festzustellen. Zu diesem Zwecke spannte er zwischen den Knopf und den äußeren Belag der Leidener Flasche zwei Kupferdrähte von $\frac{1}{4}$ engl. Meile Länge. Er sah zuerst mit bloßem Auge den Funken an den drei Unterbrechungsstellen zu gleicher Zeit überspringen; als er den Apparat einer auf beiden Seiten spiegelnden Fläche gegenüberstellte, die in der Sekunde 800 Umdrehungen machte, sah er den mittleren Funken später überspringen. Hiernach berechnete er die Geschwindigkeit der Elektrizität auf 62 000 geogr. Meilen; die Dauer des Entladungsfunkens fand er zu 0,000024 Sekunden.

Wheatstone verließ seine Stellung als Lehrer bald und lebte seitdem in London als Privatmann von dem Ertrage seiner Erfindungen. 1835 fand er, daß das Spektrum der elektrischen Funken, die zwischen Metallpolen überspringen, dem Sonnenspektrum ähnlich ist und wie dieses Linien enthält; bei Anwendung verschiedener Metalle waren diese Linien in ihrer Färbung und Stellung sowie auch in ihrer Anzahl verschieden, so daß man die angewandten Metalle leicht aus dem Spektrum erkennen konnte. Durch Cooke hörte er von dem Telegraphen Schillings von Cannstadt und Munkes. Da Cooke die nötigen Kenntnisse nicht besaß, um den Telegraphen auszunutzen, so suchte er am 27. Februar 1837 Wheatstone auf, und schon im Juni nahmen die beiden auf die Verbesserung des Telegraphen ein Patent. Die Verbesserung bestand zwar zur Hauptsache bloß darin, daß sie die Nadel vertikal anbrachten, während sie in den früheren horizontal schwang; im übrigen aber war der ganze Apparat

handlicher. Sie führten zuerst den Nadeltelegraphen auf der Londoner Nordwestbahn ein im Jahre 1837. Im folgenden Jahre bewies Wheatstone zum erstenmal, daß das Sehen mit beiden Augen und die Verschiedenheit der beiden in ihnen entstehenden Bilder das körperliche Sehen bedingt und auch bei der Beurteilung der Entfernung einwirkt. Um dies zu beweisen, konstruierte er das Spiegelstereoskop. Das handlichere Linsenstereoskop erfand Brewster zehn Jahre später. 1840 schickte Wheatstone der Brüsseler Akademie ein elektromagnetisches Chronoskop, das er nach den Ideen Youngs konstruierte, und das den Zweck hatte, sehr kleine Zeiteilchen durch den elektrischen Strom zu messen. Danach wandte er sich zu Arbeiten über den Leitungswiderstand und erfand 1844 die Wheatstonesche Brücke zur Messung von Widerständen. Poggen-dorff stellte die Formeln für die Benutzung des Apparates auf und prüfte mit Weber die Richtigkeit derselben durch das Experiment. Nach dem kurzen Zeitraum von zwei Jahren erfand Wheatstone schon wieder einen sehr praktischen Apparat, nämlich die Wellenmaschine, bei der eine Reihe von Nadeln mit farbigen großen Köpfen durch untergeschobene Wellenmodelle in bestimmten Wellenformen schwingen. Wenn auch diese Maschine durch Fessel bedeutend verbessert wurde, so war er doch der erste, der diese Instrumente in die physikalischen Kabinette brachte.

Wir sehen in Wheatstone nicht nur einen hervorragenden Gelehrten, sondern auch den Erfinder vieler Vorrichtungen, welche im praktischen Leben verwertbar waren. Er starb am 19. Oktober 1875 auf einer Reise nach Paris.

Rühmkorff.

Heinrich Daniel Rühmkorff wurde 1803 zu Hannover geboren und bestand daselbst seine Lehrzeit in einer mechanischen Werkstätte. Er bildete sich in Paris und London als Mechaniker weiter aus und ließ sich 1839 in Paris nieder, wo er eine Werkstätte für physikalische Apparate gründete. 1844 baute er einen verbesserten thermo-elektrischen Apparat und erfand 1849 einen Apparat, um die magnetische Drehung der Polarisationsebene zu zeigen. Seine großen Induktionsapparate, die seinen Namen der Nachwelt erhalten, begann er 1850 zu bauen und stellte sie 1855 auf der Pariser Weltausstellung aus. 1864 erhielt er dafür den Napoleonischen Preis von 50 000 Frcs. Er starb am 21. Dezember 1877 zu Paris.



Weber.

Wilhelm Eduard Weber wurde am 24. Oktober 1804 zu Wittenberg als Sohn des Professors der Dogmatik Michael Weber geboren. Seit 1814 besuchte er die Unterrichtsanstalten der berühmten Waisenhäuser in Halle und die dortige Universität. Hier beschäftigte er sich in Verbindung mit seinem ältesten Bruder Ernst Heinrich mit der Wellenlehre; 1825 gaben sie zusammen eine Abhandlung über diesen Gegenstand heraus. In Halle wurde Weber Privatdozent und 1828 außerordentlicher Professor daselbst; 1831 wurde

er auf Anregung von Gauß als ordentlicher Professor der Physik nach Göttingen berufen. Als er 1837 mit sechs Kollegen — „die Göttinger Sieben“ — gegen die Aufhebung der Verfassung protestierte, wurde er seines Amtes entsetzt und lebte bis 1843 als Privatmann in Göttingen. Er wurde nach Leipzig berufen und kehrte 1849 wieder in seine alte Stellung zurück. 1887 wurde er zum Wirklichen Geheimrat ernannt und starb am 26. Juni 1891.

In Göttingen arbeitete Weber viel mit Gauß zusammen; durch diese gemeinschaftliche Arbeit des Physikers und des Mathematikers wurde die Physik bedeutend gefördert. Zuerst beschäftigte sich Weber hauptsächlich mit der Wellenlehre; 1829 gab er die „Theorie der Zungenpfeifen“ heraus und 1833 eine „Vergleichung der Theorie der Saiten, Stäbe und Blasinstrumente“. Mit seinem Bruder Eduard Friedrich veröffentlichte er 1836 die „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge“. Durch Gauß kam er auf die galvanischen und magnetischen Untersuchungen. Mit diesem baute er 1833 den ersten größeren Telegraphen zwischen dem physikalischen Kabinett und der Sternwarte zu Göttingen; diese Leitung hatte eine Länge von ungefähr 900 m. Aus der Abweichung des Magnetstabes des Magnetometers nach rechts oder links stellten sie ein Alphabet zusammen. Auf ihre Veranlassung ging der Professor Steinheil in München 1837 zu weiteren Versuchen mit diesem Telegraphen über, indem er München mit der Sternwarte in Bogenhausen durch eine 5500 m lange Drahtleitung verband. Anfangs brauchte er zwei Drähte, den einen zur Hinleitung, den andern zur Rückleitung. Später machte er die wichtige Entdeckung, daß eine beiderseits zur

Erde abgeleitete Drahtverbindung genüge. Die Untersuchungen Webers erstreckten sich auf die Messung des Erdmagnetismus, auf Widerstandsmessungen und das elektrodynamische Grundgesetz, welches das Coulombsche und Ampèresche Gesetz und das Gesetz der Induktionsströme in sich vereinigte; er war der erste, der dieses Gesetz in allgemein gültiger Form aussprach. 1840 führte er das absolute elektromagnetische Strommaß ein und gab einen Vergleich mit dem bis dahin gebräuchlichen chemischen Maß. Sein Hauptwerk „Elektrodynamische Maßbestimmungen“ gab er 1846 heraus; in diesem führte er das System der absoluten Maße der Stromstärke, der elektromotorischen Kraft und des Widerstandes vollständig durch. Diese Einheiten wurden 1881 auf dem Pariser Kongreß der Physiker mit einigen Abänderungen allgemein angenommen.



Rieß.

Peter Theophil Rieß wurde am 27. Juni 1805 zu Berlin geboren. Später war er Professor der Physik an der dortigen Universität und seit 1842 Mitglied der Akademie zu Berlin. Er starb am 23. Oktober 1883.

Das Hauptwerk von Rieß ist „Die Lehre von der Reibungselektrizität“ (1853). In diesem stellte er alles bis dahin gesammelte Material zusammen; es ist bis heute das klassische Werk auf diesem Gebiete. Er beschäftigte sich seit 1834 fast ausschließlich mit der Reibungselektrizität und war ein Meister auf dem Gebiete des Experiments. Besonders

verdient gemacht hat er sich durch seine Arbeiten über Verteilung der Elektrizität auf Leitern, über Influenz, durch welche er in Gegensatz mit Faraday kam, über die Entladung und die Wärmewirkung bei dieser. Er stellte u. a. folgende Sätze auf: 1) „Die Schlagweite ist proportional der Dichtigkeit.“ 2) „Die Temperaturerhöhung, welche durch eine Ausladung im Schließungsdraht hervorgebracht wird, ist proportional dem Produkt der Quantität und der Dichtigkeit.“ 3) „Die Temperaturerhöhung in verschiedenen gleichlangen Drähten desselben Materials ist umgekehrt proportional dem Biquadrat der Durchmesser.“ Um seine Ansichten experimentell nachzuweisen, konstruierte er den nach ihm benannten Verteilungsapparat, das Luftthermometer und ein Elektrometer, das der Sinusbusssole nachgebildet ist. Von seinen sonstigen Arbeiten ist noch bemerkenswert, daß er durch Versuche am Diamanten nachwies, daß die stärker brechbaren Lichtstrahlen vor allem die Phosphoreszenz hervorrufen, die roten Strahlen dieselbe aber schwächen.



Seebeck.

Ludwig Friedrich Wilhelm August Seebeck wurde am 27. Dezember 1805 zu Jena als Sohn des Thomas Johann Seebeck, des Entdeckers der Thermoelektrizität, geboren. Er war zuerst Gymnasiallehrer in Berlin und Lehrer an der dortigen Kriegsschule; 1845 wurde er Direktor der technischen Bildungsanstalt in Dresden und schließlich Professor der

Physik an der Universität Leipzig. Er starb am 19. März 1849 zu Dresden.

Seebeck hat sich besonders um die Akustik verdient gemacht. Er gebrauchte für seine Untersuchungen vielfach die Sirene, welche 1819 von Latour in Paris erfunden worden war. Die Latoursche Sirene bestand der Hauptsache nach aus einer sehr leicht um eine Achse drehbaren Scheibe, in deren Rand Zähne eingeschnitten waren oder deren Fläche gleich weit voneinander abstehende Löcher enthielt. Seebeck verbesserte diese Sirene dadurch, daß er die Scheibe mit mehreren konzentrischen Kreisen von Löchern versah, um auch Akkorde von Tönen direkt vergleichen zu können. Die Scheibensirene, welche mit Hilfe des Savartschen Apparats in schnelle Rotation versetzt werden kann, hat er zuerst angewendet und sie zur allgemeinen Benutzung empfohlen. 1840 veröffentlichte er eine Abhandlung über Erzeugung von Tönen durch Wärme; er fand, daß jedes heiße Metall auf jedem kalten, von gleichem oder verschiedenem Stoff, in dauernde Schwingungen versetzt werden kann, wenn die Form der beiden Metalle so gewählt ist, daß die Wärme sich in dem kalten bedeutend weniger zur Seite ausbreitet als die Kälte in dem heißen Metall (Revelyan-Instrument). Er war einer der bedeutendsten Gegner der akustischen Ansichten Ohms. Zehn Jahre nach dem Tode Seebecks nahm Helmholtz die von beiden Gelehrten unentschieden gelassene Frage wieder auf. Seinem Scharfblick ist es gelungen, beide Parteien miteinander zu versöhnen. Er sagt nämlich: „Läßt man alles, was Seebeck in dem Streit mit Ohm behauptet hat, vom Klange gelten, und was Ohm behauptet hat, vom Tone, so sind beide aus-

gezeichnete Akustiker mit ihren Behauptungen im Rechte, und beide Behauptungen können ungestört nebeneinander bestehen.“

Außer Akustik war es hauptsächlich die Optik, mit der sich Seebeck beschäftigte. Er untersuchte z. B. viele Personen auf einen Mangel an Farbensinn. 60 Papierstreifen, die mit den verschiedensten Farbentönen gefärbt waren, mußten genau unterschieden werden. Er fand, daß viele dies nicht vermochten; doch zeigte sich bei allen noch die sicherste Empfindung für Gelb, während Rot und Blau meistens verwechselt wurden.



Bunjen.

Robert Bunjen wurde am 31. März 1811 zu Göttingen geboren, wo sein Vater Lehrer der neueren Sprachen und Bibliothekar an der Universität war. Mit 17 Jahren bezog er die Universität, um Chemie, Physik und Geologie zu treiben; er studierte in Göttingen, Paris, Berlin und Wien. 1831 promovierte er in Göttingen mit einer Dissertation über Hygrometer; 1833, im Alter von 22 Jahren, habilitierte er sich in Göttingen als Privatdozent für technische Chemie. Im Herbst 1836 wurde er als Dozent an die Gewerbeschule in Kassel berufen und 1838 als Professor nach Marburg. 1851 ging er nach Breslau, wo er den damaligen Privatdozenten Kirchhoff kennen lernte; nachdem Bunjen 1852 als Professor der Chemie nach Heidelberg gezogen war, folgte ihm Kirchhoff dahin im Jahre 1854. In Heidelberg blieb Bunjen bis an sein Lebensende am 16. August 1899. Schon

1889 war er in den Ruhestand getreten und verlebte seine letzten Jahre in seinem Junggesellenheim in der nach ihm benannten Straße. Die Stadt, die Universität und die badische Regierung häuften auf sein Haupt alle Ehren, die sie zu vergeben hatten. Von der Stadt wurde er zum Ehrenbürger ernannt, und an der Spitze des Lehrerkollegiums der ordentlichen Professoren blieb er auch im Ruhestand. Er wurde Geheimrat mit dem Prädikat Excellenz, und seine Brust schmückte der Orden vom Zähringer Löwen an goldener Kette. Auch auswärtige Souveräne und Regierungen haben den Gelehrten mit den höchsten Auszeichnungen bedacht, und fast alle gelehrten Körperschaften ernannten ihn zu ihrem Ehrenmitglied.

Bunsens Arbeiten sind ein Muster echt wissenschaftlicher Behandlung; sie zeichnen sich aus durch die umsichtigste Überlegung und genaue Ausführung aller Versuche. Die schwierigen Probleme, die Bunsen bearbeitete, erforderten zu ihrer Lösung eine Anzahl neuer oder die Verbesserung älterer Methoden, und man sah ihn deshalb fortwährend höchst geschickt und erfolgreich an der Ausbildung des Experimentes und neuer Apparate mit äußerst einfachen Mitteln arbeiten. Das Bunsensche Laboratorium bildete daher eine hohe Schule für den Studierenden, der die Methode unter Anleitung des Meisters selbst gründlich kennen lernte. In seinem Wesen war er einfach und bescheiden; selbst bei der Besprechung der Spektralanalyse und des Bunsenbrenners gebrauchte er meist die Ausdrücke: „Man hat gefunden“, „man hat einen Brenner konstruiert“. Sein Benehmen war dem Höchsten wie dem Niedrigsten gegenüber stets das gleiche, und er blieb auch als Excellenz der selbstlose, schlichte Gelehrte.

Die größten Verdienste hat sich Bunsen um die anorganische, analytische und mineralanalytische Chemie, um die Gasanalyse und die Maßanalyse erworben, deren wissenschaftliche und praktische Grundlage er vor allen schuf. Seine chemischen Publikationen beginnen 1834 mit einer Schrift über „Das Eisenhydroxyd als unfehlbares Gegengift gegen die arsenige Säure“; später folgten seine Untersuchungen über die Radodylreihe, die zuerst Bunsens Ruf begründeten und einen Markstein in der Geschichte der organischen Chemie bilden. Er fand das dieser Reihe gemeinsame organische Radikal Radodyl = $C_2 H_6 As$, wodurch die damals lebhaft erörterte Radikaltheorie besonders gefördert wurde. Bald nachher folgte die Einführung der Jodometrie in die Maßanalyse. In einer Arbeit über Lötrohrversuche 1859 und einer späteren über Flammenreaktionen zeigte Bunsen, daß viele Reaktionen, die bis dahin mit dem Lötrohr ausgeführt wurden, sich einfacher mit seinem Brenner hervorbringen ließen, den er 1857 erfunden und beschrieben hatte.

Bedeutungsvoll für die Industrie wurden seine Arbeiten in der technischen Chemie. Im Auftrage der hessischen Oberbergdirektion stellte er 1839 Untersuchungen über die Hochofengase an, wobei er zeigte, wie letztere als Brennmaterial benutzt werden könnten; ebenso untersuchte er 1840 die Gichtgase an einem Mansfelder Kupferschieferofen. 1847 veröffentlichte er eine Arbeit über den Prozeß der englischen Roheisenbereitung. Diese Untersuchungen wurden der Ausgang für seine berühmten „gasometrischen Methoden“, die 1857 erschienen. In dieser Arbeit verteidigte er den Satz, daß die Gesetze der Diffusion der Gase durch poröse Wände den

Gesetzen des Abflusses der Gase durch kapillare Röhren ähnlich und von der Natur des Gases und der speziellen Beschaffenheit des Diaphragmas abhängig sind. Ferner bestätigte er das von Dalton aufgestellte Gesetz, nach dem die von Flüssigkeiten bei verschiedenem Druck, aber unter sonst gleichen Umständen absorbierten Gasmengen dem Drucke proportional sind, vorausgesetzt, daß die Gase und Flüssigkeiten nicht chemisch aufeinander einwirken.

Für Bunsens Leistungen in der Geologie legte eine Reise nach Island, wo er sich mehrere Monate aufhielt, den Grund. Mit Descloiseaux maß er in der Tiefe des Geysirrohres Temperaturen bis zu $127,5^{\circ}$ und gab kurz nachher eine bis heute gültige Erklärung des Geysirphänomens.

Von Arbeiten über Physik und physikalische Chemie erschien zuerst 1842 die Beschreibung des nach ihm benannten konstanten Elementes. 1844 beobachtete er die Linienspektren des mittels seiner Batterie zwischen verschiedenen Metallspitzen erzeugten Lichtbogens. 1855 erschienen seine Arbeiten über photochemische Untersuchungen, die er gemeinsam mit Roscoe ausführte; es werden darin die Gesetze für die chemisch wirksamen Strahlen, deren Reflexion und Absorption näher ausgeführt. In dieser Abhandlung befindet sich auch die Beschreibung des nach ihm benannten Photometers. Mit Kirchhoff arbeitete er gemeinsam an den Untersuchungen über die Absorption des Lichtes; Kirchhoff fand 1859 sein berühmtes Absorptionsgesetz und die Erklärung der Fraunhofer'schen Linien. 1860 erfolgte nun die Entdeckung, die Bunsens Namen zusammen mit dem Kirchhoffs unsterblich gemacht hat, die Spektralanalyse. Die erste Abhandlung über diesen

Gegenstand trägt den Namen „Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen“ (1861). Im selben Jahre fügten die beiden Forscher ihrem Spektralapparate das dritte Rohr mit Skala zur besseren Bestimmung der Linien bei und beschreiben auch die Aufstellung eines Reflexionsprismas, durch welches zur Vergleichung noch das Spektrum einer Normlichtquelle unter das zu untersuchende Spektrum geworfen werden konnte. Zur stärkeren Ausbreitung der Prismen konstruierte Kirchhoff auch einen Apparat, der das Licht vierfach durch vier Flintglasprismen zerstreute, und benutzte denselben vor allem zur genaueren Untersuchung des Sonnenspektrums. Mit Hilfe der Spektralanalyse entdeckte Bunsen 1860 in der Mutterlauge des Dürkheimer Solwassers das Cäsium und 1861 in dem Lepidolith das Rubidium. Die Untersuchung ergab ferner, daß das für sehr selten gehaltene Lithium ein zwar geringfügiger, aber sehr häufig auftretender Bestandteil vieler Mineralien bildet. 1868 konstruierte Bunsen die Wasserluftpumpe, die in etwas abgeänderter Form sich heute in fast jedem Laboratorium befindet. 1870 erfolgte die Beschreibung seines Eiskalorimeters, eine Abänderung des Eiskalorimeters von Laplace und Lavoisier, welchen er zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Indiums benutzte. 1887 erschien seine letzte Abhandlung, und zwar über das Dampfkalorimeter.



Stöhrer.

Emil Stöhrer wurde am 25. September 1813 zu Delitzsch geboren und bestand in Leipzig seine Lehrzeit als Mechaniker. Er gründete hier und später auch in Dresden ein Geschäft für elektrische und magnetische Apparate.

Stöhrer suchte die Wirkungen der magnetelektrischen Maschinen zu verstärken. 1844 baute er den nach ihm benannten Apparat. Er stellte vier magnetische Magazine in einem Kreise auf und brachte diesen ebensoviele Elektromagnete gegenüber, die um eine gemeinschaftliche Achse drehbar waren. Diese Stöhrersche Maschine wurde lange Zeit in Deutschland für die geeignetste zur Erzeugung starker Ströme angesehen. Sie leidet jedoch an verschiedenen Übelständen, die ihre Verdrängung durch die Grammesche und dynamoelektrische Maschine herbeiführte; die Stahlmagnete nehmen nämlich durch die Erschütterungen allmählich an Kraft ab, und die Ströme sind nicht gleichmäßig, sondern setzen sich aus Induktionsströmen zusammen, die mit der Annäherung der Pole des Elektromagneten an die festen Magnete bis zu einem Maximum anwachsen und dann wieder abnehmen.



Mayer.

Julius Robert v. Mayer wurde am 25. November 1814 zu Heilbronn geboren als der Sohn eines Apothekers, der sich vorher längere Zeit in der Schweiz und andern Ländern

als Provisor aufgehalten hatte. Der Vater interessierte sich sehr für die Fortschritte der Chemie, und so wurde sein Sohn Robert und besonders dessen älterer Bruder Fritz von ihm selbst in den praktischen Teil dieser Wissenschaft eingeführt. Fritz übernahm später die Apotheke des Vaters. Robert besuchte das Gymnasium seiner Vaterstadt, wo er jedoch, besonders in den sprachlichen Fächern, sehr schlechte Fortschritte machte. 1832 bestand er dennoch das Abiturientenexamen an dem theologischen Seminar zu Schönthal mit gutem Erfolge. Auf der Universität Tübingen, wo er studierte, erhielt er das consilium abeundi und eine längere Karzerstrafe. Auf dem Karzer weigerte er sich hartnäckig, Nahrung zu sich zu nehmen, und wurde deshalb schließlich entlassen. Er ging darauf nach München und Wien und bestand 1838 in Stuttgart sein Examen als Arzt. Auf den Rat seines Vaters begab sich Mayer nach Paris, wo er sich in seiner ärztlichen Praxis noch weiter ausbildete, und von da nach Rotterdam; von hier aus trat er eine Reise als Schiffsarzt nach Java an, die für die Folge sehr wichtig wurde.

Auf dem Schiffe hörte er vom Steuermann, daß das Wasser des wild bewegten Meeres stets wärmer sei als das des ruhigen. Im Jahre 1840 bemerkte er zu Surabaya auf Java bei neu angekommenen Europäern, daß deren Venenblut eine ungewöhnlich lebhafte rote Färbung besaß und sich von dem arteriellen Blut kaum unterschied. Durch die veränderte Farbe des Venenblutes wurde er darauf aufmerksam gemacht, daß zwischen dem Stoffverbrauch und der produzierten Wärme im menschlichen Körper ein direkter Zusammenhang bestehen müsse. Diese wichtige Entdeckung der Äquivalenz

zwischen Wärme und Arbeit wollte er weiter verfolgen und kehrte deshalb nach seiner Vaterstadt zurück, wo ihm bessere wissenschaftliche Hilfsmittel zu Gebote standen. Hier fand er einen begeisterten Anhänger in seinem Bruder Fritz, konnte jedoch noch nicht die Anerkennung der Gelehrten finden. Seine Abhandlung über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte, die er am 16. Juni 1841 an Poggen-dorff zur Aufnahme in die „Physikalischen Annalen“ schickte, wurde verweigert. 1842 veröffentlichte er in den „Annalen der Chemie und Pharmacie“ von Liebig in Gießen die Ab-handlung: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Na-tur“, in welcher er das Wesentlichste seiner Entdeckung zu-sammenfaßte. Am Schlusse dieses Werkes berechnet er aus dem Verhältnis der Wärmekapazität der Luft unter gleichem Druck und gleichem Volumen, daß dem Herabsinken eines Gewichtsteiles von einer Höhe von ungefähr 365 m die Er-wärmung eines gleichen Gewichtsteiles Wasser von 0° auf 1° entspricht; er berechnete also als erster, wenn auch nur an-nähernd, das mechanische Äquivalent der Wärme. In dem-selben Jahre verheiratete sich Mayer mit der Tochter eines wohlhabenden Bürgers aus Heilbronn, wurde Oberamts-wundarzt und später Stadtarmenarzt. Neben seiner großen Praxis betrieb er die Entwicklung seiner Entdeckung. 1845 erschien „Die organische Bewegung im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel“ und 1848 „Beiträge zur Dynamik des Himmels“, welches seine bedeutendsten Schriften sind; da er keinen Verleger finden konnte, gab er beide auf eigene Kosten heraus. In letzterem Jahre begleitete er die Frau seines Bruders Fritz, der sich als Freischarenführer unter den Auf-

ständischen in Baden befand, auf den Schauplatz der Unruhen, um seinen Bruder zur Rückkehr zu bewegen; hier geriet er in die Hände der Aufständischen und entging mit knapper Not der Gefahr, erschossen zu werden.

Inzwischen hatte Joule 1843 eine Abhandlung „Über die erwärmenden Wirkungen der Magneto-Elektrizität und über den mechanischen Wert der Wärme“ vorgelegt und Helmholtz 1847 seine Schrift „Über die Erhaltung der Kraft“ herausgegeben. Alle drei hatten, ohne daß einer von den Arbeiten des andern etwas wußte, das Gesetz von der Erhaltung der Energie gefunden; jeder der drei Gelehrten war jedoch auf anderem Wege zur Erkenntnis dieser Thatsache gekommen. Es entspann sich jetzt ein langwieriger Streit über die Priorität der Entdeckung, durch den Mayer sehr verbittert wurde; besonders gereichte es ihm zum Ärger, daß von vielen Gelehrten seine Entdeckung überhaupt ganz in Abrede gestellt wurde und kaum ein Fachblatt seine Entgegnungen aufnehmen wollte. Durch diese gereizte Stimmung verfiel er in ein heftiges typhöses Fieber, und er sprang am 28. Mai 1850 im Delirium aus dem Fenster des zweiten Stockwerks zur Erde. Bei dem Sprung verstauchte er seine Füße derart, daß er das rechte Bein sein Leben lang nachschleppen mußte. Im selben Jahre noch arbeitete er seine Schrift „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme“ aus, in welcher er sich im Besitze seiner vollen Geisteskräfte zeigte und seine Entdeckung gegen Joule verteidigte. Trotzdem wurde er für geisteskrank erklärt und zur Irrenanstalt in Winnenthal gebracht, wo er zeitweise sogar in den Zwangsstuhl gesetzt wurde. 1853 kam er nach Heil-

bronn zurück und benutzte später verschiedene Male die Heilanstalt zu Kennenburg mehrere Wochen lang.

Seine Ideen hatten sich jetzt allmählich Bahn gebrochen, und die Gesetze von der Erhaltung der Kraft und die darauf beruhende Wärmetheorie waren derartig in die Wissenschaft eingedrungen, daß Mayer zur Versammlung der deutschen Ärzte und Naturforscher in Innsbruck im Jahre 1869 eingeladen wurde, um einen Vortrag über seine Entdeckung zu halten. Er sprach „über die notwendigen Konsequenzen und Inkonssequenzen der mechanischen Wärmetheorie“ und machte darauf aufmerksam, daß in der geistigen Welt das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nicht in derselben Weise wie für die körperliche gelte, weil die geistigen Thätigkeiten, obwohl sie mit molekulären Vorgängen im Gehirn verknüpft sind, sich doch keineswegs vollkommen mit denselben deckten. In dem Vortrag beschrieb er außerdem ein Kalorimeter zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.

1867 gab Mayer seine gesammelten Schriften unter dem Titel „Die Mechanik der Wärme“ und 1874 in vermehrter Auflage zu Stuttgart heraus. 1876 erschienen von ihm noch zwei kleine Abhandlungen über die Torricellische Leere und über Auslösung. Seine letzte Arbeit ist wohl eine der interessantesten. Er zeigte darin, daß die Umgestaltung der verschiedenen Arten von Energie immer eine gewisse Auslösung erfordert, d. h. daß die im Körper aufgespeicherte Energie eines Anstoßes bedarf, um zur Arbeitsleistung veranlaßt zu werden; diese Auslösung kann kein Gegenstand der Rechnung sein, da sich Qualitäten numerisch nicht bestimmen lassen. In dieser Schrift giebt Mayer verschiedene

Beispiele für die Bedeutung der Auslösungsprozesse in der organischen Welt an.

1871 erhielt Mayer von der Royal Society die Copley-Medaille und die französische Akademie überreichte ihm den Poncelet-Preis; außerdem erhielt er 1876 den württembergischen Personaladel. Er starb am 20. März 1878 an einer Lungenentzündung zu Heilbronn.

Seine innige, überzeugte Religiosität, seine durch alle widrigen Schicksale nicht geminderte ideale Auffassung des Lebens und seine Abneigung gegen die Darwinsche Lehre vom Kampf ums Dasein charakterisieren am besten die Schlussworte eines seiner populären Vorträge: „Ein Kampf ums Dasein findet allerdings statt; aber nicht der Hunger ist es, es ist nicht der Krieg, nicht der Haß ist es, was die Welt erhält — es ist die Liebe.“

Dem bei Lebzeiten verkannten und verbitterten Forscher sind in kurzen Jahren eine Reihe von Denkmälern errichtet worden: auf seinem Grabe, dann ein großes Monument vor dem Rathause Heilbronn's und eine Marmorbüste vor der Technischen Hochschule in Stuttgart. Am 2. Juni 1901 wurde eine Gedenktafel an seinem Wohnhause angebracht. Einer der ersten, der zu einem Denkmal aufforderte und einen namhaften Beitrag beisteuerte, war der englische Naturforscher Tyndall.



Hirn.

Gustav Adolf Hirn wurde am 21. August 1815 zu Logelbach bei Kolmar geboren; sein Vater war dort Theilhaber einer großen Fabrik. Von Jugend auf besaß Hirn eine zarte Gesundheit; er hat niemals den Unterricht einer Schule genossen, und die Universitätsstudien blieben ihm versagt. Und doch regte sich früh in seinem gebrechlichen Körper ein reger Geist, der zu schaffen verlangte. Die Naturwissenschaften nahmen ihn unwiderstehlich gefangen, und er sammelte unermüdtlich Kenntnisse, um sie im Dienste der väterlichen Fabrik dereinst zu verwerten. Als er herangewachsen war, wurde ihm die Aufsicht über die Maschinen der ausgedehnten Fabrik übertragen. Im Jahre 1845 legte er der Industriellen Gesellschaft zu Mülhausen seine erste wissenschaftliche Arbeit vor, eine ausführliche mathematische Theorie der Ventilatoren; 1854 folgte eine zweite über Erscheinungen bei der Zapfenreibung, die er schon 1847 vollendet hatte. Zu dieser Abhandlung kam er durch Beobachtung des Schmierölverbrauchs in der Fabrik. Seine Messungen der bei den verschiedenen Reibungen auftretenden Temperaturen brachten ihn zu der Erkenntnis, daß die bei der Reibung erzeugte Wärme sich messen läßt durch einen bestimmten Arbeitsbetrag, der unabhängig ist von der Dauer der Reibung, unabhängig von der Natur der reibenden Körper. 370 kgm aufgewendete Arbeit entsprechen nach seinen Untersuchungen einer Kalorie erzeugter Wärme. Zwar war Hirn nicht der erste, der den Zusammenhang zwischen Wärme und Arbeit erkannte und ziffernmäßig festgestellt hat, denn Robert Mayer hatte kurze

Zeit vorher diese Entdeckung schon gemacht, aber die Nachricht davon erreichte Hirn erst nach völligem Abschluß seiner Untersuchungen. Das Verdienst Hirns wird dadurch wenig geschmälert, denn die von ihm gefundene Zahl 370 kam der von Mayer angegebenen 365 so nahe, daß seine Arbeit als eine der wichtigsten Stützen des neuen Naturgesetzes angesehen werden konnte. Hirn trug viel zur Klärung der wichtigen Frage dadurch bei, daß er die große 100pferdige Maschine seiner Fabrik in den Dienst der Wissenschaft stellte. Durch fortgesetzte Wärme- und Arbeitsmessungen, zu deren Ausführung er neue und sinnreiche Instrumente erfand, zeigte er, daß die Annahme, die Wärme sei ein Stoff, hinfällig sei. Er wies unwiderleglich nach, daß in dem Prozeß der Dampfmaschine mit dem Temperaturgefälle des Dampfes ein Verlust an Wärme verbunden ist, der in numerisch bestimmtem Verhältnis zur gewonnenen Arbeit steht; er fand zuletzt, daß 413 kgm Arbeit einer Kalorie entspräche, wodurch er sich der heute angenommenen Zahl bedeutend näherte.

Den größten Teil seiner Forschungen hat Hirn in seiner 1856 erschienenen mechanischen Wärmetheorie niedergelegt. Hiermit kam er auch zu der Erkenntnis, daß zum vollen Verständnis der Wirkung des Dampfes nicht nur die Beobachtung des Dampfes allein genügt, sondern daß auch das Metall des Cylinders von wesentlichem Einfluß ist. 1881 zog sich Hirn von den Geschäften zurück und lebte in Kolmar ganz seiner wissenschaftlichen litterarischen Thätigkeit. Die letzten Jahre seines Lebens waren astronomisch-philosophischen Beobachtungen gewidmet, die er kurz vor seinem Tode in den großen Werken *Analyse élémentaire de l'univers* und

Constitution de l'espace céleste zum Abschluß brachte. Seiner leidenschaftlichen Liebe zur Musik verdanken wir wertvolle Arbeiten über Akustik und die mathematische Theorie des Metronoms, des heute meist gebrauchten Taktmessers. Hirn starb am 4. August 1890.



v. Siemens.

Werner Siemens wurde am 13. Dezember 1816 zu Lenthe bei Hannover geboren. Die erste Jugend verlebte er zu Hannover und in Menzendorf in Mecklenburg-Strelitz auf dem Pachtgut seiner Eltern. Hier übte sein Hauslehrer Sponholz einen großen Einfluß auf ihn aus; er erweckte in ihm, nach Siemens' eigenen Worten, das Gefühl der Freude an nützlicher Arbeit und den ehrgeizigen Trieb, sie wirklich zu leisten. Später besuchte er das Lübecker Gymnasium von der Obertertia bis zur Prima. 1834 trat er als Avantageur bei der Artillerie in Magdeburg ein und kam 1835 zur Artillerie- und Ingenieurschule zu Berlin, wo er u. a. Ohm und Magnus als Lehrer hatte. Alle freie Zeit widmete er seinen Lieblingswissenschaften Mathematik, Physik und Chemie. Nach Magdeburg zurückgekehrt, zog er sich eine Festungshaft zu, weil er als Sekundant an einem Duell teilgenommen hatte. In dieser Zeit entdeckte er die galvanische Vergoldung und Versilberung und nahm hierauf am 29. März 1842 sein erstes Patent; diese Entdeckung setzte ihn in den Stand, für das Fortkommen

seiner jüngeren Geschwister zu sorgen, da seine Eltern inzwischen gestorben waren. 1844 wurde er zur Artilleriewerkstatt in Berlin kommandiert; hier befreundete er sich mit Magnus, Du Bois-Reymond, Helmholtz, Clausius u. a., mit denen er an der Gründung der Berliner Physikalischen Gesellschaft teilgenommen hatte. In der Polytechnischen Gesellschaft, an deren Verhandlungen er lebhaften Anteil nahm, lernte er den Mechaniker Halske kennen, mit dem er an dem Modell seines Zeigertelegraphen arbeitete. Als er aus Berlin versetzt werden sollte, weil er an einer freireligiösen Bewegung teilgenommen hatte, entdeckte er zur rechten Zeit ein Verfahren, tadellose Schießbaumwolle herzustellen, und von da ab war von seiner Versetzung keine Rede mehr. Infolge eines Aufsatzes über den elektrischen Telegraphen wurde er zur Dienstleistung bei der Kommission des Generalstabs kommandiert, welche die Einführung des elektrischen Telegraphen statt des optischen vorbereiten sollte. Damals konstruierte er seinen Zeigertelegraphen und eine Maschine zum Umpressen der Kupferdrähte mit Guttapercha. Seitdem sind fast alle, nicht bloß unterirdische, sondern auch unterseeische Leitungen auf diese Weise isoliert. Mit solch isolierten Drähten streckte Siemens 1847 die erste längere unterirdische Leitung von Berlin nach Großbeeren. Da sein Telegraph von der Kommission zur Einführung vorgeschlagen wurde, so gründete er 1847 mit Halske eine Telegraphenbauanstalt. Sie lag in einem bescheidenen Haus in der Schönebergerstraße und war mit geborgten 6000 Thalern angelegt; aus diesem kleinen Anfang hat sich die weltberühmte Anlage von Siemens und Halske entwickelt.

Im Jahre 1848 fand Siemens Gelegenheit, durch Erfindung der Unterseeminen die Elektrizität praktisch zur Verteidigung der Festung Friedrichsort und des Kieler Hafens zu verwerten; auch baute er als Kommandant der Festung Friedrichsort die Batterien zum Schutze des Eckernförder Hafens. Die von ihm gelegten Minen sind nicht in Thätigkeit gekommen, ihre Wirkung haben sie aber doch nicht verfehlt, und als sie nach Friedensschluß wieder gehoben wurden, war trotz des langen Liegens in dem Meere das Pulver noch staubtrocken und die Isolation unverändert. 1848 und 1849 leitete Siemens im Auftrage des Handelsministeriums den Bau der zum größten Teil unterirdischen Telegraphenlinie von Berlin nach Frankfurt und der Linie Berlin-Köln-Berviers, wobei er eine Leitung durch den Rhein von Deutz nach Köln legte. Der Bau dieser Linie brachte eine Fülle von Erfahrungen und Ergebnissen; hierher gehören die Bestimmung der Gesetze für die elektrostatische Ladung geschlossener und offener Leiter, die Aufstellung der Methoden und Formeln für die Untersuchung der Leitungen und für die örtliche Bestimmung der Isolationsfehler.

Jetzt trat Siemens aus dem Heeresdienste aus und widmete sich ganz der Leitung seiner Fabrik. Auf einer Geschäftsreise nach Rußland verlobte er sich mit einer entfernten Verwandten, Mathilde Dramann, die er am 1. Oktober 1852 heiratete. Er erhielt den Auftrag, das Telegraphennetz in Rußland zu bauen. Im Jahre 1857 sammelte er seine ersten Erfahrungen bei der Tiefseelabellegung, und zwar auf der Strecke Sardinien-Algier; dann folgte unter seiner Leitung der Ausbau der Linie Suez-Aden. Das erste unterseeische

Kabel war schon am 28. August 1850 zwischen Dover und dem Kap Gris Nez an der französischen Küste gelegt worden. Durch diese Arbeiten kam Siemens zur Bestimmung des Widerstandes durch die Siemens-Einheit. Sie wurde im Jahre 1868 die Einheit des internationalen Telegraphenwesens und war der im Jahre 1884 angenommenen internationalen Widerstandseinheit nahezu gleich, da $1 \text{ Ohm} = 1,063 \text{ Siemens-Einheit}$ ist. Nach 1866 verlegte sich Siemens eine Zeitlang darauf, die Elektrizität in den Dienst des Militärs zu stellen; er erfand magnetelektrische Minenzünder, elektrische Schiffssteuerung, um mit Sprengladung ausgerüstete Boote ohne Besatzung feindlichen Schiffen entgegenzusteuern, und zahlreiche Verbesserungen der Militärtelegraphie. In dieselbe Zeit fällt die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips, welches die Grundlage eines neuen großen Industriezweiges geworden ist und fast alle Gebiete der Technik umgestaltet hat. Am 17. Januar 1867 machte Magnus der Akademie der Wissenschaften von dieser Entdeckung und ihrer Ausführung die erste Mitteilung. Siemens wendete seine Maschine sofort an zur Erzeugung von Licht; zu den ersten Versuchen auf diesem Gebiete gehört die Beleuchtung von Zielen in großer Entfernung auf dem Artillerieschießplatze. Eine Vervollkommnung der Maschine gestattete die Verwendung der elektrischen Kraft zur Beförderung von Fahrzeugen. Die kleine elektrische Bahn auf der Berliner Ausstellung im Jahre 1879 wies die Ausführbarkeit dieser Verwendung nach. Zwei Jahre später wurde die kleine Bahn zwischen dem Kadettenhause und der Station Lichterfelde in Betrieb gesetzt, und seitdem ist eine Reihe von An-

lagen dieser Art als Straßenbahn in vielen Städten eingeführt worden.

Im Jahre 1869 vollendete Siemens trotz großer Hindernisse die indo-europäische Linie, welche England über Preußen, Rußland und Persien mit Indien verbindet. Diese Linie ist deshalb wichtig, weil ein besonderes, von ihm erfundenes Apparatsystem, der elektrische Zwischenträger, es gestattete, auf dieser über 10 000 km langen Linie von London bis Kalkutta die Depeschen ohne irgend welche Handarbeit auf Zwischenstationen, also auf rein mechanischem Wege zu befördern. Im selben Jahre verehelichte sich Siemens zum zweitenmal mit Antonie, der Tochter des Professors Siemens in Hohenheim. In den letzten Jahren seines Lebens beschäftigte er sich hauptsächlich mit der Verbesserung der Lichtmaschinen und Lampen; auch konstruierte er ein Photometer mit Anwendung von Selen.

Bei Gelegenheit des Jubiläums der Berliner Universität im Jahre 1860 wurde Siemens zum Dr. phil. hon. und 1874 zum ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaften ernannt; 1886 schenkte er dem Deutschen Reich 500 000 Mark zur Gründung der Physikalisch-technischen Reichsanstalt. 1888 wurde ihm der Adel verliehen. Er starb am 6. Dezember 1892. 1899 wurde ihm an dem Berliner Polytechnikum ein Denkmal errichtet.



Du Bois-Reymond.

Emil du Bois-Reymond wurde am 7. November 1818 als Sohn eines aus Neuchâtel eingewanderten höheren Staatsbeamten zu Berlin geboren. Seit 1837 studierte er Theologie und später Naturwissenschaften; besonders beschäftigte er sich mit Anatomie und Physiologie. 1841 begann er seine Untersuchungen über tierische Elektrizität, über die vorher schon besonders Matteucci gearbeitet hatte. 1843 veröffentlichte er eine Schrift über den sogen. Froschstrom und die elektrischen Fische; seine weiteren Untersuchungen legte er in seinem Werke „Untersuchungen über die tierische Elektrizität“ 1848 nieder. In demselben Jahre konstruierte er den bekannten Schlittenapparat, der in der ursprünglichen Form noch heute gebraucht wird. 1858 wurde er als Nachfolger von Johannes Müller Professor der Physiologie in Berlin und 1867 ständiger Sekretär der Akademie der Wissenschaften.

Du Bois-Reymond gehörte zu denjenigen großen Naturforschern, deren wissenschaftliche Persönlichkeit ein geistiger Besitz der gesamten gebildeten Welt wurde. Es sind nicht allein seine bahnbrechenden Entdeckungen auf dem Gebiete der Physiologie, sondern vorzugsweise seine gemeinverständlichen, für weite Kreise berechneten öffentlichen Vorträge, seine gedankentiefen, formvollendeten Akademiereden über Philosophie, Litteratur und Zeitgeschichte, welche auch die ihm ferner Stehenden mit freudiger Dankbarkeit für die erfolgreiche Lebensarbeit des Gelehrten erfüllten. Wer jemals einen seiner geistvollen Vorträge gehört hat, für den bleibt der Eindruck unvergeßlich.

Er trat auch vielfach im öffentlichen und politischen Leben hervor; er war einer der wenigen Gelehrten, die schon frühzeitig für das deutsche Turnen eintraten. 1848 gründete er die Berliner Turngemeinde, und als besonders tüchtiger Barrenturner gab er 1862 eine Schrift heraus unter dem Titel: „Über das Barrenturnen und die sogen. rationelle Gymnastik.“

Er starb nach längerer Krankheit in der Nacht zum zweiten Weihnachtstage des Jahres 1896.



Joule.

James Prescott Joule wurde am 24. Dezember 1818 zu Salford bei Manchester geboren, wo er später eine Bierbrauerei besaß. Er beschäftigte sich zuerst mit dem Problem der Anwendung des Elektromagnetismus als bewegende Kraft. Am 17. Dezember 1840 legte er der Royal Society eine Arbeit vor über die durch den galvanischen Strom erzeugte Wärmemenge. Hierin stellte er das nach ihm benannte Gesetz auf: „Die Erwärmung des Stromkreises ist proportional dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande.“ Hierdurch wurde Joule auf die Beziehungen zwischen mechanischer Arbeit und Wärme geleitet; seine betreffende Arbeit legte er am 21. August 1843 unter dem Titel „Über die Wärmewirkungen von Magneto-Elektrizität und über den mechanischen Wert der Wärme“ der British Association vor. In dieser Schrift zeigte er, daß die mechanische Kraft, welche

die magnetelektrische Maschine treibt, in diejenige Wärme verwandelt wird, welche die Induktionsströme erzeugen, und daß die durch eine magnetelektrische Maschine erzeugte bewegende Kraft auf Kosten der durch den Strom erzeugten Wärme entsteht. Er fand, daß die Wärmemenge, welche ein Pfund Wasser um 1° Fahrenheit zu erwärmen vermag, der Arbeit entspricht, welche nötig ist, um 838 Pfund um 1 Fuß zu heben. Der von Joule ausgesprochene Satz war nichts anderes als das von Mayer ausgesprochene Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Der Unterschied bestand nur darin, daß Mayer vom allgemeinen Problem ausging und ein spezielles Problem nur als Beispiel anführte, während Joule mit dem speziellen anfing und von da zu dem allgemeinen aufstieg. Die beiden Gelehrten gerieten in Prioritätsstreit, der besonders für Mayer unerquicklich wurde. Die Arbeiten Joules brachten das Gesetz von der Erhaltung der Kraft zur schnellen Anerkennung. Hierbei zeigte es sich, wie es so oft in Deutschland ging, daß die aus dem Ausland eingeführten Errungenschaften Anerkennung fanden, während dieselben von einem deutschen Gelehrten aufgestellten Wahrheiten nicht anerkannt wurden.

Um seine Behauptungen noch sicherer zu beweisen, setzte Joule die Untersuchungen zehn Jahre lang fort, indem er sie auf die verschiedenste Art variierte. Er maß die bei dem Durchfluß von Wasser durch enge Röhren und die durch Verdichtung der Luft entstandene Wärme; auch die bei der Reibung fester und flüssiger Körper hervorgebrachte Temperaturveränderung bestimmte er. Er ließ Wasser und Walrat durch ein Schaufelrad in Bewegung setzen, bestimmte die

Temperaturerhöhung und die Menge der aufgewandten mechanischen Arbeit. Als Mittelzahl für das mechanische Äquivalent der Wärme erhielt Joule 425 kgm. Seine Arbeiten über diesen Gegenstand wurden 1872 von Spengel unter dem Titel „Das mechanische Wärmeäquivalent. Gesammelte Abhandlungen von J. P. Joule“ herausgegeben.

1857 fand Joule, daß sich Metalldrähte beim Ausziehen abkühlen und beim Zusammenziehen erwärmen, daß sich dagegen Stränge von vulkanisiertem Kautschuk umgekehrt verhalten. Bei seinen Arbeiten bemerkte er auch, daß Eisenstäbe beim Magnetisieren länger werden, und daß diese Ausdehnung von der Länge des Stabes und der Intensität des Magnetismus abhängt. Mit Thomson beschäftigte er sich in den Jahren 1853 und 1854 mit der Theorie der Gase; sie stellten fest, daß zwischen den Gasmolekeln eine Kohäsion von fast verschwindender Kleinheit thätig ist, und daß deshalb die zusammengedrückten Gase, wenn sie beim Ausfließen durch eine Öffnung sich entspannen, sich abkühlen. Auf diese Abkühlung gründete später Linde seinen Apparat zur Darstellung flüssiger Luft. Joule starb am 11. Oktober 1889 zu Salford.



Soucault.

Jean Bernard Léon Foucault wurde am 18. September 1819 zu Paris geboren. Er studierte Medizin und beschäftigte sich nebenbei viel mit Physik, besonders mit Optik. Seit 1845 war er Redakteur des wissenschaftlichen Teils des

„Journal des Débats“. 1849 bemerkte er die stete Übereinstimmung zweier hellen Stellen im Spektrum des Davy'schen Lichtbogens mit der dunkeln Doppellinie im Sonnenspektrum. 1850 machte er seinen berühmten Pendelversuch, der den augenscheinlichsten Beweis der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Achse von Westen nach Osten zeigt. Seine ersten Versuche machte er in einem Kellergewölbe. Das Pendel bestand aus einem Stahldraht von 1 mm Durchmesser und 2 m Länge und einer Messingkugel von 5 kg, an welcher sich unten eine Spitze befand; das Pendel zeigte schon nach einer halben Stunde eine merkliche Abweichung von seiner ursprünglichen Schwingungsrichtung. Merklicher wurde die Abweichung an einem Pendel von 11 m Länge in dem Meridianssaale der Sternwarte zu Paris; 1852 brauchte Foucault ein Pendel von 68 m Länge und 28 kg Gewicht im Panthéon zu Paris. In Deutschland wurde der Versuch von Garthe im Dom zu Köln wiederholt. Auf Veranlassung von Arago zeigte Foucault mit Hilfe eines rotierenden Spiegels, daß die Lichtgeschwindigkeit im Wasser geringer ist als in der Luft und im freien Raum; hierdurch war der Beweis für die Richtigkeit der Undulationstheorie geliefert, da nach der Emissionstheorie die Geschwindigkeit im dichteren Mittel eine größere sein soll.

1855 wurde Foucault Physiker an der Pariser Sternwarte und 1862 Mitglied des Längenbureaus. Er studierte besonders eingehend die oft nach ihm benannten Induktionsströme, die aber vor ihm schon durch Faraday und andere erkannt worden waren. Mit Hilfe des Apparates von Arago gelang es ihm, die Geschwindigkeit des Lichtes im Zimmer

zu messen, indem er den Weg des Lichtes durch Reflexion an fünf Konkavspiegeln auf 20 m vergrößerte. Er erhielt dabei den Wert von 298 000 km für den luftleeren Raum. Er erwarb sich großes Verdienst durch die Verbesserung der astronomischen Instrumente zu Paris. Da man damals in Frankreich große Linsen noch nicht herstellen konnte, sondern auf die Schleifereien in München angewiesen war, so konstruierte er, durch Geldmittel von Napoleon III. unterstützt, große Spiegelteleskope, deren Glas Spiegel mit Silber überzogen waren.

Er starb am 11. Februar 1868 zu Paris.



Tyndall.

John Tyndall wurde am 21. August 1820 zu London geboren. 1839 verließ er die Gewerbeschule, um sich einer Abteilung der Kommission für Landesvermessung anzuschließen. Da er sich selbst ernähren mußte, so nahm er die Stellung als Zeichner an, weil sie am besten bezahlt wurde. Nebenbei aber nahm er an den Übungen auf der Feldmark teil, so daß er in alle praktischen Thätigkeiten der Feldmeßkunst eingeweiht wurde. Nachher trat er in verschiedenen Städten in Privatdienste, um Messungen für die damals anzulegenden Eisenbahnen vorzunehmen. 1847 übernahm er eine Stelle als Lehrer am Queenwood College in Hampshire, wo er sich so viel verdiente, daß er 1848 nach Marburg gehen

konnte, um Mathematik und Naturwissenschaften zu studieren. Hier hörte er vor allen den Mathematiker Steegmann und den Physiker Bunsen und promovierte auf Grund einer Arbeit über Schraubensflächen. Auch schrieb er schon zu dieser Zeit eine Abhandlung über die Erscheinungen des Wasserstrahls. Im Herbst 1850 kehrte er nach London zurück, ging jedoch schon Anfang 1851 nach Berlin, nachdem er sich des Vorzuges versichert hatte, im Laboratorium von Magnus arbeiten zu dürfen. Mit seinem Lehrer Magnus hatte er später manchen wissenschaftlichen Streit über einen der schwierigsten Gegenstände der Experimentalphysik, nämlich die Wechselwirkung zwischen strahlender Wärme und Materie in gasförmigem Zustande. In Berlin traf er mit Rieß, dem bedeutendsten Forscher der Reibungselektrizität, mit Clausius, der sich kurz darauf durch seine Wärmetheorie Weltruf verschaffte, und mit Du Bois-Reymond zusammen. Seit 1853 war er Professor der Physik an der Royal Institution zu London.

1854 stellte Tyndall Versuche über das Trevelyan-Instrument an. Trevelyan und Faraday erklärten das Wackeln des Klotzes durch die größere Ausdehnung und die geringere Leitungsfähigkeit des Bleis. Als Forbes dieser Erklärung widersprach, beschloß Tyndall, sich genauer mit der Erscheinung zu beschäftigen, und er erhielt Töne von Eisen auf Eisen, von Kupfer auf Kupfer, Messing, Silber, Zink, Zinn auf dem jedesmaligen gleichen Metall, von Messing auf Bergkry stall, Rauchtopas, Flußspat und besonders auf Steinsalz, das sich zu diesen Versuchen als sehr geeignet zeigte. In Bezug auf die Erklärung der Töne hielten Tyndall und

mit ihm die meisten Physiker an der alten Trevelyan-Faradayschen Erklärung fest. 1855 untersuchte Tyndall den sphäroidalen Zustand der Flüssigkeiten. Um die Lücke zwischen Tiegeln und Tropfen direkt sichtbar zu machen, versetzte er einen Tintentropfen auf der konvexen Fläche des Tiegels in den sphäroidalen Zustand und ließ zwischen Tropfen und Tiegel einen glühenden Platindraht leuchten. 1857 untersuchte er auf Grund einer Beobachtung seines Assistenten Berett die sensitiven Flammen. Er fand, daß die Flamme eines brennenden Gases, welches unter so hohem Druck ausströmt, daß die Flamme dem Flackern nahe ist, ihre Form verändert, sich verlängert oder verkürzt, in heftige Zuckungen gerät oder ganz erlischt, sobald ein geeigneter Ton in ihrer Nähe erklingt. Um die Flammenschwingungen zu beobachten, gebrauchte er zuerst ein dreiseitiges Prisma mit spiegelnden Seitenflächen, das an einem Faden hing und durch dessen Torsion sich um seine Achse drehte; Wheatstone und König hatten zu diesem Zwecke rotierende Spiegel benutzt. Mit Huxley und später allein machte Tyndall Studien über die Gletscher der Alpen, die er 1860 veröffentlichte. 1862 entdeckte er die große Durchlässigkeit für dunkle Wärmestrahlen an dem in Schwefelkohlenstoff gelösten Jod.

Bemerkenswert ist, daß Tyndall jederzeit für die Lehre von der Erhaltung der Kraft und zuerst als Physiker von Fach für Mayer eintrat, wodurch Mayers Ansichten auch in Fachkreisen mehr und mehr gewürdigt wurden. Nicht geblendet durch falschen Patriotismus, hielt er an der Priorität Mayers gegenüber Joule fest, obwohl er beide, jeden nach einer andern Richtung hin, für gleichwertig hinstellte.

Über diesen Gegenstand schrieb er 1867 in seiner Arbeit „Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung“ folgendes: „Mayers Arbeiten tragen gewissermaßen den Stempel einer tiefsinnigen Anschauung, welche jedoch in des Verfassers Geist die Kraft unzweifelhafter Überzeugung gewonnen hatte. Joules Arbeiten sind im Gegenteil experimentelle Beweise. Mayer vollendete seine Theorie geistig und führte sie zu ihrer großartigsten Anwendung. Joule arbeitete sich seine Theorie heraus und gab ihr die Sicherheit einer Naturwahrheit. Treu dem spekulativen Instinkt seines Landes, zog Mayer große und wichtige Schlüsse aus seinen Vorderätzen, während der Engländer vor allem darauf bedacht war, Thatfachen unwiderruflich festzustellen.“

Merkwürdige Beobachtungen über eine ganz ungleiche, nach den verschiedenen Richtungen hin ganz verschiedene Ausbreitung des Schalls veröffentlichte Tyndall 1874. Er fand, daß die akustische Durchlässigkeit von der optischen ganz unabhängig ist, und schrieb danach die akustische Durchlässigkeit vor allem dem in der Luft enthaltenen Wassergas oder vielmehr der Mischung des Wassergases mit der Luft zu.

Tyndalls musterhafte Vorträge über den Schall und das Licht und seine Fragmente aus den Naturwissenschaften fanden große Verbreitung und wurden meist von Helmholtz und Wiedemann ins Deutsche übersetzt.



v. Helmholtz.

Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz wurde am 31. August 1821 als Sohn eines Gymnasiallehrers in Potsdam geboren. Nach Absolvierung des Gymnasium war er von 1838 bis 1842 Zögling des Friedrich-Wilhelm-Instituts zu Berlin. Seine Doktordissertation behandelte die Struktur der Nervenfasern. Er wurde Unterarzt an der Charité zu Berlin und später Militärarzt in Potsdam. Hier beschäftigte er sich mit dem Studium des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, ohne von den gleichzeitigen Arbeiten Robert Mayers Kenntniß zu haben; Helmholtz hat deshalb auch stets die Priorität von Mayer anerkannt. Seine Abhandlung über diesen Gegenstand, die er am 23. Juli 1847 in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin vortrug, reichte er Poggendorff zur Veröffentlichung ein, der sich jedoch weigerte, sie aufzunehmen. So entschloß sich denn Helmholtz, sie 1847 selbst herauszugeben. Hierin zeigte er, daß alle Vorgänge in der Natur den Grundgesetzen der Mechanik gehorchen, und er kam in der Hauptsache zu denselben Resultaten wie sein Vorgänger Mayer. In dieser Abhandlung findet sich der wichtige Satz: „Es bestimmt sich also die Aufgabe der physikalischen Naturwissenschaften dahin, die Naturerscheinungen zurückzuführen auf unveränderliche, anziehende oder abstoßende Kräfte, deren Intensität von der Entfernung abhängt.“ Durch seine Arbeiten wurden die Mayerschen Forschungen wesentlich gefördert und zur Anerkennung gebracht.

1848 ging Helmholtz nach Berlin zurück, wo er Lehrer der Anatomie an der Kunstakademie und Assistent am Ana-

tomischen Museum wurde. Ein Jahr später erhielt er einen Ruf als außerordentlicher Professor der Physiologie nach Königsberg. Hier beschäftigte er sich hauptsächlich mit physiologischen Studien; durch die Arbeiten über Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenreizes bei Tieren und Menschen, die man bis dahin allgemein für eine blitzartige gehalten hatte, wurde er auf die Theorie der elektrischen Ströme geführt. 1851 erfand er den Augenspiegel; hierdurch wurde es zuerst möglich, die Netzhaut des lebenden Menschen zu untersuchen und etwaige Krankheitserscheinungen festzustellen. Bald darauf wies er nach, wie die Akkommodation des Auges vor sich geht, und brachte Klarheit in die Lehre von den Farbenempfindungen und subjektiven Lichtempfindungen, wobei er sich auf Thomas Young stützte, der drei Grundempfindungen annimmt, welche durch drei verschiedenartige Nervenfasern zu stande kommen. Helmholtz zeigte ferner, daß die Irradiation bedingt ist durch unvollkommene Akkommodation, durch sphärische Aberration und durch die niemals vollständige Achromasie des Auges, die schon von Fraunhofer bemerkt und festgestellt worden war.

1855 ging Helmholtz nach Bonn als Professor der Anatomie und Physiologie und 1858 als ordentlicher Professor der Physiologie nach Heidelberg. 1856 begann er sein Werk „Handbuch der physiologischen Optik“. Darauf begann er akustische Untersuchungen. Er untersuchte die Klangfarbe der menschlichen Stimme und der musikalischen Instrumente; er wies den schon von Ohm ausgesprochenen Satz nach, daß der Klang im gewöhnlichen Sinne des Wortes nicht eine einfache Empfindung, sondern ein Gemisch von

gleichzeitig bestehenden Empfindungen ist. Er erfand einen Apparat, um die Obertöne derartig zu verstärken, daß sie genau untersucht werden konnten. Seine akustischen Untersuchungen setzte er zusammen in dem Werke „Die Lehre von den Tonempfindungen“, 1869. Durch diese Forschungen wurde er wieder auf physikalisch-mathematische Arbeiten geführt; er veröffentlichte in dem „Journal für reine und angewandte Mathematik“ seine Abhandlungen über die Theorie der Wellenbewegung, die hydrodynamischen Gleichungen, Wirbelbewegungen und Ausflußstrahlen. Er arbeitete auf diese Art das wichtigste Hilfsmittel der Naturwissenschaften, die Mathematik, zu Gunsten der physikalischen Forschungen aus und verlor sich nicht in rein spekulativen Betrachtungen, ohne sich darum zu kümmern, ob die Mathematik auch praktische Anwendbarkeit habe.

1871 wurde Helmholtz, dessen Name damals schon in aller Welt bekannt war, als Professor der Physik nach Berlin berufen. Als Nachfolger von Magnus übernahm er die Leitung des Physikalischen Instituts; hier beschränkte er sich nicht bloß darauf, seine Wissenschaft vorzutragen, sondern er übte seine Schüler in der Kunst des Experimentierens, in der er unerreicht dastand, und in der praktischen Forschung im physikalischen Laboratorium. Bei der Gründung der Königl. Akademie des Bauwesens im Jahre 1880 wurde er außerordentliches Mitglied in der Abteilung für das Ingenieur- und Maschinenwesen. Mit Werner v. Siemens gründete er die Physikalisch-technische Reichsanstalt, in welcher die feinsten Messungen und genauesten Prüfungen von Apparaten, Instrumenten und Ma-

terialien vorgenommen wurden. 1886 wurde er Präsident dieser Anstalt, und unter seiner Leitung wurde sie zum Segen der deutschen Industrie und Technik.

Außer seinen Forschungen über Optik, Akustik und Physiologie hat Helmholtz sich besonders verdient gemacht durch die Förderung der Hydrodynamik, durch die Untersuchungen über den Zusammenhang der reinen Mechanik mit der Theorie der Wärme, durch Untersuchungen über das Potential, über elektromotorische Kraft, über galvanische Ströme und ihre mechanischen Wirkungen, über galvanische Polarisation und Induktionsströme, über den Zusammenhang der elektrischen Ströme mit den Wärmeerscheinungen u. s. w. Aus seinen Arbeiten über die verschiedensten Gebiete der Naturwissenschaften und Mathematik ist leicht zu ersehen, daß er einer der größten, tiefsten und allseitigsten Forscher und Denker der Neuzeit war. Seinem Ansehen ist auch die Festsetzung technischer und elektrotechnischer Einheiten zu verdanken. 1890 nahm er an der Schulkonferenz zu Berlin teil, wo er, ohne dem humanistischen Gebiete zu nahe zu treten, die Wichtigkeit der Naturwissenschaften für die höheren Lehranstalten betonte. Die Arbeiten von Helmholtz erschienen gesammelt 1882—1883 als „Wissenschaftliche Abhandlungen“ und seine Vorträge in Braunschweig 1884 als „Vorträge und Reden“. Er wurde seiner Verdienste wegen in den Adelsstand erhoben und starb am 8. September 1894 als Wirklicher Geheimer Rat. In Charlottenburg wurde ihm mit Siemens ein Denkmal gesetzt.

Clausius.

Rudolf Julius Emanuel Clausius wurde am 2. Januar 1822 zu Kößlin geboren. Er studierte seit 1840 in Berlin, wurde dort Privatdozent und 1850 Lehrer an der Königlich- Artillerie- und Ingenieurschule. Nachdem er 1853 Professor der Physik an der Polytechnischen Schule in Zürich geworden war, erhielt er 1857 auch eine Professur an der dortigen Universität. Von hier ging er 1867 nach Würzburg und 1869 nach Bonn, wo er bis zu seinem am 24. August 1888 erfolgten Tode blieb.

Nachdem Joule und Helmholtz das Gesetz von der Erhaltung der Kraft zur Anerkennung gebracht hatten und die Annahme des Wärmestoffs dadurch zerstört worden war, wurde von den meisten Physikern die Theorie angenommen, daß die Wärme auf Bewegungen der materiellen Molekeln zurückzuführen sei. Clausius unternahm es, die mechanischen Wirkungen der Wärme aus den Wärmebewegungen abzuleiten und so auch die Theorie der Dampfmaschinen auf die neuen Anschauungen zu gründen. Hierbei trat er stets für Mayer ein, was besonders aus einem Briefe hervorgeht, den er an Tait, Professor der Physik in Edinburg, richtete, der die Entdeckung des Gesetzes nur Joule zuschreiben wollte. In diesem heißt es: „Jeder Leser sieht auf den ersten Blick, daß dieses nicht eine unparteiische historische Darstellung der Sache ist, sondern eine bloße Parteischrift, welche nur zum Lobe einiger wenigen Personen geschrieben ist. Ich schätze diese Personen sehr hoch, glaube aber doch, daß man um ihretwillen nicht andere herabsetzen muß.“ In seiner Abhand-

lung vom Jahre 1850 „Über die bewegende Kraft der Wärme“ stellte er zwei Hauptsätze der mechanischen Wärmetheorie auf, deren erster lautet: „In allen Fällen, wo durch Wärme Arbeit entsteht, wird eine der erzeugten Arbeit proportionale Wärmemenge verbraucht, und umgekehrt wird durch den Verbrauch einer ebenso großen Arbeit dieselbe Wärme erzeugt.“ Das mechanische Äquivalent der Wärme nahm er nach Joule zu 772 Fußpfund oder umgerechnet zu 423,55 kgm an. Den zweiten Satz stellte er zuerst in der Form auf, daß die in Arbeit verwandelte Wärme einer Dampfmaschine proportional der übergeführten Wärme und der Temperaturdifferenz ist. 1854 kleidete Clausius den zweiten Hauptsatz in bestimmte mathematische Form, und 1865 stellte er ihn in der Fassung auf, daß nur bei einem umkehrbaren Kreisprozeß nichts an verwandlungsfähiger Energie verloren gehe und daß durch einen nicht umkehrbaren Prozeß sie unter allen Umständen vermindert werde. Indem dann Clausius die nicht mehr umwandlungsfähige Energie der Körper mit dem neuen Namen „Entropie“ bezeichnete, kam er dazu, den zweiten Hauptsatz folgendermaßen auszusprechen: „Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu.“

Durch seine berühmte Abhandlung „Über die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen“ (1853), in welcher er sich der Anschauung Krönigs anschloß, legte er den Grund zur mechanischen Theorie der Gase. Durch diese gelang die Berechnung der Geschwindigkeit, der freien Weglänge und annäherungsweise auch der Größe der Gasmolekeln, und umgekehrt vermochte diese Theorie aus ihren Voraussetzungen Resultate für die innere Reibung und Wärmeleitungsfähig-

keit der Gase zu gewinnen, welche von der Erfahrung bestätigt wurden. In den Jahren 1876 und 1879 stellte Clausius ein neues elektrodynamisches Grundgesetz auf, da er die Annahme Webers für falsch hielt, daß bei einem galvanischen Strom in jedem Leiterelement gleiche Mengen positiver und negativer Elektrizität sich mit gleicher Geschwindigkeit nach entgegengesetzten Richtungen bewegen sollen. 1879 veröffentlichte er seine „Mechanische Behandlung der Elektrizität“, ein systematisches Werk, das alles bis dahin in der mathematischen Elektrizitätslehre Erreichte verwertete. Bei seiner mathematischen Behandlung der Elektrizität bildete Clausius auch besonders den Begriff und die Lehre vom Potential aus.

Interessant ist auch eine Erklärung Clausius' für die blaue Färbung der Atmosphäre. Nach ihm ist das Licht der Atmosphäre reflektirtes; aber als Ursache der Reflexion nahm er feine Dampfbläschen an, weil nur diese das Licht der Atmosphäre unverändert durchlassen könnten. Sind die Häutchen der Bläschen sehr dünn, so müssen sie durch Interferenz die blaue Farbe zeigen. Werden dieselben dicker, so werden sich auch immer neue dünne Bläschen bilden, das weiße Licht der ersteren wird nur das blaue der letzteren verwischen. Im durchgelassenen Licht müssen die dünnen Bläschen die Komplementärfarben von Blau annehmen, sie müssen also rot erscheinen. Bei hohem Stande wird demnach das Licht der Sonne weiß, am Horizont aber rot oder gelb erscheinen. Diese Erklärung fand von Anfang an viele Gegner; heute ist sie mit aller Bestimmtheit als unrichtig erwiesen, da die Nichtexistenz der Dampfbläschen mit aller wünschenswerten Sicherheit durch das Experiment erkannt ist.

In seinen Veröffentlichungen, die nur für den geschulten Mathematiker verständlich sind, teilt Clausius nirgendwo die Resultate eigener Versuche mit; er war zeitlebens Theoretiker, aber im besten Sinne des Wortes, denn er suchte die Fülle der bekannten Erfahrungsthatsachen auf einfache und gemeinsame Gesichtspunkte zurückzuführen. Es wäre aber falsch, zu behaupten, die abstrakten Arbeiten des gelehrten Forschers hätten keine reichen praktischen Früchte getragen, denn durch sie wurde die Lehre von den Dampfmaschinen wesentlich umgestaltet und auf eine bis dahin nicht erreichte Höhe gebracht.



Kirchhoff.

Gustav Robert Kirchhoff wurde am 12. März 1824 zu Königsberg geboren und studierte in seiner Vaterstadt seit 1842 Mathematik und Physik. 1847 habilitierte er sich in Berlin als Privatdozent und erhielt 1850 einen Ruf als außerordentlicher Professor der Physik nach Breslau. Von dort kam er 1854 durch Bunsens Vermittlung als ordentlicher Professor nach Heidelberg. Hier arbeitete er hauptsächlich mit Bunsen zusammen, und seine Hauptthätigkeit fällt in diese Heidelberger Zeit. 1879 ging er als Mitglied der Akademie und Professor der mathematischen Physik nach Berlin, wo er, schon seit längerer Zeit kränklich, am 17. Oktober 1887 starb.

Als 21jähriger Student veröffentlichte er 1845 die beiden Sätze, in welchen die Lösungen aller Probleme der Strom-

verzweigung enthalten sind, und die das Ohmsche Gesetz als speziellen Fall in sich schließen, als Anhang zu einer Arbeit „Über den Durchgang eines Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige.“ Diese nach ihm benannten Sätze lauten: 1. „Treffen mehrere Ströme in einem Punkte zusammen, von denen die einen zum Kreuzungspunkte hin, die andern vom Kreuzungspunkte weg gehen, so ist die algebraische Summe der Stromstärken gleich null.“ 2. „In jedem geschlossenen Stromkreise ist die algebraische Summe der Produkte aus der Stromstärke und dem Leitungswiderstande der einzelnen Teile gleich der Summe der in diesem Stromkreise thätigen elektromotorischen Kräfte.“ Die ausführliche Ableitung dieser Sätze, unter Voraussetzung linearer Leiter, folgte ein Jahr später; im folgenden Jahre dehnte er dieselben auch auf körperliche Leiter, die sich wie die Drähte der linearen Form nähern, und damit auf Leiter von allen den Formen aus, wie sie überhaupt bei den Versuchen gebräuchlich sind. Hierdurch löste er die Aufgabe der Stromverzweigung in solcher Allgemeinheit, daß sich alle folgenden Arbeiten auf die seinigen gründeten. In diesen Arbeiten setzte er nicht, wie Ohm es gethan, die Spannung in einem Stromelement der elektrischen Massendichte in demselben proportional, sondern bestimmte diese Spannung durch das Potential der Elektrizität an dem betreffenden Orte. Hierdurch war er einer der ersten, der den Begriff des elektrischen Potentials in seiner Wichtigkeit erkannte und dementsprechend benutzte.

Im Jahre 1859 veröffentlichte Kirchhoff in den Monatsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin seine erste

Nachricht über die mit Bunsen gemachte Entdeckung der Spektralanalyse unter dem Titel „Über die Fraunhoferschen Linien“. In dieser Arbeit gab er die Erklärung für die dunkeln Linien und Streifen im Sonnenspektrum. Noch im selben Jahre veröffentlichte er eine Abhandlung über Emission und Absorption des Lichtes, worin er den nach ihm benannten Satz aufstellte, daß für Strahlen derselben Wellenlänge bei derselben Temperatur das Verhältnis des Emissionsvermögens zum Absorptionsvermögen bei allen Körpern dasselbe sei. Auf Grund dieser Arbeiten konnten Kirchhoff und Bunsen kurz darauf den Satz aussprechen, daß die hellen Linien im Spektrum als sicheres Kennzeichen der Anwesenheit der betreffenden Metalle betrachtet werden müssen.

Aber nicht nur die Kenntnis der Stromverzweigung und der Spektralanalyse wurde durch Kirchhoff wesentlich gefördert, sondern höchst bedeutsam sind auch seine Arbeiten über Elastizität, mechanische Wärmetheorie, Wärmeleitung und verschiedene Gebiete der Optik.



Thomson.

William Thomson, geboren im Juni 1824 zu Belfast, wo sein Vater Lehrer der Mathematik war, studierte in Glasgow, Cambridge und Paris und wurde 1846 zum Professor der Physik an der Universität Glasgow ernannt, nachdem er schon 1841 eine Schrift über die Wärmeleitung in festen Körpern und deren Beziehung zur Theorie der

Elektrizität herausgegeben hatte. Er übernahm die Redaktion des Cambridge and Dublin Mathematical Journal, in dem er u. a. seine berühmte Abhandlung über die Verteilung der Elektrizität auf Leitern veröffentlichte. Als das erste Kabel zwischen England und Amerika bald versagte, beschäftigte sich Thomson besonders mit theoretischen und experimentellen Arbeiten über die Kabeltelegraphie. 1866 beteiligte er sich an der Legung des neuen Kabels und ward bei der Rückkehr von dieser Reise zum Ritter ernannt. 1890 wurde er Präsident der „Königlichen Gesellschaft“ und erhielt 1892 den Titel eines „Lord Kelvin“.

Die Verdienste Thomsons sind sehr mannigfaltig; er bearbeitete die mechanische Wärmetheorie, leistete Hervorragendes auf dem Gebiete der theoretischen Elektrizität und erfand viele physikalische und technische Apparate, die sich in der Praxis sehr bewährt haben. Seine Arbeiten trugen neben denen von Clausius und Maxwell hauptsächlich dazu bei, die mechanische Theorie der Wärme zu entwickeln. Diese Forscher unternahmen die schwierige Aufgabe, die mechanischen Wirkungen der Wärme aus den Wärmebewegungen abzuleiten und die Theorie der Dampfmaschinen auf die neuen Anschauungen zu gründen. Thomson ging dabei von dem Grundsatz aus, daß es unmöglich sei, mit Hilfe unbeseelter Körper eine mechanische Leistung durch irgend eine Substanz zu erzielen, wenn ihre Temperatur niedriger ist als die tiefste aller sie umgebenden Körper. Er führte in die Wärmetheorie die indirekte Definition der Temperatur ein, welche von den meisten Gelehrten mehr oder weniger sofort angenommen wurde.

Für die Thermotechnik besonders wichtig war die neue Schätzung der Wirkungsfähigkeit einer Dampfmaschine, welche Thomson neben Rankine und Clausius entwickelte. Aus dieser ging die damals sehr überraschende Thatsache hervor, daß auch in der vollkommensten Dampfmaschine nicht alle von derselben aufgenommene Wärme in Arbeit verwandelt werden kann. Dieser Umstand veranlaßte, daß man damals der von Ericson im Jahre 1850 erfundenen Heißluftmaschine große Sympathien entgegenbrachte, die aber bald wieder schwanden, als die verbesserten Dampfmaschinen jene überflügelten.

Durch theoretische Betrachtungen kam Thomson dazu, den von seinem Bruder, dem Civilingenieur James Thomson, gefundenen Satz zu bestätigen, daß nicht nur der Siedepunkt, sondern auch der Gefrierpunkt der Flüssigkeiten vom Druck abhängig sein müsse. Die Richtigkeit dieser aus der Theorie gefolgerten Erscheinung wies er durch Versuche nach und zeigte allgemein, daß der Schmelzpunkt eines festen Körpers bei einer Vermehrung des Druckes sinkt, wenn der Körper im festen Zustande ein größeres Volumen hat als im flüssigen, daß er aber umgekehrt steigt, wenn das Verhältnis des Volumens das entgegengesetzte ist. Für den Gefrierpunkt des Wassers fand er speziell ein Sinken um $0,0135^{\circ}$ Fahrenheit für jeden Atmosphärendruck.

Die Prinzipien der mechanischen Wärmetheorie verwertete Thomson auch auf andern Gebieten der Physik. So stellte er z. B. eine Theorie der Thermostrome auf, wodurch er in den Stand gesetzt wurde, die elektromotorische Kraft, die in den verschiedenen Theilen des Stromes wirkt, zu bestimmen.

Durch diese Arbeiten kam er zu der Entdeckung der Fortführung der Wärme durch den galvanischen Strom. Er wies nämlich durch Experimente nach — was er schon aus der Theorie gefolgert hatte —, daß in ungleichmäßig erwärmtem Eisen ein Strom von „warm“ nach „kalt“ das Metall abkühlt, während ein Strom von „kalt“ nach „warm“ es erwärmt. Aber nicht nur dieses besondere Gebiet, sondern auch die ganze Theorie der Elektrizität erhielt durch Thomson mächtige Förderung. Vor allem war es die Entdeckung der Rotation der Polarisationssebene durch magnetische Direktionskraft, welche ihn zur Untersuchung des wunderbaren Zusammenhangs zwischen Elektrizität und Licht anregte. Er war einer der ersten Gelehrten, der Faradays Kraftlinien zu Ehren brachte, so daß sie heute kaum noch in einem Lehrbuch des Magnetismus und der Elektrizität fehlen. Für die Entwicklung der Potentialtheorie leistete er u. a. Bedeutendes dadurch, daß er Greens Schrift über Anwendung der mathematischen Analysis auf Elektrizität und Magnetismus, die wohl als Grundlage der Potentialtheorie angesehen werden darf, bei ihrem Erscheinen aber fast ganz unbeachtet blieb, noch einmal veröffentlichte, nachdem Gauß sein diesbezügliches Werk herausgegeben hatte. Thomson war es, der den Begriff des elektrischen Bildes in die Elektrizitätslehre einführte, indem er einen elektrischen Punkt, der eine Fläche von einem bestimmten Potential in Beziehung auf einen andern Punkt ersetzt, das Bild der Fläche nannte.

Eine der Wheatstoneschen Brücke ähnliche Anordnung ist von Thomson mit Vorteil zur Bestimmung des Widerstandes eines Galvanometers angewendet worden, ohne ein zweites

Instrument dabei zu Hilfe zu nehmen. Da die Brücke auch nicht gut zu gebrauchen ist, wenn es sich um sehr kleine Widerstände handelt, weil genaue Vergleichungswiderstände von sehr geringem Betrage schwer herzustellen und deshalb sehr kostspielig sind und die Verbindungen von Drähten untereinander durch Klemmschrauben selbst schon kleine Widerstandschwankungen hervorbringen, so maß Thomson diese durch eine besondere Art der Schaltung, welche man die Methode der Thomson- oder Doppelbrücke nennt. Die Einführung allgemein gültiger elektrischer Einheiten ist Thomson auch zum großen Theil zu verdanken, denn schon 1861 schlug er als Vorsitzender einer von der British Association und der Royal Society gebildeten Kommission vor, im Prinzip die Weber'sche absolute Einheit des Widerstandes anzunehmen; von Erfolg gekrönt wurden diese Bestrebungen allerdings erst auf dem Elektrikerkongreß zu Paris im Jahre 1881.

Aber nicht nur für die Theorie, sondern auch für die Praxis leistete Thomson ganz Bedeutendes. Er erwarb sich hervorragende Verdienste um die erfolgreiche Legung und Anwendung des atlantischen Kabels im Jahre 1866, und sein Spiegelgalvanometer machte Epoche in der Geschichte der unterseeischen Telegraphie. Bei den transatlantischen Kabeln gebraucht man noch heute ausschließlich Thomsons Spiegelgalvanometer, und es werden entweder die Ausschläge nach der einen oder andern Seite als die beiden Elementarzeichen benutzt, aus welchen man das Alphabet zusammensetzt, oder es werden bloß Ausschläge nach der einen Seite, aber von verschiedener Größe gebraucht, um aus diesen die einzelnen Buchstaben zu bilden.

Um die Stärke der Elektrizität zu messen, bediente man sich vor Thomson fast ausschließlich des Goldblattelektrometers oder der Coulombschen Drehwage. Das Goldblattelektrometer hatte aber den Nachteil, daß sehr geringe Elektrizitätsmengen keine wesentliche Divergenz der Blättchen hervorbrachten und bei großen Mengen eine Messung auch nicht möglich war, weil die Blättchen sich so weit ausstreckten, als sie konnten; auch zeigten die beiden Instrumente von selbst nicht an, ob die zu prüfende Elektrizität positiv oder negativ war. Alle diese Mängel sind in verschiedenen Elektrometern vermieden, die Thomson konstruierte. Eines der wichtigsten ist das Quadrantelektrometer. Es ist prinzipiell der Coulombschen Wage nachgebildet, unterscheidet sich von ihr aber vor allem dadurch, daß zur Messung Platten statt Kugeln benutzt werden. Die ersten Plattenelektrometer wurden von Snow Harris konstruiert, aber Thomson brachte sie sowohl in Form als in Theorie zu großer Vollendung. Im Quadrantelektrometer wird die abstoßende Kraft durch Spiegelablesung ermittelt. Der Apparat ist so empfindlich, daß er die Elektrizitätsmenge eines Körpers anzeigt, wenn sie nur ein Millionstel von der ist, bis zu welcher man ihn für Experimente passend ladet. Wegen seiner großen Empfindlichkeit ist das Instrument in Fabriken u. dgl. heute kaum noch zu brauchen, da bewegte Eisenmassen und elektrische Ströme, die in benachbarten Drähten fließen, die Nadel beeinflussen; es eignet sich dagegen vorzüglich zum Bestimmen der atmosphärischen Elektrizität.

Mit dem Quadrantelektrometer können unbekanntes Potentialdifferenzen mit bekannten verglichen werden; Messungen

in absolutem Maße dagegen können nicht mit ihm vorgenommen werden; ein hierzu passender Apparat wurde auch von Thomson konstruiert, das sogen. absolute Elektrometer. Dieses besteht zur Hauptsache aus einer Metallscheibe, die in einer horizontalen Lage isoliert ist, und einer kleineren Metallscheibe, die von dem einen Ende eines Wagebalkens herab zentral über jener hängt. Die Kraft der Anziehung der Platten kann durch ein Gegengewicht gemessen werden, und so erlaubt dieses Instrument die direkte Zurückführung der elektrischen Kräfte auf absolutes mechanisches Maß.

Außer diesen Apparaten baute Thomson noch mehrere andere Elektrometer, so z. B. das Hauselktrometer, das transportable und das Standard-Elektrometer. Er konstruierte auch verschiedene Elektrifiziermaschinen: so eine Maschine zur Multiplikation elektrischer Ladungen. In dieser sind die Überträger Wassertropfen, die aus dem Innern eines Induktors auf einen isolierten Empfänger fallen. Der Empfänger wird auf diese Weise fortwährend mit einer Ladung versehen, die das entgegengesetzte Zeichen hat von der des Induktors. Zum Registrieren der Signale eines transatlantischen Kabels baute er eine kleine Elektrifiziermaschine, die so leicht geht, daß sie durch das Räderwerk eines gewöhnlichen Morse-Apparates getrieben wird. Viel gebraucht in der Praxis wird auch der Thomson-Houston'sche Elektrizitätszähler. Er besteht zur Hauptsache aus einer Kupferscheibe, die sich zwischen zwei Magnetpolen dreht. Die Arbeit des Stromes wird zur gleichmäßigen Drehung der Scheibe verwendet, und die Geschwindigkeit dieser Drehung ist ein Maß für die verbrauchten Watts; der Apparat

läßt sich ebensogut für Wechselstrom wie für Gleichstrom verwenden.

Für die Vielseitigkeit Thomsons liefern u. a. einen Beweis der von ihm konstruierte und viel gebrauchte Kompaß, eine Tiefseefonde, seine Untersuchungen über Ebbe und Flut und die von ihm ausgebildete Mayersche Theorie über die Ergänzung der Sonnenwärme. Mayer erklärte diese durch das Aufschlagen von Meteor Massen; Thomson fügte besonders die Annahme hinzu, daß die Meteoriten nicht gleichmäßig im Raume, sondern nahezu nur in der Ebene des Sonnenäquators verteilt seien, wo sie auch die Erscheinung des Zodiacallichtes erzeugten.



Gramme.

Zénoxe Théophile Gramme wurde geboren am 6. April 1826 zu Jehay-Bodignée in der Provinz Lüttich und besuchte in Lüttich die wissenschaftlichen Unterrichtskurse. Er kam 1860 als Modellzeichner zu der Compagnie l'Alliance zu Paris, die mit Hilfe von großen Stöhrer-Apparaten, der sogen. Alliance-Maschine von Nollet, die bis 48 magnetische Magazine enthielten, elektrisches Licht erzeugte; zu seiner Ausbildung arbeitete er später bei Rühmkorff, nachdem er sich durch Selbststudium in die Physik und Elektrotechnik eingearbeitet hatte; 1868 erfand er unabhängig von Pacinotti aus Florenz den nach ihm benannten Ring. Antonio Pacinotti hatte schon 1860 eine magnet-elektrische Maschine

gebaut, die aber, weil sie eigentlich nur Modellmaschine war, sehr schwach war und wenig Beachtung fand. Pacinotti und nach ihm Gramme hatten den 1857 von Siemens erfundenen Cylinderinduktor ringsförmig gestaltet. Um diesen Ring in einem kräftigen Magnetfeld drehen zu können, wurden die einander genäherten Pole des permanenten Magneten bezw. dessen Polschuhe auf den einander zugewandten Seiten ausgeschnitten, so daß eine cylinderförmige Höhlung entstand, in welche der Ring eingeführt wurde. 1869 erhielt Gramme ein Patent auf die Ringmaschine, die erst durch seine Verbesserungen für die Technik wirklich gebrauchsfähig wurde; er ersetzte die Kontaktfedern durch Bürsten und führte statt des massiven Kerns ein Bündel von isolierten Stäben ein. Auf Grund der Grammeschen magnetelektrischen Maschinen wurden 1872 auch Grammesche dynamoelektrische Maschinen gebaut. 1877 erhielt Gramme ein Patent auf seine Ringwechselstrommaschine.

Die französische Regierung verlieh Gramme mehrere Auszeichnungen; die größten für den ehemaligen Tischlergesellen waren wohl die Nationalbelohnung, die ihm das Parlament zuwies, und die Voltmedaille, welche die Akademie ihm zusprach. Der König von Belgien ernannte ihn im Jahre 1897 zum Kommandeur des belgischen Leopoldordens.

Gramme starb im Jahre 1901 auf seiner Besitzung in der Nähe von Paris.

Hughes.

David Edwin Hughes wurde 1831 zu London geboren und kam 1838 nach Virginia. 1850 wurde er Professor der Musik an der Hochschule zu Barndstown in Kentucky. Bald nachher übernahm er auch den Lehrstuhl für Naturwissenschaften, zog sich jedoch schon 1853 nach Bowlinggreen zurück, wo er sich hauptsächlich mit physikalischen Versuchen beschäftigte. Sein Bestreben war vor allem darauf gerichtet, einen Apparat zu bauen, der dem Morse'schen Drucktelegraphen dadurch überlegen wäre, daß er schneller arbeite und gleich für jedermann leserlich schreibe, nicht nur Punkte und Striche drucke, die nur der Beamte entziffern kann. 1855 gelang es ihm, indem er auf den dem Morse-Telegraphen vorausgegangenen Zeigertelegraphen zurückging. Hughes richtete den Apparat jedoch so ein, daß die Nadel nicht nur auf einen Buchstaben hinzeigt, sondern daß gleich der betreffende Buchstabe auf einen Papierstreifen gedruckt wird. Der Apparat, dessen Bauart sehr verwickelt und von der größten Empfindlichkeit ist, so daß der Morse-Apparat jedenfalls den Vorzug der Einfachheit behalten hat, wurde zuerst in New York durch die Western Union Company eingeführt. In Europa wurde er zuerst in Frankreich, 1865 in Preußen, 1867 in Oesterreich und 1869 in Bayern und Württemberg eingeführt; heute hat er den Morse-Apparat in großen Städten und Centralpunkten der Telegraphenneze verdrängt.

Hughes ließ sich später in London nieder und erfand dort das Mikrophon, das er 1878 nach vielen vergeblichen Versuchen konstruierte. Zuerst war er bemüht, die Strom-

schwankungen durch Verlängerung und Verkürzung des Leitungsdrahtes zu erzeugen; diese Versuche blieben ohne Erfolg. Als ihm aber zufällig der Leitungsdraht riß und er die Drahtenden wieder lose zusammenlegte, bemerkte er, daß Geräusche in der Nähe wirklich im Telephon hörbar wurden. Er kam dadurch auf den Gedanken, die zu telephonierenden Töne vor der Übertragung erst noch durch Resonanz zu verstärken. Er legte zwei Drahtstifte, an denen die Leitungsdrähte einer galvanischen Batterie befestigt waren, auf einem Resonanzboden in einem Abstand von 1 mm parallel nebeneinander und verband diese leitend durch einen quer darübergelegten Drahtstift. Später erst erfand er das Kohlenmikrophon in seiner heutigen Gestalt. Gleichzeitig mit Hughes erfand Robert Lüdte in Berlin das Mikrophon und nahm im Juni 1878 ein Patent auf seinen Apparat, der dem Hughes'schen vollständig entspricht.

1879 erfand Hughes die Induktionswaage, durch welche mit Hilfe des Telephons Metalle geprüft werden können. Die Empfindlichkeit des Apparates ist so groß, daß man gebrauchte Münzen von neuen und echte von falschen leicht unterscheiden kann. Der Apparat wird auch benutzt zur Auffindung von Erzlagern unter der Erde und von Metallmassen auf dem Meeresboden; mit einem ähnlichen Apparat soll die Kugel im Körper des durch einen Schuß verwundeten amerikanischen Präsidenten Garfield aufgefunden worden sein. Auch als Erfinder der drahtlosen Telegraphie muß Hughes angesehen werden, obwohl er mit seltener Bescheidenheit keine Prioritätsrechte Marconi gegenüber beanspruchte. Hughes starb am 20. Januar 1900.

Maxwell.

James Clerk Maxwell, 1831 zu Middlebie bei Edinburg geboren, studierte in Edinburg und Cambridge und wurde 1856 Professor der Physik am Marishall College in Aberdeen und 1860 am Kings College in London. 1865 legte er seine Stelle nieder und lebte als Privatmann, bis er 1871 Professor der Physik in Cambridge wurde. Er starb am 5. November 1879.

Nachdem Clausius seine mechanische Theorie der Gase und der Wärme aufgestellt hatte, beschäftigte sich Maxwell sofort mit derselben und bildete sie nach der mathematischen Seite hin besonders aus. Im Jahre 1860 leitete er das nach ihm benannte Gesetz der Verteilung der Molekulargeschwindigkeiten in einem Gase ab, aus welchem sich eine etwas kleinere mittlere (Durchschnitts-) Geschwindigkeit ergibt als die von Clausius angegebene. In dem gleichen Jahre berechnete er die mittleren Weglängen der Molekeln zwischen je zwei Zusammenstößen und behandelte die Diffusion und innere Reibung der Gase. 1866 maß er fast gleichzeitig mit O. E. Meyer diese Reibung nach der von Coulomb erfundenen Methode, indem er eine kreisrunde Scheibe an einem in ihrem Mittelpunkte befestigten Drahte horizontal schwebend aufhing.

Die Mechanik der elektrischen und magnetischen Erscheinungen gründete sich bis zum Auftreten Faradays auf die Vorstellung von Fernwirkungen zwischen elektrischen, magnetisierten oder von elektrischen Strömen durchflossenen Körpern. Die Fernwirkungstheorie, die sich auf das Coulombsche Gesetz

stützte und die ganze Elektrizitätslehre auf die Fundamente der Elektrostatik aufbaute, wurde namentlich von Helmholtz, Weber und Kirchhoff auf eine sehr hohe Stufe der Vollendung gebracht. Faradays Bemühungen gingen sein ganzes Leben hindurch darauf hin, durch experimentelle Thatsachen zu zeigen, daß diese Fernkräfte durch irgend etwas vermittelt würden. Die Auffindung der dielektrischen Eigenschaften der Körper war ein großer Erfolg in dieser Richtung. Es wurde hierdurch bewiesen, daß das Medium zwischen zwei geladenen Kondensatorplatten einen wesentlichen Einfluß auf den ganzen Vorgang der Influenz besitzt. Faraday war aber nicht Mathematiker genug, um seiner Auffassung eine Form zu geben, die sie zu dem Range einer Theorie erhoben hätte. Erst Maxwell gelang dies, indem er Faradays Ansichten in streng mathematische Form brachte und dadurch eine ganz neue Theorie der Elektrizität aufstellte. Anknüpfend an Faradays Vorstellungen von dem Wesen des Dielektrikums, nahm Maxwell an, daß alle elektrischen und magnetischen Einwirkungen eines Körpers auf einen von ihm entfernten durch Vermittlung des Mediums, nämlich des Äthers, erfolgen, und daß jeder elektrische Körper das ihn umgebende, den ganzen Raum erfüllende Medium in einen Spannungszustand versetzt, der bestimmt wird durch die Art, wie die von dem elektrischen Körper ausgehenden Kraftlinien im Raume verlaufen. Hierdurch war es z. B. möglich, die sogenannten Maxwell'sche Regel aufzustellen, um die Richtung der Induktionsströme zu bestimmen: „Man blicke auf die Spulen immer in der Richtung der Kraftlinien, die vom Nordpol ausgehen und zum Südpol hinlaufen; dann bringen austretende Kraftlinien immer einen

Zeigerstrom, eintretende einen Gegenzeigerstrom hervor.“ Nach Maxwell ist also der Sitz aller elektrischen Erscheinungen nicht in den Leitern, sondern in den Isolatoren zu suchen; nur die Isolatoren sind es, welche elektrisch erregt werden können und welche andererseits den elektrischen Wirkungen auch den Durchgang gestatten. Im weiteren Verlauf seiner Theorie kam Maxwell zu der Ansicht, daß die Lichtwellen nur elektrische Wellen seien, und daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Ströme in verschiedenen Medien ebenso von ihrer Dielektrizitätskonstante abhängt, wie man bisher die Lichtgeschwindigkeit von der optischen Dichtigkeit des Mediums abhängig gemacht hätte. Eine unmittelbare Folgerung hiervon war, daß er diese Konstante gleich dem Quadrate des optischen Brechungsindex setzte. Diese Beziehungen sind später durch das Experiment für mehrere Körper bestätigt worden, so z. B. für Schwefel, Paraffin, Flintglas, Petroleum, Terpentinöl u. s. w. Als weitere Stütze für seine elektrische Lichttheorie führte Maxwell den Einfluß des Magnetismus auf die Polarisationssebene des Lichtes und die Thatsache an, daß die Geschwindigkeit des Lichtes übereinstimmt mit der Geschwindigkeit, welche sich für die Fortpflanzung elektromagnetischer Strömungen in einem Nichtleiter ergibt.

Durch die Versuche von Herz, die den sichern Nachweis lieferten, daß sich in der That im Dielektrikum also auch in der Luft oder im freien Raum, elektromagnetische Vorgänge abspielen, kam die Theorie von Maxwell immer mehr und mehr zur Geltung, daß nämlich die elektrischen Kräfte durch Spannungsercheinungen hervorgebracht werden, welche die elektrischen Körper in dem benachbarten Dielektrikum hervor-

rufen, und daß die auf einem Leiter erzeugten Wechselströme hoher Frequenz in der isolierenden Umgebung einen ebenso schnellen Wechsel der elektrischen und magnetischen Kräfte erzeugen müssen, welche nichts anderes sind als elektromagnetische Wellen und mit den Lichtwellen übereinstimmen. Auch trug zur allmählichen Annahme sehr viel der Umstand bei, daß Maxwell die elektromagnetischen Gleichungen unmittelbar aus den Grundgesetzen der Mechanik ableitete und dadurch zu Formeln gelangte, die in ihren Resultaten mindestens ebensogut mit der Erfahrung übereinstimmen wie die aus den älteren Kraftanschauungen entwickelten Gesetze.



Otto.

Nikolaus August Otto wurde im Jahre 1832 zu Holzhausen in Nassau geboren. Bis zu seinem 29. Jahre widmete er sich der Kaufmannschaft, strebte jedoch von Jugend auf nach Bereicherung seiner naturwissenschaftlichen Kenntnisse, so daß er ein umfassendes Verständniß für alle physikalischen Fragen gewann, besonders für solche, die mit dem Fortschritt der Technik im Zusammenhang standen. Als es im Jahre 1861 dem Pariser Mechaniker Lenoir gelungen war, durch die Explosion von Leuchtgas motorische Kraft zu erzeugen, richteten sich Ottos Gedanken auf dasselbe Ziel. Im Jahre 1863 gelang es ihm, seine erste Idee in der Werkstatt eines Kölner Mechanikers verwirklicht zu sehen. Das Ergebnis war wenig befriedigend, aber erklärlich bei den damals noch

mangelhaften Kenntnissen des Erfinders im Maschinenbau. Schwere Zeiten brachen für ihn herein, und der Zusammensturz all seiner Hoffnungen schien fast unabwendbar. Da führte ihn sein guter Stern mit dem Kölner Ingenieur Eugen Langen zusammen. Seit dem 30. September 1864 arbeiteten beide Männer zusammen; der Idee Ottos gab Langen die mustergültige konstruktive Form. Die erste Frucht ihrer gemeinsamen Thätigkeit war die Gaskraftmaschine, mit welcher sie auf der Pariser Weltausstellung von 1867 in die Öffentlichkeit traten. Dem energischen Auftreten des deutschen Mitgliedes des Preisgerichtes, Professor Reuleaux, war es zu verdanken, daß der deutschen Erfindung der goldene Preis zu teil wurde; der Gasverbrauch für dieselbe Leistung bei der Maschine von Lenoir und Otto verhielt sich wie 5 zu 2. Mit diesem Erfolge war den Erfindern der Weg gebahnt. Schon im Jahre 1869 reichte die Werkstatt in der Servasgasse zu Köln nicht mehr aus und eine eigene Fabrik wurde in Deuß gebaut. Langen wandte sich später wieder andern industriellen Aufgaben zu, während Otto seine gesamte Kraft der Leitung der Deüßer Fabrik widmete. Er suchte fortwährend neue Methoden und Formen für die Gasmachine. Die erste Verbesserung bestand im Fortfall des lästigen Geräusches, welches mit dem Explosionsstoß des aufstieghenden Kolbens verbunden war, und welches sich besonders der Aufstellung der Maschinen in bewohnten Häusern hindernd in den Weg stellte. Während die ersten Maschinen nur in Größen von $\frac{1}{4}$ bis 3 Pferdestärken gebaut wurden, gelang es in der Folge, solche von 100 Pferdestärken und mehr zu bauen.

Otto war von großer Einfachheit und fast allzu großer Bescheidenheit in Bezug auf sein Auftreten in der Öffentlichkeit. Als im Jahre 1881 der Verein deutscher Ingenieure in Köln seine Hauptversammlung abhielt und die Gasmotorenindustrie zum Gegenstande seiner Beratungen machte, war Otto nicht zu bewegen, an den Versammlungen und Festlichkeiten teilzunehmen, in der Besorgnis, man könne ihn öffentlich feiern. Trotzdem war es für ihn eine große Freude, als ihm die Universität Würzburg die für den Ingenieur so seltene Würde eines Ehrendoktors verlieh, die einzige öffentliche Auszeichnung, die ihm in seinem Leben zu teil wurde. Ungetrübt bis zu seinem Tode am 26. Januar 1891 blieb sein Verhältnis zu seinem Mitarbeiter Eugen Langen.

Wenn James Watt als der Erfinder der Dampfmaschine bezeichnet wird, darf man für Otto den Titel des Erfinders der Gasmaschine in Anspruch nehmen. Denn wie jener durch die Kondensation der Dampfmaschine erst dauernde Lebenskraft verlieh, so hat Otto durch eine richtig geordnete Zündung und Verbrennung die Gasmaschine zum Wettbewerbe erst befähigt.



Reis.

Philipp Reis wurde am 17. Januar 1834 zu Gelnhausen als der Sohn eines Bäckers und Landwirtes geboren. Seinen Vater verlor er schon im zehnten Jahre. Er besuchte die Bürgerschule seiner Vaterstadt; da er ein reich

begabter Knabe war, so kam er 1845 in das Knabeninstitut zu Friedrichsdorf bei Homburg, wo er bis 1848 blieb. Später besuchte er das Hesselsche Institut zu Frankfurt a. M., wo er die erste Anregung zur Beschäftigung mit Mathematik und Naturwissenschaften erhielt. Auf Veranlassung seines Vormundes trat er 1850 in ein Farbwarengeschäft zu Frankfurt als Lehrling ein. In seiner freien Zeit besuchte er die Handelsschule und machte hier die Bekanntschaft des Professors Böttger. Dieser veranlaßte ihn, nach Beendigung seiner Lehrzeit sich dem Lehrerstande zu widmen. Er ging einige Zeit in das Institut des Dr. Poppe und studierte im Frankfurter Physikalischen Verein, wo er in steter Berührung mit Böttger blieb. Sein Plan, nach Heidelberg zu gehen, um dort seine Studien zu vollenden, kam nicht zur Ausführung, da er inzwischen als Lehrer nach Friedrichsdorf berufen wurde. 1858 siedelte er dahin über und blieb dort bis zu seinem Tode am 14. Januar 1874.

1852 begann Reiss die Konstruktion des Telephons, und 1860 gelang es ihm, das Instrument herzustellen, welches er in dem Garnierschen Institut zu Friedrichsdorf vorführte. Bei seinen Versuchen ging er von der Mechanik des menschlichen Ohres aus. Sein erster Geber war dem Bau des menschlichen Ohres nachgebildet; in dem Modell findet man Trommelfell und Gehörknöchelchen genau wieder. Die Verschiebungen der Theilchen, welche den Gehörknöchelchen entsprechen, bedingten Veränderungen und Unterbrechungen des Stromes, die in dem Empfänger sich durch Schwingungen einer Platte bemerkbar machten. Reiss arbeitete mit Hilfe des alten Mechanikers Fritsch an der wei-

teren Vervollkommnung seines Apparates und kam schließlich zu dem Modell, das er in den Vorträgen im Physikalischen Verein am 26. Oktober und 16. November 1861 und am 8. Mai 1862 im Hochstift benutzte. In diesem ersten Telephon wird der Ton mittels eines Mundstücks in ein Holzfäßchen geleitet, das oben durch eine Membran geschlossen ist, zu deren beiden Seiten die Poldrähte einer Batterie befestigt sind. An die eine Klemme geht von der Mitte der Membran ein dünnes Platinstreifen, an die andere der eine Schenkel eines Metallwinkels, dessen Scheitel über der Mitte der Membran einen Stift trägt, der das Platinstreifen berührt. Da der Ton die Membran in Schwingungen versetzt, so wird durch jede Schwingung das Streifen gehoben und mit dem Stifte in Berührung gebracht; es entstehen also so viele Stromunterbrechungen, als der Ton Schwingungen enthält. Nun ist in dem einen Poldraht an entfernter Stelle auf einem Resonanzboden eine Spirale mit einem Eisenstäbchen eingeschaltet; in diesem wird durch die Stromunterbrechung der Strom reproduziert.

Die Versuche wurden zwischen dem Gebäude des Physikalischen Vereins und dem benachbarten Senkenbergischen Gebäude ausgeführt. Die Ergebnisse entsprachen im großen und ganzen den Erwartungen; die Sprache konnte jedoch nicht deutlich wiedergegeben werden, da der Apparat seiner Einrichtung nach nur innerhalb gewisser Grenzen den Rhythmus einzelner Töne, aber nicht die Klangfarbe zu reproduzieren vermochte. Außerdem bedurfte das Telephon starker Ströme und konnte deshalb die Intensitätsunterschiede der Töne nicht genau wiedergeben.

Die Instrumente wurden 1863 von Böttger auf der Naturforscherversammlung in Stettin und 1864 von Reis selbst in Gießen vorgeführt. Die meisten Physiker der damaligen Zeit nahmen aber wenig Anteil an der Erfindung von Reis, und es ging ihm wie Robert Mayer: seine Erfindung wurde nicht beachtet, und einem Berichte von ihm wurde die Aufnahme in Poggendorffs Annalen verweigert, weil die Möglichkeit einer elektrischen Lautübertragung unglaublich erschien. Hierdurch fühlte sich Reis so schwer gekränkt, daß er mit der ganzen Sache nichts mehr zu thun haben wollte. Seine Apparate wurden später von dem Mechaniker Albert fabriziert und in den Handel gebracht.

Ein Denkmal für Philipp Reis wurde 1885 in seiner Vaterstadt Gelnhausen errichtet.



Röntgen.

Wilhelm Konrad Röntgen wurde am 25. März 1845 zu Lennep geboren. Er studierte in Zürich Naturwissenschaften und promovierte daselbst. 1870 ging er als Assistent nach Würzburg und 1872 nach Straßburg, wo er sich 1874 habilitierte. Nachdem er dort 1876 außerordentlicher Professor der Physik geworden war, wurde er 1879 als ordentlicher nach Gießen und 1888 nach Würzburg berufen; im Dezember 1899 nahm er eine Berufung an die Universität München an.

Nachdem Röntgen bereits eine Reihe von Forschungen

auf verschiedenen Gebieten der Physik mit Erfolg durchgeführt hatte, machte er 1895 eine Entdeckung, die seinem Namen sofort populäre Berühmtheit verschaffte. Er fand, daß von einer Vakuumröhre, in welcher die Luft in sehr hohem Maße verdünnt ist, und durch welche starke Induktionsströme geleitet werden, eine besondere Art von Strahlen ausgeht. Diese sogen. Röntgen-Strahlen sind dunkel und unsichtbar; sie dringen durch Holz, Zeug und andere Körper, während sie von Knochen und Metallen nicht durchgelassen werden. Sie bringen fluoreszierende Körper zum Leuchten und haben kräftige chemische Wirkungen, besonders auf photographischen Platten. Die Heilkunst verwertet diese Erfindung, um Knochenverletzungen festzustellen und bei Verwundungen die Stelle zu finden, bis zu welcher eine Kugel oder ein Metallsplitter eingedrungen ist.



Edison.

Thomas Alva Edison wurde am 11. Februar 1847 zu Milan im Staate Ohio geboren. Sein Vater, Samuel Edison, stammte aus einer holländischen Familie und trieb zu Milan einen schwunghaften Getreide- und Holzhandel; seine Mutter, Nancy Elliot, war vor ihrer Verheiratung Lehrerin gewesen. Als Edison im siebenten Jahre stand, verlor sein Vater sein ganzes Vermögen und siedelte nach Port Huron im Staate Michigan über. Um die Kosten des Schulunterrichts zu ersparen, übernahm die Mutter die Ausbildung

ihres Sohnes in den Anfangsgründen alles Wissens, im Lesen, Schreiben und Rechnen. Edison übernahm im Alter von zwölf Jahren die Stelle als Zeitungsjunge auf der Eisenbahn zwischen Port Huron und Detroit. In seiner freien Zeit las er alle möglichen Bücher auf der Stadtbibliothek zu Detroit. Durch das Lesen von Newtons Werken, die er wegen der mathematischen Abhandlungen nicht verstand, faßte er ein Vorurteil gegen die Mathematik, das er sein Leben hindurch behielt. Da er große Freude an chemischen Experimenten hatte, so richtete er sich in dem leeren Packwagen des Zuges, der ihm überlassen worden war, ein kleines Laboratorium ein. Später kam er auf den Gedanken, selbst eine kleine Zeitung herauszugeben, um dadurch seine Einnahmen zu vermehren. Er war Redakteur, Setzer, Drucker und Verkäufer des im Eisenbahnzuge gedruckten „Grand Trunk Herald“. Diese neue Schöpfung wurde in Europa bekannt, und der Erfinder der Lokomotive, Stephenson, bestellte einst eine Spezialausgabe dieser Eisenbahnzeitung für sich allein. Als Edison später eine Flasche Phosphorlösung explodierte und dadurch der Wagen in Brand geriet, wurde ihm die Benutzung desselben entzogen, und seiner Zeitung wurde so ein schnelles Ende bereitet.

Im Sommer 1862 rettete Edison auf der Station Clemens das Söhnchen des Stationsvorstehers Mackenzie vor dem Überfahrenwerden durch den Eisenbahnzug; aus Dankbarkeit erbot sich der Vater, Edison die Kunst des Telegraphierens beizubringen. Hierdurch wurde er in den Stand gesetzt, eine Stelle als Telegraphist in Port Huron zu übernehmen; von dort kam er nach Stratford in Canada

mit einem monatlichen Gehalt von 25 Dollars. In dieser Zeit schon legte er den Grund zu der Erfindung des Distriktelegraphen. Durch eine Unregelmäßigkeit, die er sich infolge seiner vielen Nebenbeschäftigungen im Dienste zu Schulden kommen ließ, verlor er seine Stelle und sollte sogar ins Gefängnis geworfen werden; er entkam jedoch und floh nach Port Huron. Als durch gewaltige Eismassen das Kabel zwischen Port Huron und dem gegenüberliegenden Sarnia zerrissen war, fuhr Edison mit einer Lokomotive so dicht wie möglich an den Fluß und ahmte mit kurzen Tönen der Lokomotivpfeife die Punkte, mit langgezogenen Piffen die Striche des Morse-Alphabetes nach. Hierdurch wurden die beiden Orte wieder in telegraphische Verbindung gebracht, und Edison wurde es in der Folge leicht, weitere Beschäftigung als Telegraphist zu finden. Während seines 17. Lebensjahres war er der Reihe nach in Adrian, Fort Wayne, Indianapolis, Cincinnati und Memphis thätig. In Memphis gelang ihm seine erste Erfindung, der selbstthätige Wiedergeber, der die Übertragung einer Depesche von einem Stromkreis auf einen zweiten ohne die Thätigkeit eines Telegraphisten ermöglichte. Dieses Problem war schon 16 Jahre vorher durch Siemens' elektrischen Zwischenträger gelöst worden; doch kam Edison vollständig unabhängig davon auf seine Erfindung, die auch wesentlich von der Siemens'schen abweicht. Der Erfolg Edisons erregte den Reid seines Vorgesetzten; da er ihm bei seiner großen Geschicklichkeit und treuen Pflichterfüllung sonst nichts anhaben konnte, so erhob er eine falsche Anklage gegen ihn, die zu seiner Entlassung führte. Von seinem 17. bis 19. Jahre war Edison dann in Louisville;

jedoch seine Experimentierlust machte auch dort seinem Aufenthalte ein unfreiwilliges Ende. In seiner Stellung in Port Huron machte er die Erfindung, ein einziges Kabel für zwei Stromkreise nutzbar zu machen. Er erhielt als Belohnung ein Freibillet nach Boston, wo ihm in einem nach Franklin benannten Telegraphenamte Beschäftigung angeboten worden war. Hier erhielt er 1868 eine hervorragende Stellung, und da sich um dieselbe Zeit auch die Verhältnisse seiner Eltern besserten, so wurde er endlich von dem schweren Druck des Mangels erlöst, der bisher auf ihm gelastet hatte.

In Boston legte er sich eine kleine Werkstatt an, in welcher er seine Versuche anstellen und seine neu erfundenen Apparate anfertigen konnte. Er führte elektrische Anlagen in Häusern aus und legte private Telegraphenlinien für Geschäftshäuser an, die er mit eigenhändig hergestellten Zeigertelegraphen versah. 1869 ging Edison nach New York, wo er mit der Aufsicht über die telegraphischen Anlagen des Börsengeschäftes Law betraut wurde und ein monatliches Gehalt von 300 Dollar erhielt. Später trat er in eine Fabrik für elektrische Apparate und erfand einen Drucktelegraphen für Kursberichte, der für 160 000 Mark angekauft wurde. Hierdurch wurde er in den Stand gesetzt, eine eigene große Fabrik anzulegen, die sich stets vergrößerte, so daß er sie 1873 nach Newark, New York gegenüber, verlegen mußte. Als der Betrieb immer größer und größer wurde, zog er sich 1876 von der persönlichen Leitung der Fabrik zurück und verlegte seinen Wohnsitz nach Menlo Park in New Jersey. Er legte sich dort ein großes Labo-

ratorium an und wendete seine Hauptkraft der Gestaltung neuer Erfindungsgedanken zu. Er war umgeben von einer Schar tüchtiger Mechaniker und wissenschaftlich gebildeter Assistenten, unter denen der bedeutendste der Londoner Bachelor war. Hier blieb er über zehn Jahre, die die fruchtbarsten seines Lebens waren. 1886 gründete er sein neues Laboratorium in Orange im Staate New Jersey, das an Größe, Vollkommenheit und Vollständigkeit der Apparate als das erste der Welt dasteht.

1873 heiratete Edison eine seiner Arbeiterinnen, Mary Stillwell, die ihm drei Kinder schenkte. Sie verfolgte mit regem Interesse den Fortgang seiner Erfindungen und verstand es vorzüglich, die wenigen Stunden, welche sich der arbeitssame Mann im häuslichen Kreise gönnte, für ihn zu einer wohlthuenden, genußreichen Erholung zu gestalten. Nach ihrem Tode im Jahre 1881 heiratete Edison die Tochter eines Fabrikanten und baute sich die Villa Glenmont bei Orange und eine andere in Fort Meyers in Florida, in denen er sich die nötige Ruhe gönnt. 1889 besuchte Edison die Weltausstellung in Paris, die elektrischen Anlagen der deutschen Edison-Gesellschaft und die Werke von Siemens und Halske in Berlin, wo er mit den größten Ehrungen empfangen wurde. Bei all seinen großen Erfolgen blieb Edison stets frei von jeder Selbstüberhebung und behielt seinen gläubigen Sinn, den ihm die Mutter eingepflanzt hatte.

Wenn Edison auch die Physik um kein neu entdecktes Naturgesetz bereichert hat, so steht er doch unerreicht da als Erfinder von solchen Dingen, die dem praktischen Leben von

größtem Nutzen waren. So leistete er ganz Bedeutendes auf dem Gebiete der Telegraphie. 1869 hatte er seinen Duplex-Telegraphen erfunden zum Gegensprechen; die Erfolge waren allerdings gering, doch gelang es durch fortwährende Verbesserungen, 1874 ein Patent auf seinen Quadruplex-Telegraphen zu nehmen, der zum Gegensprechen und Doppelsprechen eingerichtet war. Die gleichzeitige Sendung zweier Telegramme in entgegengesetzter Richtung wird dadurch ermöglicht, daß man durch eine Wheatstone'sche Brücke den Strom in zwei gleich starke Ströme verzweigt, während die gleichzeitige Sendung zweier Telegramme in gleicher Richtung dadurch bewerkstelligt wird, daß Ströme verschiedener Stärke angewendet werden. Die Telegraphengesellschaft, welche die Erfindung Edisons ankaufte, sparte durch ihre Anwendung jährlich 600 000 Dollar an Leitungsmaterial. Später gelang es Edison, sogar acht Telegramme in jeder Richtung durch einen Draht zu übermitteln, und zwar durch den Multiplex-Telegraphen, bei dem eine Stimmgabel auf der einen Station dieselbe Stimmgabel auf der andern Station zum Mitschwingen bringt. Eine ähnliche Wirkung wie durch den Duplex-Telegraphen brachte er hervor durch den Phonoplex-Telegraphen, der aus einem Morse-Telegraphen und einem Telephon besteht. Wichtiger als die beiden letzten Apparate, die sich wenig eingebürgert haben, ist Edisons Erfindung vom Jahre 1873, durch welche es gelang, mit Hilfe eines automatischen Schnellschriftgebers die Telegraphiergeschwindigkeit bedeutend zu erhöhen. Durch den von ihm erfundenen Heuschreck-Telegraphen wurde es ermöglicht, vom Eisenbahnzuge aus an eine Station und umgekehrt zu telegraphieren. Mit dem

Kopier-Telegraphen oder Telautographen ist es sogar möglich gemacht worden, die Schriftzüge des Absenders einer Depesche auf der Empfangsstation wiederzugeben. Auch auf die Verbesserung der Hilfsapparate der Telegraphie richtete Edison sein Augenmerk; so ist besonders sein Carbo-Rheostat und sein Carbo-Relais zu erwähnen. Bei beiden benutzt er die Eigenschaft der Kohle, in fein zerteiltem Zustande dem Durchgange des elektrischen Stromes einen großen Widerstand entgegenzusetzen, während dieser Widerstand bedeutend verkleinert wird, wenn die Kohle einem größeren Druck ausgesetzt ist.

Bei dem Bellschen Telephon waren Sender und Empfänger vollständig gleich eingerichtet, und zur Erzeugung der elektrischen Ströme diente nur die menschliche Stimme. Da diese Ströme sehr schwach waren und bei einer längeren Leitung nicht ausreichten, so gab sich Edison an die Verbesserung der Apparate. Diese Verbesserung gelang durch Erfindung des Batterie-Telephons, indem der elektrische Strom durch eine Batterie erzeugt wird, während die menschliche Stimme nur die Aufgabe hat, den Strom zu stärken oder zu schwächen und dadurch Induktionsströme hervorzurufen. Mit Hughes geriet Edison in heftigen Streit wegen Erfindung des Mikrophons, das später mit dem Telephon verbunden wurde und die Wirkung bedeutend erhöhte; allgemein gilt jedoch Hughes als Erfinder dieses Instrumentes. Auf demselben Prinzip wie das Mikrophon beruht das von Edison erfundene Mikrotasimeter, mit dem fast unmerkliche Änderungen der Wärme gemessen werden können; mit diesem Instrument gelang es Edison nachzuweisen, daß bei der totalen Sonnenfinsternis am 9. Juli 1878 in den Protuberanzen der Corona 15mal

mehr Wärme enthalten war als in den Strahlen des Arktur, die er in der Nacht zuvor untersucht hatte. Eine Abänderung dieser Erfindung ist das Odoroskop, das dazu bestimmt ist, einen geringen Feuchtigkeitsgehalt zu messen. Um mehrere tausend Abdrücke von einem Briefe schnell herzustellen, erfand Edison den Mimeographen, der ebenfalls eine Anwendung der Elektrizität im Geschäftsleben darstellt.

1877 konstruierte Edison den Phonographen, der wohl am meisten dazu beitrug, Edisons Namen in der ganzen Welt bekannt zu machen, und an dessen Verbesserung er zehn Jahre arbeitete. 1888 wurde dieser verbesserte Apparat zum erstenmal in Europa vorgeführt, und zwar im Krystallpalast zu London. Die Beschäftigung mit der Akustik, zu der Edison durch seinen Phonographen veranlaßt worden war, ward die Ursache zu der Entstehung zweier andern Erfindungen, die allerdings wenig praktische Verwendung gefunden haben, vom physikalischen Standpunkte jedoch von Interesse sind, nämlich das Megaphon und das Aerophon. Ersteres dient dazu, Schallwellen, die aus großer Entfernung, etwa 4—5 km, kommen und das Trommelfell ohne weiteres nicht in Schwingungen versetzen, doch für unser Ohr wahrnehmbar zu machen. Das Aerophon hat den Zweck, einen Schall bedeutend zu verstärken; hierdurch wird der Schall der menschlichen Sprache um das 200fache erhöht.

1877 begann Edison seine Aufmerksamkeit der Gewinnung eines praktisch verwendbaren Glühlichtes zuzuwenden. Nachdem die Amerikaner Sawyer und Man 1878 Kohlenfäden aus Papier hergestellt hatten, kam Edison 1879 dazu, diese Fäden aus verkohlten Baumwollfäden herzustellen; später ersetzte er

die Baumwolle durch Bambusfasern und erreichte damit eine Brenndauer von mehr als 1000 Stunden. Dieses Glühlicht führte er 1881 auf der elektrischen Ausstellung in Paris vor, und allgemein wurde seinem Lichte der Vorzug gegeben vor dem Licht des Engländers Swan, das bis dahin als das beste in Europa anerkannt wurde. Die heute im Gebrauche befindlichen Glühlampen sind im wesentlichen nach Edisons Prinzip hergestellt, nur benutzt man statt der Bambusfaser meist Cellulosemasse.

Um die Glühlichtbeleuchtung praktisch durchzuführen, stellte Edison eine Reihe von Dynamomaschinen her; er benutzte hierzu Anker mit der Trommelform von Hefner-Alteneck, war aber der erste, der große, massive Feldmagnete aus Gußeisen baute. Auch gab Edison den eigentlichen Anstoß zu dem Bau großer, direkt gekuppelter Dampf-Dynamos. Um die vielen Glühlampen in privaten und öffentlichen Gebäuden New Yorks zu speisen und um den nötigen Strom zum Betriebe elektrischer Motoren zu erlangen, legte Edison die erste elektrische Zentrale der Welt an; hierbei war ihm u. a. der später berühmt gewordene Nicola Tesla als Assistent behilflich. Um den verbrauchten Strom der einzelnen Abnehmer zu bestimmen, erfand er einen Elektrizitätszähler, der auf der Zersetzung einer Zinksalzlösung durch den elektrischen Strom beruhte; er fand anfangs allgemeine Anwendung, wurde aber später durch den Aronschen Elektrizitätszähler verdrängt. Auch konstruierte er die ersten brauchbaren Instrumente zur Messung von Stromstärken und Spannungen. Um das von einer Zentrale zu versorgende Beleuchtungsgebiet zu erweitern, wandte Edison zuerst das Dreileitersystem

an, daß in der Folge von fast allen Elektrizitätswerken angenommen wurde und sich bis heute auf das vorteilhafteste bewährt hat. 1883 benutzte er die Elektrizität, um in Chicago eine elektrische Eisenbahn in Betrieb zu setzen, und hierdurch wurde die Einführung solcher Bahnen mächtig angeregt, während Siemens mit seiner 1879 errichteten Bahn wenig Anklang fand.

1887 kam Edison auf den Gedanken, einen Apparat zu konstruieren, der für das Auge dasselbe leistete wie für das Ohr der Phonograph. In kurzer Zeit stellte er einen solchen Apparat her, der das Vorbild wurde für alle Kinetoskope, Mutoskope und Kinematographen. Hiermit nicht zufrieden, verband er den Phonographen mit dem Kinematographen, so daß der Phonograph die Töne aufschreibt und der Kinematograph zugleich die Bilder festhält.

Von den Erfindungen Edisons sind hier nur die wichtigsten angeführt worden. Von seiner Arbeitskraft kann man sich erst ein richtiges Bild machen, wenn man hört, daß schon im Jahre 1890 die Zahl seiner Patente sich auf 500 belief und daß damals weitere 300 angemeldet oder in Vorbereitung waren.



Bell.

Alexander Graham Bell wurde am 3. März 1847 zu Edinburg geboren und war später Taubstummenlehrer in Boston. Seit 1872 bemühte er sich um die Erfindung des Telephons und erhielt 1875 ein Patent auf diesen Apparat.

Er bestand aus zwei gleichen Apparaten und bedurfte keiner Batterie; jeder Apparat bestand aus einem Stahlmagnet, einem kurzen Eisenstab, welcher von einer Drahtspule umschlossen ist, und einem Schallblech. Der wesentliche Unterschied zwischen der Bellschen Telephonie und der heutigen besteht also in der Zufügung des 1878 von Hughes erfundenen Mikrophons und der Batterie, welche Edison anbrachte.

Nachdem May, der Gehilfe des Elektrikers Willoughby Smith in London, im Jahre 1873 entdeckt hatte, daß der elektrische Leitungswiderstand des Selen im Lichte geringer ist als im Dunkeln, kam Bell auf den Gedanken, diese Eigenschaft des Selen in den Dienst des Telephons zu stellen. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang es ihm mit Hilfe seines Freundes Summer Taiter, der äußerst empfindliche Selenzellen zu präparieren wußte, ein Photophon herzustellen, das er am 27. August 1880 in der Versammlung der Amerikanischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften zum erstenmal beschrieb. Es dient dazu, mit Hilfe des Lichtes auf die Leitung eines galvanischen Stromes so einzuwirken, daß das Gesprochene in einem Telephon gehört werden kann, das ziemlich weit entfernt ist. Bei Bells Versuchen gelang die Übertragbarkeit bei einer Entfernung des Telephons von 213 m. Bell starb am 6. April 1891.

Herz.

Heinrich Rudolf Herz wurde am 22. Februar 1857 in Hamburg als ältester Sohn des damaligen Rechtsanwaltes, späteren Senators Dr. Herz geboren. Nachdem er bis zu seiner Konfirmation den Unterricht in einer der städtischen Bürgerschulen erhalten hatte, trat er nach einem Jahre häuslicher Vorbereitung in das Johanneum in Hamburg ein und verließ diese Anstalt 1875 mit dem Zeugnis der Reife. Er gewann schon als Knabe die Anerkennung seiner Eltern und Lehrer wegen seines ungewöhnlich regen Pflichtgefühls. Die Art seiner Begabung zeigte sich schon früh dadurch, daß er aus eigenem Antriebe neben seinen Schulfächern mechanische Arbeiten an der Hobel- und Drehbank betrieb, daneben Sonntags die Gewerbeschule besuchte, um sich im geometrischen Zeichnen zu üben, und sich mit den einfachsten Hilfsmitteln brauchbare Instrumente optischer und mechanischer Art zu erbauen bestrebte.

Als er nach Beendigung der Schulzeit sich zu der Wahl eines Berufes entschließen mußte, wählte er den des Ingenieurs. Im Herbst 1877 jedoch änderte er seinen Plan und betrieb von nun an hauptsächlich Naturwissenschaften. Im Herbst 1878 ging er nach Berlin und arbeitete dort im physikalischen Praktikum bei Professor Helmholtz. Als Student löste er eine von der Universität gestellte Preisarbeit über Elektrodynamik. Im Jahre 1880 trat er als Assistent in das physikalische Laboratorium der Berliner Universität ein und habilitierte sich 1883 in Kiel. Ostern 1885 wurde er als ordentlicher Professor der Physik an die technische Hochschule

in Karlsruhe berufen. Hier machte er seine hauptsächlichsten Entdeckungen und verheiratete sich mit Elisabeth Doll, der Tochter eines Kollegen. Ostern 1889 erhielt er einen Ruf als ordentlicher Professor der Physik an die Universität Bonn, als Nachfolger von Clausius.

In den nun folgenden Jahren seines Lebens brachten ihm seine Zeitgenossen alle äußeren Zeichen der Ehre und Anerkennung entgegen. Im Jahre 1888 wurde ihm die Matteucci-Medaille von der Italienischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1889 von der Académie des Sciences in Paris der Preis La Gaze und von der Akademie zu Berlin der Baumgartner-Preis, 1890 die Rumford-Medaille und 1891 der Bressa-Preis von der Akademie zu Turin verliehen. Die Akademien von Berlin, München, Wien, Göttingen, Rom, Turin und Bologna, sowie viele andere gelehrten Gesellschaften wählten ihn zum korrespondierenden Mitglied, und die preussische Regierung verlieh ihm den Kronenorden.

Er sollte sich seines steigenden Ruhmes nicht lange erfreuen. Eine qualvolle Knochenkrankheit fing an sich zu entwickeln; im November 1892 schon trat das Übel drohend auf. Eine damals ausgeführte Operation schien das Leiden für kurze Zeit zurückzudrängen. Herz konnte seine Vorlesungen, wenn auch mit großer Anstrengung, bis zum 7. Dezember 1893 fortsetzen; am 1. Januar 1894 erlöste ihn der Tod von seinen Leiden.

Neben seinen Arbeiten über Mechanik und der mechanischen Behandlung der Elektrodynamik sind es vor allem die sogen. Herzschen Versuche, welche den Namen dieses Physikers so schnell bekannt gemacht haben. Die Gedanken, welche

diesen Versuchen zu Grunde liegen, sind nicht neu. Sie haben ihren Ursprung in dem Kopfe des großen Physikers Faraday und sind durch dessen Schüler Maxwell weitergeführt worden. Herz gelang es nachzuweisen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen 310 000 km betrage, also dieselbe sei wie die des Lichtes. Es lag demnach nahe, den Äther auch als Träger der elektrischen Schwingungen anzunehmen; der Unterschied zwischen elektrischen und optischen Wellen besteht nur in der Wellenlänge und der Schwingungszahl; während die elektrischen Wellen eine Länge von einigen Centimeter oder Meter und eine Schwingungszahl von einigen 100 oder 1000 Millionstel in der Sekunde haben, sind die der Lichtwellen 4—8 Zehntausendstel Millimeter bzw. Millionstel Sekunden. Wenn diese Annahme richtig ist, so müssen die elektrischen Wellen durch einen in den Strahlengang eingeschalteten Körper verdunkelt werden, sie müssen reflektiert und gebrochen werden und die Erscheinung der Interferenz zeigen. Dieses nachgewiesen zu haben ist das Verdienst von Herz.

Die Erregung der elektrischen Schwingungen geschieht nach Herz mit Hilfe eines Induktors und des primären Leiters, des sogen. Oscillators. Dieser letztere besteht aus zwei cylindrischen Messingstangen, die in Kugeln endigen. An diesen Stangen münden die Poldrähte des Induktors, bei dessen Erregung man zwischen jenen Kugeln einen permanenten Funkenübergang erhält. Dem primären Leiter gegenüber, in etwa 5 m Entfernung, befindet sich der sekundäre Leiter, der sogen. Resonator, welcher dazu bestimmt ist, die Schwingungen aufzunehmen, die vom primären Leiter ausgehen. Bei den Versuchen von Herz bestand dieser sekundäre Leiter aus zwei

etwa 50 cm langen Messingdrähten, deren innere Enden sehr nahe gegenüber standen; später wurde der sekundäre Leiter vielfach abgeändert. Der primäre sowie der sekundäre Leiter sind in den Brennlinsen zweier großen Cylinderspiegel aus Zinkblech angebracht; diese bewirken, daß die von dem primären Leiter ausgehenden elektrischen Strahlen im sekundären Leiter konzentriert werden. Stellt man in den Gang der vom ersten Schirm zurückgeworfenen Strahlen einen ebenen Metallspiegel unter einem Winkel von 45° , so werden die elektrischen Strahlen wie Lichtstrahlen senkrecht zur vorigen Richtung zurückgeworfen. Bringt man zwischen die Leiter ein aus parallelen Drähten bestehendes, um eine wagerechte Achse drehbares Drahtgitter, so bemerkt man, wenn der Oscillator senkrecht steht, folgendes: Bei wagerechter Stellung der Drähte gehen die Strahlen ungehindert durch das Gitter, bei senkrechter Stellung werden sie jedoch nahezu vollständig reflektiert. Wir haben also hier der Erscheinung nach eine vollkommene Analogie mit einem optischen Polarisationsapparat. Bringt man in den Raum zwischen den beiden Hohlspiegeln verschiedene Körper, so beobachtet man, daß ein Teil derselben, z. B. Metalle und der menschliche Körper, die elektrischen Strahlen absorbiert, während andere, z. B. Holz und Papier, sie nahezu ungeschwächt durchlassen. Herz brachte ferner in den Strahlengang ein großes Prisma aus Pech und beobachtete dann eine Ablenkung der Strahlen.



Namenregister.

- Albert** 256.
Albertus Magnus 6, 15—17.
d'Alembert 62, 120.
Alhazen ben Alhazen 13—15.
Alhazen ben Jussuf 11.
Ampère 151—154, 168, 171, 183.
Anthemios 7.
Arago 169—172, 175, 183, 223.
Archimedes 6—8.
Aristarch 30.
Aristoteles 1—6, 7, 16, 17, 18, 36, 38, 39.
Armstrong 184.
Atwood 133.
Augeraud 190.
Bachelor 261.
Baco, F. v. Verulam 31, 34 bis 37.
Baco, Roger 17—19.
Barrow 94.
Bartholinus 103.
Bell 266—267.
Berett 226.
Bernoulli 101, 151.
Berzelius 179.
Biot 171.
Bohnenberger 142—143.
Bose 66.
Böttcher 189.
Böttger 256.
Boyle 65, 73, 80—83, 89, 98, 105.
Bradley 107, 111—112, 174
Brahe, Tycho 37, 47, 48.
Brewster 195.
Brugmans 185.
Bruno, Giordano 62.
Bunjen 201—205, 225, 235, 237.
Burkhardt 77.
Caccini 42.
Canton 131.
Carlisle 138.
Cartesius 55—62, 77, 78, 94, 97.
Cassini 103.
Castelli 67.
Cavalieri 44, 62—63.
Cawley 113—115.
Celsius 113.
Chappe 91.
Charles 129.
Chladni 140—142.
Clausius 215, 225, 232—235, 238, 248, 269.
Coote 194.
Coulomb 124—125, 248.
Cunäus 116.
Cusanus 20—23.
Dalibard 119.
Dalton 204.

- Daniell 179—180, 189.
 Davy 136, 182.
 Delambre 12.
 Döbereiner 179.
 de Dominis 61.
 Du Bois-Reymond 215, 219
 bis 220, 225.
 Edison 257—266, 267.
 Elephantus 30.
 Empedokles 4.
 Ericson 239.
 Fabricius 41, 53.
 Fahrenheit 110.
 Faraday 181—185, 186, 188,
 189, 223, 248, 249, 270.
 Fechner 143, 178.
 Forbes 225.
 Foucault 222—224.
 Franklin 117—120.
 Fraunhofer 172—173.
 Fresnel 69, 92, 149, 173—176.
 Friß 254.
 Fulton 132.
 Galilei 3, 36, 37, 38—46,
 47, 53, 57, 62, 67, 68, 73,
 75, 80.
 Galvani 125—126.
 Garthe 223.
 Gassendi 5.
 Gassiot 188.
 Gauß 140, 158—162, 197.
 Gay-Lussac 145, 165—167,
 172.
 Geißler 188.
 Gießing 66.
 Gilbert 31—34.
 Goethe 27.
 Graham 106—108.
 Gramme 244—245.
 Green 240.
 Greiner 179.
 Grimaldi 27, 69—73.
 v. Guericke 63—67.
 Guéthard 168.
 Guldin 55.
 Halle 28, 112.
 Halske 215.
 Harrison 107.
 Hautefeuille 85.
 Hawksbee 66.
 Helmholtz 149, 178, 200, 209,
 215, 228—231, 249, 268.
 Heraklides 30.
 Heron 8—10.
 Herschel 112.
 Herz 250, 268—271.
 Hirn 212—214.
 Hjorter 113.
 Holz 139.
 Hooke 81, 85, 89—92, 98,
 112, 114.
 Houston 243.
 Hudson 33.
 Hughes 246—247, 263, 267.
 Humboldt 5, 144—146, 171,
 172.
 Huygens 45, 83—86, 89, 90,
 92, 98, 101, 143.
 Jacobi 180, 188—190.
 Jammy 16.
 Joule 209, 220—222, 226,
 233.
 Kater 143.
 Kepler 42, 47—52, 54, 62, 94.
 Kirchhoff 173, 204, 235—237,
 249.
 Kleist 115—117.
 Kobell 190.
 König 226.
 Kopernikus 11, 21, 27—31,
 37, 47, 50.
 Krönig 233.
 Krüger 116.
 Ktefibios 8.

- Langen 252.
 Laplace 205.
 Latour 200.
 Laboifier 205.
 Leeuwenhoek 86—88.
 Leibniz 77, 101, 105.
 Le Monnier 116.
 Lenoir 251, 252.
 Leonardo da Vinci 23—27.
 Lichtenberg 126—128.
 Linde 222.
 Lippershey 40.
 Lütke 247.

Magnus 166, 190—193, 215,
 225, 230.
 Malus 154—157.
 Man 264.
 Marconi 247.
 Mariotte 73—76, 82.
 Matteucci 219.
 Maupertuis 113.
 Maxwell 184, 238, 248—251,
 270.
 May 267.
 Mayer 206—211, 212, 213,
 221, 226, 228, 232, 256.
 Melde 193.
 Melloni 76.
 Merfenne 56.
 Meyer 248.
 Michell 124.
 Montgolfier 128—130.
 Morfe 180—181.
 Munk 194.
 Muschenbroek 116.

Newcomen 113—115.
 Newton 29, 52, 61, 62, 69,
 86, 91, 92, 93—102, 104.
 Nicholson 111, 137—139.
 Robisi 168.
 Rollet 116, 131, 244.

Ohm 176—179, 200, 229.
 Orsted 153, 162—165, 183,
 185.
 Oslander 29.
 Otto 251—253.

Pacinotti 244, 245.
 Page 181.
 Papin 104—106.
 Pappus 55.
 Pascal 76—79.
 Pestier 186.
 Picard 103.
 Plücker 187—188.
 Poggendorff 168, 178, 185 bis
 186, 195, 228.
 Potter 115.
 Pouillet 178.
 Purbach 11.
 Ptolemäus 10—13, 30.

Rankine 239.
 Réaumur 109.
 Regiomontanus 11.
 Regnault 166, 192.
 Reich 99.
 Reis 253—256.
 Rhäticus 29.
 Riccioli 69.
 Rieß 198—199, 225.
 Ritter 149.
 de la Rive 189.
 Robert 129.
 Römer 103—104.
 Röntgen 256—257.
 Roscoe 204.
 Rühmkorf 196, 244.
 Rumford f. Thompson.

Salviati 42.
 Savart 200.
 Savery 113—115.
 Sawyer 264.
 Scheiner 42, 52—54.

- Schilling von Gaunstadt 140,
 194.
 Schöber 133.
 Schoner 29.
 Schott 65.
 Schweigger 168, 185.
 Schyrl (Schyrläus de Rheita)
 54.
 Seebeck 164, 178, 199—201.
 Siemens 214—218, 230, 245.
 Snellius 60.
 Sömmering 132, 139—140.
 Spencer 180.
 Spengel 222.
 Steinheil 140, 179, 197.
 Stephenson 258.
 Stöhrer 206.
 Strömer 113.
 Sturgeon 171.
 Swan 265.
 Tait 232.
 Taiter 267.
 Tesla 265.
 Theodorich 61.
 Thompson 134—137.
 Thomson 222, 237—244.
 Tompion 106.
 Torricelli 44, 67—69, 73,
 77, 102.
 Toscanelli 21.
 Townley 82.
 Tyndall 211, 224—227.
 Ubaldi 25, 39.
 Viviani 68.
 Volta 130—133, 137.
 Wagner 187.
 Wall 118.
 Watson 116.
 Watt 115, 120—123, 253.
 Weber 140, 160, 161, 195,
 196—198, 249.
 Wheatstone 140, 171, 189,
 193—196, 226.
 Winkler 66, 116, 118, 130.
 Wollaston 149, 172.
 Wren 75.
 Young 69, 147—151, 229.
 Zamboni 143, 157—158.
-

Sachregister.

- A**berriation des Lichtes 107, 112, 174.
— sphärische 19, 61.
Abplattung der Erde 85.
Absorption der Flüssigkeiten und Gase 192, 204.
— des Lichtes 237.
Aerophon 264.
Affkommodation 54.
Alkalimeter 167.
Alkoholometer 167.
Anion 184.
Anode 184.
Aolipile 8.
Äquivalent von Wärme und Arbeit 136, 208, 209, 212 bis 213, 221—222, 233.
Aräometer 7, 111, 137.
Armatur 32.
Astatische Nadel 153, 168.
Atmosphäre 15, 170, 234.
Auge 13, 51, 53, 54, 75, 173, 195, 229.
Augenspiegel 229.
Ausdehnungskoeffizient der Gase 166, 192.
Ausflußgeschwindigkeit 102.
Auslösung 210.
Balancier 114.
Barometer 64, 68, 79, 85.
Beugung des Lichtes 27, 69 bis 73, 175.
Blättchen, dünne 82, 91, 98, 148, 175.
Blendgläser 53, 90.
Blitz 118.
Blitzableiter 119.
Brechung des Lichtes 4, 12, 14, 51, 61, 173.
Brennpunkt 19, 51, 63, 94.
Brille 18, 61.
Camera obscura 26.
Chronoskop 189, 195.
Dämmerung 15.
Dampfmaschine 105, 114, 115, 121—122.
Dampfschiff 132.
Deflexion 33, 108, 113, 161.
Diamagnetismus 184.
Dielektrikum 250.
Differentialthermometer 136.
Diffusion 203, 248.
Doppelbrechung 86, 103, 156, 157, 175.
Doppelbrücke 241.
Drehwaage 124, 164, 242.
Dynamo-elektrisches Prinzip 217.
Dynamomaschine 206, 217, 265.
Ebene, schiefe 45.
Elektrische Bahn 217, 266.
— Beleuchtung 190, 217, 244, 264, 265.
— Lichttheorie 250, 270.
— Minen 216, 217.
Elektrisches Bild 240.

- Elektrifiziermaschine 66, 131,
 138, 184, 243.
 Elektrizitätszähler 243, 265.
 Elektrochemische Theorie 184.
 Elektrode 184.
 Elektrodynamik 153, 198, 269.
 Elektrolytisches Gesetz 184.
 Elektromagnetismus 153, 163,
 185. [243.
 Elektrometer 131, 199, 242,
 Elektromotorische Kraft 178.
 Elektrophor 130.
 Elektroskop 143.
 Emissionstheorie 98, 157, 170.
 Energie 150.
 Entropie 233.
 Erdmagnetismus 33, 145, 146,
 153, 161, 166, 198.
 Erhaltung der Kraft 209,
 210, 226, 228, 232, 233.
 Eudiometer 131, 145.
 Extraströme 189.
 Fallgesetze 3, 39, 45, 67, 69.
 Fallmaschine 133.
 Farbe der Körper 72.
 Farbenringe 98, 149.
 Farbensinn 201.
 Fernrohr 40, 48, 54, 68.
 Fern- und Kurzsichtigkeit 51.
 Festigkeit 45, 75, 124.
 Feuerspritze 8, 79.
 Fortpflanzung der Elektrizität
 171, 194, 250.
 — des Lichtes 70, 103, 171,
 223, 224, 250.
 — des Schalls 5, 26, 36, 102,
 142, 172.
 Fraunhofer'sche Linien 173,
 204, 237.
 Galvanismus 125, 131, 144,
 146.
 Galvanochromie 168.
 Galvanoplastik 180, 189, 214.
 Galvanometer 168, 240, 241.
 Gasmotor 252.
 Gastheorie 233.
 Gefrierpunkt 239.
 Geschwindigkeit, virtuelle 3, 60.
 Gewicht der Luft 3, 26, 46,
 65, 82, 92.
 Girostrop 143.
 Glashränen 92.
 Gleichgewicht 67.
 Gradmessung 103, 113, 160.
 Gravitation 51, 62, 85, 99.
 Haarröhrchen 92.
 Hebel 3, 7, 25.
 Heber 9, 79.
 Heißluftmaschine 239.
 Helioskop 54.
 Heliotrop 160.
 Himmelsbläue 27, 170, 234.
 Höfe um Sonne und Mond
 4, 75.
 Höhenmessung 74, 78, 110, 111.
 Horror vacui 4, 68, 78.
 Hygrometer 22, 179.
 Indikator 123.
 Induktion, unipolare 188.
 Induktionsapparat 196.
 Induktionsströme 183, 231.
 Induktionswaage 247.
 Influenzmaschine 138, 139.
 Inklination 33, 108.
 Intensität 108, 161, 166.
 Interferenz 71, 148, 149, 175.
 Isolinien 146.
 Kabel 216, 217, 241, 243.
 Kaleidoskop 193.
 Kalenderverbesserung 19, 21,
 22, 47, 48, 55, 104, 113.
 Kalorimeter 136, 205, 210.
 Kältestrom 186.
 Kapillarität 193.

- Kathode 184.
 Klangfarbe 229.
 Klangfiguren 26, 141, 183, 193.
 Kohäsion 125, 222.
 Kombinationstöne 178.
 Kommunizierende Röhren 26.
 Kompaß 32, 124, 244.
 Kondensation 114, 121, 122.
 Kontakttheorie 146, 184, 186.
 Kräfteparallelogramm 45.
 Kraftlinien 240, 249.
 Kreisprozeß 233.
Leidener Flasche 116.
 Leitung des Schalls 5, 145.
 — der Wärme 136, 192.
 Libelle 90.
 Vibration des Mondes 44.
 Luft, flüssige 222.
 Luftballon 129.
 Luftdruck 3, 64, 78.
 Luftpumpe 64, 65, 81, 89, 105, 205.
 Luftthermometer 65.
 Lupe 14.
Magdeburger Halbkugeln 64.
 Magnetinduktion 185.
 Magnetischer Meridian 34.
 Magnetismus 19, 32, 153.
 Magnetkryallkraft 188.
 Manometer 65.
 Maschinen, einfache 3, 25, 124.
 Maßsystem 123, 161, 198, 217, 241, 243.
 Megaphon 264.
 Metronom 214.
 Mikrophon 246, 247, 263, 267.
 Mikroskop 69, 87.
 Mikrotasimeter 263.
 Minimumthermometer 91.
 Mittönen 26.
 Multiplikator 168, 185.
Mutation der Erdoberfläche 112.
 Oberflächenspannung 137.
 Obertöne 230.
 Odrooskop 264.
 Ombrometer 90.
Pantograph 54.
 Pendel 45, 84, 85, 107, 143.
 Pendeluhr 45, 84, 89, 90, 107, 143.
 Perkussionsmaschine 75.
 Phonograph 264.
 Photographie 149.
 Photometer 27, 51, 137, 170, 204, 218.
 Photophon 267.
 Planetenbewegung 11, 21, 41, 42, 43, 47, 49, 50, 54, 62, 91, 100, 101.
 Polarisation des Lichtes 86, 92, 156, 157, 170, 174, 184, 196, 250.
 — galvanische 180, 231.
 Polarisirkop 170.
 Polarlicht 113.
 Potentialtheorie 161, 231, 234, 240.
Reflexion des Lichtes 9, 12, 14, 60.
 — totale 51.
 Regenbogen 4, 19, 61.
 Regulator 123.
 Reibung 25, 74, 124, 248.
 Reibungselektrizität 32, 66, 82, 102, 118, 119, 124, 198.
 Reibzeug 131.
 Relais 263.
 Rheocord 186.
 Rheostat 189, 263.
 Rotation der Erde 21, 92, 99.
 — der Sonne 41, 53, 112.
 Schlagweite 199.
 Schlittenapparat 219.

- Schraube 7.
 Schwerpunkt 7, 55.
 Schwimmen 46.
 Schwimmerregel 153.
 Schwingung einer Saite 5, 46, 141.
 — von Platten 141.
 Schwingungsdauer 39, 45, 46.
 Sensitive Flammen 226.
 Sinusbuffole 199.
 Sirene 200.
 Solenoid 153.
 Sonnenflecken 41, 52, 53.
 Spannkraft 9.
 Spektralanalyse 202, 204, 205, 237.
 Spektrum 97, 173, 194, 205, 237.
 Spiegel 7, 12, 14, 19.
 Spiegelteleskop 94, 97, 224.
 Springbrunnen 74.
 Stereoskop 195.
 Stoß 25, 75.
 Strahlenbrechung, astronomische 12.
 Stromstärke 154, 178, 184.
 Tangentenbuffole 178.
 Tau 5.
 Taucher, cartesianscher 60.
 Taucherglocke 37, 91.
 Telegraph 91, 132, 139, 140, 153, 161, 180, 194, 197, 215, 246, 260, 262.
 Telegraphie, drahtlose 247.
 Telephon 247, 254, 255, 256, 263, 267.
 Thermometer 37, 40, 101, 109, 110, 113.
 Thermosäule 164, 168, 196, 199, 239.
 Thermoskop 40.
 Tiefenmesser 22, 91.
 Tonhöhe 5, 37, 46.
 Trägheitsgesetz 45, 60.
 Trebelhan = Instrument 200, 225.
 Uhren 22, 45, 84, 85, 89, 106, 107, 133.
 Ultraviolette Strahlen 149.
 Unterkühlen des Wassers 111.
 Variation 33, 161.
 Verbrennungswärme 136.
 Verteilungsapparat 199.
 Voltmeter 184.
 Waage, hydrostatische 39.
 Wärmestrahlung 76, 225.
 Wärmetheorie 82, 135, 136, 149, 152, 208, 210, 213, 233, 238, 248.
 Wellenmaschine 195.
 Wellentheorie des Lichtes 26, 71, 72, 86, 92, 98, 152, 157, 223.
 Widerstand 190, 195, 198, 217, 240, 241.
 Wind 74.
 Wippe 186.
 Wurfbewegung 45, 67.
 Zaubertrichter 9.
 Zeigerstrom 250.
 Zentrifugalkraft 26.
 Zerstreuung des Lichtes 69, 97.
 Zitterrochen 109, 145, 184.
 Zodiacallicht 244. [219.
 Zwischenträger 218, 259.

2-20

S - 96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000296183