I. Geschichte der Naturlehre.

Jeder Lehrer einer Wissenschaft greift nach den reifen Früchten, aber er soll es auch nicht unterlassen, sich darum zu kümmern, wie und wo sie gereift sind. Heutzutage ganz einfach erscheinende Ergebnisse haben nicht selten Jahrhunderte lang die hervorragendsten Männer ihrer Zeit beschäftigt, und wurden erst nach langen Irrwegen, nach Bekämpfung zahlreicher Zweifel mühevoll erreicht. Wir stehen nun da als die reichen Erben großer wissenschaftlicher Güter, umstrahlt von dem hellen Lichte eines freundlichen Tages, wir bewegen uns auf meist lichten, offenen Pfaden, welche uns in herrliche, fruchtbare Gegenden führen. In diesen Verhältnissen ist es nicht nur von hohem Interesse, sondern eine Art Pflicht, einen Blick zurückzuwerfen auf die mühseligen Wege, welche unsere Vorfahren wanderten und auf den Beginn dieser Wanderschaft, welche in dämmerndem Zwielicht unternommen wurde.

A. Die Physik des Alterthums.

(Bis zum 8. Jahrhundert n. Ch.)

„Unsere Wissenschaft," sagt Poggendorf in seiner Geschichte der Physik, „hat ein hohes Alter, denn ihre ersten ungewissen Anfänge verlieren sich im Dunkel der Urzeit. Von dort ist ihre Entwicklung im ganzen genommen dem allgemeinen Gange der Civilisation des Menschengeschlechtes gefolgt, so dass sich in ihren Schicksalen gleichsam die Culturstufen der verschiedenen Zeiten und Völker wiederspiegeln und ihre Zustände nicht mit Unrecht als Maßstab für diese zu betrachten sind."

Wiewohl es unzweifelhaft ist, dass die Ägypter, Chaldäer, Inder und Chinesen sich eifrig mit den Geheimnissen der Natur beschäftigten, und die drei erstgenannten in dieser Richtung gewiss die Lehrer der Griechen gewesen, so treten doch bestimmte Namen in der

Geschichte der physikalischen Wissenschaften erst bei den Griechen auf. Diese sind es demnach, die vorzüglich in diesem Zeitabschnitte in Betracht kommen, während die Römer nur mit geringem Erfolge ihren Fußtapfen folgten.

Die alten Griechen suchten die Natur auf dem Wege der Speculation zu ergründen. Sie stellten philosophische Systeme auf, denen sie alle Erscheinungen in der Natur, so gut es eben angieng, anzupassen bestrebt waren. Von diesem Fehler konnte sich selbst Aristoteles (geb. 384 v. Ch. zu Stagira in Makedonien, gest. 322 zu Chalkis) nicht frei machen, obwohl dieser große Denker bereits nicht selten das Experiment zurathe zog. Wir finden in diesem Manne das Gesammtwissen seiner Zeit vereinigt und seine Schriften bringen mitunter überraschende Ansichten über Naturerscheinungen. Allerdings ist er an manchen Stellen geradezu unverständlich.

Sein Werk, „Mechanische Probleme," welches sich mit den Principien der Mechanik befasst, ist die älteste Schrift dieser Art. In der eigentlichen Physik war es hauptsächlich die Mechanik und Optik, welche die Griechen mit Erfolg betrieben, und wir finden dass sie bei Verfertigung von Maschinen einen großen Scharfsinn entwickelten.

In dem angeführten Werke erscheint bereits der Satz von der Zusammensetzung der Kräfte, jedoch bloß für den Fall, dass diese Kräfte gegen einander rechtwinkelig wirken.

Die Bewegung betrachtet er als ein allen Körpern innewohnendes Princip und unterscheidet zwei Hauptarten, die Kreisbewegung, als die vollkommenste, welche den Himmelskörpern, und die geradlinige, welche den irdischen Körpern eigen sei. Ein Theil derselben hat das Bestreben, sich nach dem Mittelpunkte der Erde, die eine Kugel ist, hinzubewegen. Die Körper fallen desto schneller, je größer ihr Gewicht ist. Nach der Lehre des Aristoteles nahm man also an, dass ein Körper, der z. B. fünfmal mehr wiege, als ein anderer, auch fünfmal schneller falle, als dieser. Ebenso unrichtig war die Ansicht über die Ursache der gleichförmig beschleunigten Bewegung fallender Körper. Aristoteles nahm nämlich an, dass ein solcher Körper von der Luft, die ihm folgt, fortwährend in jedem Augenblicke einen neuen Antrieb zur Bewegung bekomme, und dass die Körper im luftleeren Raume mit gleichförmiger Geschwindigkeit fallen,

während gegenwärtig jeder Schulknabe weiß, dass die Luft durch ihren Widerstand die Bewegung der Körper hemmt, und dass diese im luftleeren Raume erst recht mit beschleunigter Geschwindigkeit fallen.

Wir ersehen schon aus diesem einzigen Beispiele, mit welchen Schwierigkeiten selbst geniale Köpfe bei der Erklärung von Erscheinungen zu kämpfen hatten, welche heutzutage eine so leichte Lösung finden.

Es ist dagegen höchst auffallend, dass bereits Aristoteles die erste Andeutung zum Principe der virtuellen Geschwindigkeit macht, und zwar in seinen „physikalischen Lectionen." Er sagt, dass Kräfte oder bewegte Massen gleich viel wirken, wenn sie sich umgekehrt verhalten, wie ihre Geschwindigkeiten. Besitzen z. B. zwei Kugeln mit den Massen $M = 6$ und $m = 1$ die Geschwindigkeiten $C = 1$ und $c = 6$, so ertheilt jede einer dritten Kugel dieselbe Geschwindigkeit.

Am Hebel können große Lasten durch kleine Kräfte bewegt werden, weil ein größerer Halbmesser sich stärker bewegt, als ein kleinerer.

Die Schwere der Luft glaubte er durch folgendes Experiment nachgewiesen zu haben. Er fand nämlich, dass mit Luft aufgeblasene Lederschläuche ein größeres Gewicht hatten, als ausgedrückte. Dabei ward ihm aber nicht klar, weshalb dann jene im Wasser schwammen, und diese untersanken.

Es ist auffallend, dass Aristoteles, obwohl er der Luft ein Gewicht zuschrieb, vom Luftdrucke keine Idee hatte. Erscheinungen, die auf dem Luftdrucke beruhen, erklärte er durch den „Abscheu der Natur vor dem leeren Raume" (Horror vacui), welche Ansicht sich merkwürdiger Weise bis ins 17. Jahrhundert erhielt.

Die meisten Philosophen der Griechen behaupteten, dass das Sehen durch Strahlen bewirkt werde, welche vom Auge ausgehen, zum Gegenstande gelangen und dann die Empfindung von demselben nach dem Gesichtsorgan schicken. Dagegen stellten allerdings einige Philosophen die Ansicht auf, dass die Gegenstände durch etwas, was von ihnen ins Auge gelange, sichtbar werden. Pythagoras (geb. um 584 v. Ch. zu Samos) glaubte, dass von der Oberfläche der Gegenstände beständig Theilchen sich absondern und ins Auge gelangen. Eine ähnliche Ansicht entwickelte Empedokles

(in der Mitte des 5. Jahrhundert v. Ch.). Diese beiden Philosophen erscheinen demnach als die ersten Verfechter der Emanationstheorie. Platon (geb. 429 v. Ch.) suchte eine Vermittlung beider Ansichten herbeizuführen, indem er annahm, dass ein Ausfluss vom Auge einem Ausfluss vom Gegenstande begegne.

Aristoteles bemerkte gegen diese Ansichten ganz treffend, warum das Auge in der Finsternis nicht sehe, wenn das Licht wie aus einer Laterne aus den Augen herausgehe. Nach Aristoteles erfolgt das Sehen durch die Bewegung eines feinen Mediums, das sich zwischen dem Auge und dem sichtbaren Gegenstande befindet, auf ähnliche Art, wie der Schall durch die Luft vermittelt, zum Ohre gelangt.

„Das Licht," sagt er, „ist weder ein Feuer, noch überhaupt ein Körper, noch auch ein Ausfluss eines Körpers (denn das würde wieder ein Körper sein), sondern es ist die Gegenwart von etwas, gleich dem Feuer in den Körpern, allein da es unmöglich, dass zwei Körper in derselben Stelle zugleich sein sollen, so ist auch das Licht kein Körper."

Er behauptet auch die wässerige Natur des Auges, und dass durch eine in diesem entstandene Bewegung das Sehen bewirkt werde. Aristoteles kann demnach als ein Vorläufer der Undulationstheorie betrachtet werden.. Auch war demselben die Strahlenbrechung nicht unbekannt. Er ist der erste, welcher den Ausdruck Brechung (ἀνάκλασις) gebraucht, indem er sagt: „Der Lichtstrahl wird durch Wasser, durch Luft und durch alle Körper, welche eine glatte Oberfläche haben, gebrochen."

Er suchte ferner bereits die Ursache des Regenbogens in einer Zurückwerfung der Sonnenstrahlen durch eine Regenwolke. Er nahm übrigens nur drei Farben an: Roth, Grün und Purpur, die er durch eine verschiedene Mischung von Weiß und Schwarz erklärte

Was die Reflexion betrifft, so ist die empirische Kenntnis dieser Erscheinung so alt, wie das Menschengeschlecht selbst. Auch sind künstliche Spiegel, besonders Metallspiegel schon lange vor Pythagoras bekannt gewesen.

Über die Entstehung des Schalles scheint Aristoteles für seine Zeit ziemlich richtige Begriffe gehabt zu haben, denn er betrachtet den Schall als Folge gewisser Bewegungen von Körpern und nahm an, dass diese Bewegungen der Luft mitgetheilt und bis zu unserem

Gehörorgan fortgeleitet werden. Jedenfalls sehr merkwürdig sind seine Worte: „Die Luft wird dabei zusammengedrückt und wieder ausgedehnt."

Ebenso bemerkenswert bleibt seine Äußerung über das Echo. „Ein Echo," schreibt er, „entsteht, wenn die Luft wegen der Begrenzung des Raumes nicht weiter vorwärts kann und von den Wänden desselben, wie ein Ball zurückgeworfen wird."

Dass das Wasser auch ein Fortpflanzungsmittel sei, erwähnt er ausdrücklich. Ebenso kennt er bereits die Thatsache, dass der Schall bei Nacht ungleich stärker vernommen werde, als am Tage, dagegen glaubt er, dass sich tiefe Töne langsamer als hohe durch die Luft fortpflanzen. Er wusste auch, dass eine Pfeife oder Saite, um eine höhere Octav zu geben, die halbe Länge von der haben müsse, die den Grundton gibt. Dies hatte er indessen von Pythagoras, welchem man die Entdeckung zuschreibt, dass die musikalischen Tonverhältnisse sich durch Zahlverhältnisse darstellen lassen. Wie wir an verschiedenen Stellen lesen, soll Pythagoras auf einem Spaziergange durch den verschiedenen Klang der Hämmer, welche in der Werkstätte eines Schmiedes den Ambos trafen, aufmerksam gemacht, gefunden haben, dass diese Töne gerade eine Octave, eine Quint und eine Quart gaben. Bei Wägung der drei Hämmer soll er entdeckt haben, dass die Töne derselben ihren Gewichten proportional wären, und darauf geleitet worden sein, dass bei gleich langen und auch übrigens gleichen Saiten die Tonhöhen sich so verhalten, wie die angehängten Gewichte. Schon Chladni weist darauf hin, dass jene Erzählung sehr ungenau sei, indem jene drei Töne keineswegs durch Hämmer von den bezeichneten Gewichten hervorgebracht würden, zudem die Tonhöhe einer Saite nicht dem angehängten Gewichte, sondern der Quadratwurzel aus dem spannenden Gewichte proportional sei.

Für Wärme und Feuer nahm Aristoteles ein eigenes Element an, welches das unkörperlichste von allen sei, (er nahm nämlich vier Elemente, Erde, Wasser, Luft und Feuer an) und aus außerordentlich kleinen und beweglichen Theilen bestehe.

Von den übrigen Naturforschern des Alterthums verdient besonders Archimedes (geb. um 287 v. Ch. in Syracus) hervorgehoben zu werden. Dieser kann ohne Bedenken als der Gründer der Statik und Hydrostatik angesehen werden, denn ihm verdanken

wir das Hebelgesetz und den sogenannten „Archimedischen Lehrsatz."

Jenes Gesetz erschien ihm bereits so wichtig, dass er sich äußerte: „Man könnte mittelst des Hebels die Erde aus ihrer Lage bringen, wenn man außerhalb derselben einen Stützpunkt hätte."

Den nach ihm benannten Satz bezüglich des Gewichtsverlustes eines festen Körpers in einer Flüssigkeit soll er beim Baden aufgefunden haben, als er darüber nachdachte, wie der in der goldenen Krone des Königs Hiero vermuthete Silbergehalt ohne Beschädigung derselben zu entdecken sei. Es hatte nämlich, so erzählt Vitruvius, der König Hiero von Syracus sich eine goldene Krone anfertigen lassen, die ihm von geringerem Golde zu sein schien, als bestellt war, und in Folge dessen dem Archimedes den Auftrag ertheilt, zu untersuchen, ob der Verdacht gegründet sei.

„Ich hab' es gefunden!" rief der sinnende Gelehrte begeistert aus, als er im Bade beobachtet hatte, daß sein Körper durch das Wasser gehoben ward, denn aus dem größeren oder geringeren Gewichtsverluste eines Körpers im Wasser schloss er mit Recht auf dessen größere oder geringere Dichte und konnte nun durch Wägung das verdächtige Gold mit unzweifelhaft echtem Metall vergleichen.

Auch fand er bereits, daß ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck sich in derselben nach allen Seiten verbreitet. Ferner bestimmte er die Dichte verschiedener Flüssigkeiten mittelst eines aus Blech verfertigten und mit einer Scala versehenen Gefäßes und kann demnach als Erfinder des Aräometers bezeichnet werden.

Außerdem erfand er die Wasserschnecke oder Archimedische Schraube, die Schraube ohne Ende, ergründete die Gesetze des Schwerpunktes, der Rolle, des Wellrades, erfand den Flaschenzug und verfertigte Wurfmaschinen von außerordentlicher Wirkung, welche zur Vertheidigung seiner Vaterstadt gegen die Römer verwendet wurden. Dass Archimedes durch Hohlspiegel die römische Flotte in Brand gesteckt habe, ist, wie sich aus der Gesammtheit der über diesen Gegenstand geführten gelehrten Verhandlungen ergibt, entweder eine reine Erfindung oder beruht auf einem Missverständnis.

Nächst Archimedes kommt besonders Heron von Alexandrien (geb. 210 v. Ch.) in Betracht. Von ihm haben der Heronsball und

Heronsbrunnen ihre Namen. Seine Hauptversuche betrafen jedoch die Spannkraft des Dampfes, und er setzte bereits eine hohle Metallkugel, in welcher Wasserdampf entwickelt wurde, durch Rückwirkung des aus einer seitwärts angebrachten Röhre ausströmenden Dampfes in drehende Bewegung.

Was die Elektricität betrifft, so wird erzählt, dass Thales von Milet, der Gründer der jonischen Philosophie, (600 Jahre v. Ch.) die erste elektrische Erscheinung beobachtete, nämlich dass Bernstein durch Reiben die Eigenschaft erlange, leichte Körperchen anzuziehen. Dieser Versuch setzte den griechischen Philosophen so sehr in Erstaunen, dass er den Bernstein für einen belebten Körper hielt Theophrast, welcher 300 Jahre nach Thales lebte, beschreibt mit dem größten Erstaunen diese Erscheinung, und erwähnt eine gleiche Eigenschaft von einem Edelsteine, worunter nach der Ansicht einiger der Turmalin, nach anderen der Hyacinth (Zirkon) zu verstehen ist. Theophrast erzählt von diesem Mineral, daß es nicht nur Strohhalme und kleine Holzsplitter, sondern auch kleine Eisen- und Kupfertheilchen anziehe, wenn man es nur gehörig gerieben hat Plinius, Strabo, Plutarch und andere alte Schriftsteller erwähnen der nämlichen Erscheinung.

Auf dieses geringe Maß beschränkt sich die ganze Kenntnis von der Elektricität, welche sich überhaupt bei den alten Griechen vorfindet.

Auch die Lehre vom Magnetismus blieb bei den Alten in der ersten Kindheit. Das Einzige, was sie wussten, war, daß der natürliche Magnet Eisen anziehe. Von der magnetischen Polarität hatten sie nur sehr schwankende Vorstellungen und die Magnetnadel blieb ihnen ganz unbekannt.

Sämmtliche physikalische Disciplinen wurden durch die alten Römer kaum weiter ausgebildet, da sie sich mehr mit der Zusammentragung des bereits Bekannten, als mit selbständigen Forschungen befassten.

Die Chemie ist hinsichtlich ihres Ursprunges sehr dunkel. Man weiß nicht einmal mit Gewissheit, woher der Name stammt und wann er aufgekommen. Am wahrscheinlichsten ist die Ansicht von Humboldt, dass das Wort Chemie von dem Namen Chemia stamme, womit nach Plutarch die Ägypter ihr Land seines dunklen

Bodens wegen belegten, da in diesem Lande jene geheimnisvolle Wissenschaft zuerst mit Eifer betrieben wurde. Die Ägypter kannten nämlich die Gewinnung und Bearbeitung mehrerer Metalle, mehrerer Farben, die Darstellung des Glases, verwendeten chemische Präparate als Medicamente, wie z. B. Bleiweiß zu Salben, doch haben sie so wie die anderen alten Culturvölker die Erklärung der Erscheinungen fast ausschließlich durch Speculation zu erreichen gesucht. Die Lehre von den „vier Elementen" ist eines der ältesten Denkmäler der speculativen Natur des Menschen, welche unter der Ägide des Aristoteles die Köpfe beherrschte. Allerdings verstand der geniale Grieche unter dem Worte „Element" gewiss nicht jenen Begriff, welchen die jetzige Chemie damit verbindet. Das Wenige, was überhaupt auf diesem Gebiete die Forscher des Alterthums aufgebaut, riss die Flut der Völkerwanderung nieder. Erst in der ersten Hälfte des 8. Jahrhundertes tritt bei den Arabern ein Chemiker im eigentlichen Sinne des Wortes auf, nämlich Giafar, gewöhnlich Gebar genannt, welcher Lehrer an der Hochschule zu Sevilla war.

B. Die Physik des Mittelalters.

(Von circa 700 bis 1600 nach Christus.)

Die ersten Jahrhunderte des Mittelalters waren wenig dazu geeignet, Licht über unverstandene Thatsachen zu werfen, erst in der zweiten Hälfte dieser Zeitperiode zeigen sich vereinzelte Keime einer besseren Richtung, vereinzelte Beispiele eigener Forschung. Es war ein unfruchtbarer Zeitraum für naturwissenschaftliche Bestrebungen, eine Periode des Stillstandes, welche das classische Alterthum von der neueren Zeit trennt. Der bloß commentatorische Geist und der Mysticismus des Mittelalters trat echt wissenschaftlicher Forschung hemmend entgegen, und gab der gebildeten Welt eine falsche Richtung. Entweder suchte man nur alte Sätze den Meinungen der eigenen Zeit anzupassen, oder man führte Naturerscheinungen auf ganz heterogene Ursachen zurück und ließ einer erregten Phantasie ohne Bedenken frei die Zügel schließen. Die wissenschaftlichen Kenntnisse überhaupt verloren sich bei dem Einbruche der nordischen Nationen aus den Abendländern und fristeten in Italien ein kümmerliches Dasein, bis sie auch hier unter der longobardischen Herrschaft fast gänzlich erloschen; nur im byzantinischen Reiche erhielten sie noch

Pflege und gelangten durch die Verjagung vieler Gelehrten, besonders der Nestorianer, durch die Berufung griechischer Ärzte und andere Umstände zu den Arabern. Diese übersetzten und studierten fleißig den Aristoteles. Auch der am Hofe des Ostgothen-Königs Theodorich des Großen lebende Boëthius trug viel zur Verbreitung der Schriften des großen Philosophen bei. Überhaupt gelangte Aristoteles im Mittelalter zu großem Ansehen und wir finden in jener Zeit blinden Autoritätsglauben vereint mit Aberglauben. Charakteristisch für den Geist jener Zeit ist der allgemeine Beifall, welchen die Astrologie genoß, und das Aufkommen der Alchemie.

Die Menge des Volkes suchte in der Wissenschaft nach Wundern, nach außerordentlicher Hilfe in der Noth, und solche Strömungen wussten schlaue Köpfe zu benützen. Magie, Astrologie blühten bei den Arabern und die Alchemie scheint ihnen sogar ihre besondere Ausbildung zu verdanken. Der Glaube, daß die Gestirne Einfluss auf das Leben des Menschen hätten, und besonders, dass aus ihrer Stellung bei der Geburt desselben sich seine Schicksale vorhersagen ließen, war bald allgemein verbreitet. Anderseits war die Verwandlung unedler Metalle in edle das Ziel, nach welchem die meisten rangen. Das Mittel, diese Verwandlung zu bewirken, nannten sie den Stein der Weisen. Außerdem strebten sie nach einem noch größeren Hirngespinnst, nämlich nach einem Universalmittel, welches alle Krankheiten heilen, das Leben verlängern und dem Körper Schönheit und Kraft geben sollte. Diese alchemistischen Träumereien hatten aber doch das Gute zur Folge, dass durch zahlreiche Experimente manche Einblicke in die Kräfte der Natur gewonnen wurden.

So sehr wir anerkennen müssen, dass die Araber die physikalischen Kenntnisse der Griechen in jener dunklen Zeit vor dem Untergange retteten, und in jenen Völkerstürmen das wissenschaftliche Leben so lange unterhielten, bis die christliche Welt wieder die Pflege der Wissenschaft von ihnen übernahm, so können wir doch anderseits nicht zugestehen, dass sie principiell der Methode oder dem Stoffe nach, ihren Nachfolgern mehr hinterließen, als sie von den Alten übernommen hatten.

Mit dem 12. Jahrhunderte beginnt die christliche Periode der mittelalterlichen Physik. Dem 13. Jahrhunderte verdanken wir bereits das Bekanntwerden mehrerer bedeutender naturwissenschaft-

licher Entdeckungen und es tritt uns hier als die glänzendste Erscheinung des 13. Jahrhundertes Roger Bacon als der erste wirkliche Naturforscher des Mittelalters, als der Begründer einer Experimentalphysik entgegen. Roger Bacon wurde 1214 in Somerset geboren, studierte in Oxford, gieng zu seiner weiteren Ausbildung nach Paris und trat nach seiner Rückkehr 1240 in den Franciskanerorden zu Oxford. Hier in der Einsamkeit seiner Zelle überließ er sich seinen Studien und Forschungen, kam jedoch durch seine Kenntnisse und Entdeckungen in den Verdacht der Zauberei und verbrachte deshalb viele Jahre seines Lebens in einem Kerker. Bald nach seiner endlichen Befreiung starb er 1293 zu Oxford. Allerdings erhielt er viele seiner Kenntnisse von den Arabern, welche bis zu seiner Zeit gleichsam die Bewahrer aller traditionellen Wissenschaft der Vorzeit waren, aber wir sind nicht Priestleys Ansicht, dass er zu dem, was die Araber bereits gelehrt, nichts von Wichtigkeit hinzugefügt habe. Gewiss hat er von ihnen nicht gelernt, „das Joch des Aristoteles abzuschütteln, die Wichtigkeit der Experimente und Beobachtungen einzuschärfen und auf die Kenntnisse seines Jahrhundertes nur als auf die Kindheit der Wissenschaft herabzublicken." Seine Schriften enthalten mehrere überraschende Gedanken. Dass ein Kugelstück von Glas mit der flachen Seite auf eine Schrift gelegt, die Buchstaben vergrößere, wusste er offenbar aus des Arabers Alhazen Schriften, aber er spricht in seinem Opus majus auch den Gedanken aus, dass man, wenn kleine und nahe Gegenstände auf obige Weise vergrößert erscheinen, auch durch ähnliche Mittel entfernte Gegenstände in die Nähe rücken und vergrößern könne, so dass Mond und Sonne scheinbar zur Erde herabgezogen würden; besonders dürften Hohlspiegel zu diesem Zwecke dienlich sein. Auch wird dem Bacon die Erfindung der Brillen von einigen zugeschrieben, doch läßt sich nichts Sicheres darüber feststellen. Übrigens ist soviel gewiss, daß sie bereits im 13. Jahrhunderte bekannt geworden sind.

Bacon bemerkt ferner bei der Lehre von den Spiegeln, dass die Glasspiegel mit Blei belegt werden, er erklärt die Wirkung der Brennspiegel, er sagt, dass der Brennpunkt für die Strahlen, welche verschiedene Entfernungen von der Axe haben, auch verschieden sei, bestimmt für den parabolischen Brennspiegel die Brennweite u. a.

In demselben Jahrhunderte finden wir auch die erste Nachricht über die Kenntnis der Magnetnadel bei den Arabern (1242).

Es schien endlich eine Zeit des Aufschwunges gekommen zu sein; Universitäten wurden gegründet, die Methode der Beobachtung wurde empfohlen. Dessenungeachtet trat kein Fortschritt ein und das 14. Jahrhundert macht in wissenschaftlicher Beziehung einen geradezu jämmerlichen Eindruck. Die Scholastiker erklären unter der Autorität der Kirche die Welt.

Die erste Hälfte des 15. Jahrhunderts gleicht noch ganz dem 14. Jahrhunderte; erst in der zweiten Hälfte beginnt wieder das Leben in jenen Wissenschaften, die nicht Scholastik oder Theologie sind. Deutschland wird von da an bis zum Anfange des 17. Jahrhundertes von der Astronomie beherrscht.

Das Ptolemäische System, nach welchem die Erde in der Mitte des Weltalls unbeweglich ruhen und die Himmelskörper in Kreisen um dieselbe sich bewegen sollten, hatte beinahe fünfzehn Jahrhunderte geherrscht, ohne dass man es gewagt hatte, an demselben zu rütteln, da wurde es von einem deutschen Astronomen umgestoßen und damit der Forschung auf dem Gebiete der Astronomie eine Bahn gebrochen, welche unaufhaltsam bis auf unsere Zeiten die größten Siege des Geistes zur Folge hatte.

Nikolaus Kopernikus (eigentlich Kopernik) wurde im Jahre 1473 zu Thorn in Preußen geboren. Er studierte Medicin und Mathematik, hielt einige Zeit hindurch mathematische Vorträge in Rom und wurde später Domherr zu Frauenburg. Er führte still und zurückgezogen das Leben eines Gelehrten. Schon 36 Jahre vor der Veröffentlichung seiner neuen Theorie (1507), nach welcher die Sonne das Centrum unseres Planetensystems ist, hatte er sein Werk begonnen, welches 1543 in Nürnberg erschien und die heftigsten wissenschaftlichen Kämpfe veranlasste.

Ehe wir diese Periode verlassen, können wir nicht unerwähnt lassen, dass erst am Schlusse des 16. Jahrhunderts die Kenntnis der elektrischen Erscheinungen eine wesentliche Erweiterung erfuhr. Der Engländer Wilhelm Gilbert, Leibarzt der Königin Elisabeth, welcher im Jahre 1600 ein Werk: „Über den Magnet" veröffentlichte, gelangte durch zahlreiche Versuche zur Überzeugung, dass außer Bernstein noch viele andere Körper die Fähigkeit erlangen, leichte Körper

anzuziehen. Dabei machte er die Beobachtung, dass die elektrischen Erscheinungen bei trockener Luft, nördlichen und östlichen Winden stärker hervortreten, als bei feuchter Luft und bei südlichen Winden.

Es schienen ihm ferner einige Körper mehr, andere weniger elektrisch zu sein.

Man sah in damaliger Zeit die magnetische Wirkung als den Typus aller anziehenden Thätigkeit an, und so betrachtet auch Gilbert die Elektricität als eine Art Magnetismus, dennoch gieng er um einige Schritte weiter, und unterschied magnetische und elektrische Kräfte. Auch ist er der Erfinder der letzteren Benennung, die bekanntlich von Elektron (Bernstein) genommen ist. Weiter bemerkt er, dass die elektrische Kraft alle leichten Körper anzieht, während die magnetische nur auf das Eisen wirkt.

Gilbert's glückliche Versuche lenkten die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf diese Erscheinung. Die Mitglieder der berühmten florentinischen Academie del Cimento widmeten sich zuerst solchen Untersuchungen. Gilbert war es auch, der die Theorie des Erdmagnetismus aufstellte und somit das Fundament für weitere Entwickelungen gab.

Akustik und Wärmelehre haben fast gar keine Fortschritte gemacht.

C. Die Periode des Fortschrittes.

(Von circa 1600 bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts.)

Die Periode beginnt wohl mit Galilei, neben welchem gleichzeitig ein Stern erster Größe am Himmel der Wissenschaft glänzte, Johannes Kepler. Wie Keplers Gesetze die Grundsteine wurden zur Mechanik des Himmels, so erweiterten Galilei's Leistungen im Gebiete der Optik die Kenntnis des Sonnensystems, seine Fallgesetze brachten richtige Begriffe in die Mechanik, seine Pendelgesetze gaben den Anstoß zur Erfindung der für die Astronomie so wichtigen genaueren Zeitmessung durch Pendeluhren.

Galileo Galilei ward 1564 zu Pisa geboren. An der Universität seiner Vaterstadt studierte er Medicin und Philosophie, doch nahm bald das Studium der Mathematik und Naturwissenschaften seine ganze Thätigkeit in Anspruch. Er wurde 1589, also erst 25 Jahre alt, Professor der Mathematik an der Universität Pisa.

Galilei kann mit Recht als der Hauptbegründer der neueren Physik betrachtet werden. Seine wissenschaftlichen Leistungen kann man in zwei Hauptclassen eintheilen, in die mechanischen und in die optisch-astronomischen. Er begründete nicht nur die Mechanik fester Körper, sondern hinterließ auch in der Hydrostatik und Hydrodynamik Spuren seiner Thätigkeit. Ihm verdankt man nämlich über die innere Beschaffenheit der Flüssigkeiten diejenige Ansicht, die im Wesentlichen noch heute bei allen mathematischen Untersuchungen zum Grunde gelegt wird, und welche auch selbständig von dem Holländer Stevinus (1585) ausgesprochen wurde.

Die Principien der Construction des in den ersten Jahren des 17. Jahrhundertes erfundenen holländischen Fernrohrs hatte Galilei in nichts verbessert, allein in der Ausführung war es vollkommener als die bis dahin (1609) verfertigten Fernröhre, so dass es zu astronomischen Beobachtungen brauchbar war. Er entdeckte damit die Jupitermonde, beobachtete die Berge im Monde, wies nach, dass der Schimmer in der Milchstraße der vereinte Glanz von zahlreichen Sternen sei u. s. w.

Mit Kepler stand er in brieflichem Verkehre. Johannes Kepler, 1571 im Würtemberg'schen geboren, wurde für das Studium der Theologie bestimmt und trat in das evangelische Stift zu Tübingen. Hier bewog ihn sein Lehrer Moestlin zum Studium der Mathematik und Astronomie. Er lebte hierauf als Lehrer der Mathematik in Graz, Prag, wo er im Jahre 1609 die beiden ersten seiner drei Gesetze fand, in Linz, wo er 1618 sein drittes Gesetz veröffentlichte und in Rostock. In seiner „Dioptrik" stellt er das Princip eines eigenen Fernrohres, des „astronomischen", auf (1611). Er starb in großer Dürftigkeit (1631). Kepler ist für die gesammten Naturwissenschaften schon deshalb von bleibender Bedeutung, weil er der erste war, der mit großer Ausdauer die Methode der inductiven Forschung gebrauchte. Ganz unnütz würde die Frage sein, welcher von diesen beiden Männern der größere gewesen, beide wirkten neben einander neidlos, sich gegenseitig ergänzend. Ein Zeitgenosse Keplers war auch der Staatsmann und Philosoph Franz Baco von Verulam (geb. 1561 zu London, gestorben bei London 1626). Seine großen Verdienste um die Naturwissenschaften überhaupt und besonders um die experimentirenden bestehen darin, dass er die Auto-

rität des Aristoteles siegreich bekämpfte, die Beobachtung der Natur verlangte, zum Anstellen von Experimenten anregte, um von den beobachteten Erscheinungen zu allgemeineren Wahrheiten zu gelangen, und somit die inductive Methode dringend empfahl.

Nach Galilei's Tode (1642) ist bei weitem die Mehrzahl der Arbeiten der Physiker in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhundertes durch seine Untersuchungen angeregt worden oder aus ihnen hervorgegangen. Sie bilden gleichsam den Mittelpunkt, von dem aus das Gebiet der Physik nach seinen verschiedenen Richtungen hin erforscht wurde.

Unter allen Entdeckungen auf dem weiten Gebiete der Naturwissenschaften ist wohl die der allgemeinen Schwere, die wir dem großen Newton verdanken, die glänzendste und einflussreichste, da sie das Gesetz enthält, dem alle Himmelskörper unseres Sonnensystems, und, wie wir anzunehmen berechtigt sind, alle Körper des Weltraumes überhaupt gehorchen.

Isaak Newton war geboren am 25. December 1642 alten Styls, also am 5. Jänner 1643 nach unserem heutigen Kalender, in einem Dörfchen in der Grafschaft Lincoln. Von Natur schwächlich bezog er im 18. Jahre die Universität Cambridge, wo er mehr als Autodidact als durch die Vorlesungen der Professoren sich fortbildete. Er wendete sich gleich im Anfange seiner Studien zur Mathematik. Im Jahre 1669 wurde er Professor dieses Gegenstandes in Cambridge. Newton ist gleich groß als Mathematiker, Physiker und Optiker, am bedeutendsten aber als theoretischer Astronom. In der Optik wurde er der Gründer der schon von Empedokles im 5. Jahrhunderte v. Chr. geahnten Emissionstheorie des Lichtes. Er war es auch, der zuerst zeigte, dass das weiße Licht aus verschiedenen Farbenstrahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehe, und ihn beschäftigte bereits der Gedanke, wie der chromatischen Abweichung bei Linsen abzuhelfen sei. Um den Unvollkommenheiten der dioptrischen Fernröhre in dieser Beziehung zu entgehen, construierte er ein nach ihm benanntes Spiegelteleskop. Die Einführung der Hohlspiegel in die Teleskopie war jedoch nicht Newton's Erfindung, denn schon zu Anfang des 17. Jahrhundertes hatten der Jesuit Zucchi in Italien und im Jahre 1639 Pater Mersenne in Frankreich Hohlspiegel bei Fernröhren angewendet.

Niemand wagte aus Scheu oder Achtung vor dem berühmten Urheber der Emissionstheorie auch nur einen leisen Zweifel in ihre Richtigkeit zu setzen, da trat Christian Huyghens (geboren zu Haag 1629) mit seiner Undulationstheorie auf, welche anfangs völlig unbeachtet blieb (1690), später aber von Euler (1746), Young (1800), Fresnel (1815) und Cauchy (1836) bedeutend gefördert wurde. Dies Verdienst allein würde Huyghens die Unsterblichkeit sichern, wenn er auch nicht andere wichtige Arbeiten auf dem Gebiete der Optik, der Astronomie, ferner über Pendel (er erfand die Pendeluhr 1658) über Centrifugalkraft und den Stoß geliefert hätte.

Noch ist aus der Geschichte der Optik zu erwähnen, dass 1621 der Holländer Snellius das Brechungsgesetz, 1665 der Italiener Grimaldi die Interferenz und Beugung der Lichtstrahlen, 1669 Bartolin in Kopenhagen die doppelte Brechung des Lichtes im Kalkspathe entdeckt und 1675 der dänische Astronom Olaf Römer die Geschwindigkeit des Lichtes bestimmt habe.

Nur auf dem Gebiete der Aërostatik war man bis zum Tode Galilei's nicht vorwärts gekommen, man sprach noch immer von einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume. Doch schon ein Jahr nach seinem Tode hat einer seiner bedeutendsten Schüler Torricelli (geb. 1608 zu Faënza) das Vorhandensein des Luftdruckes erkannt. Sein bekannter Versuch führte ihn zur Erfindung des Barometers (1643). Wenige Jahre später wurde durch Otto von Guerike die Luftpumpe erfunden (1650). Guerike war 1602 zu Magdeburg geboren, studierte die Rechte und Mathematik und ward Bürgermeister seiner Vaterstadt. Seine Experimente erregten ungemein großes Aufsehen, besonders als er dieselben auf dem Reichstage zu Regensburg (1654) öffentlich vor Kaiser Ferdinand III. und den versammelten Reichsfürsten mittelst der Magdeburger Halbkugeln angestellt hatte. Die erste eigentliche Compressionspumpe construirte der Engländer Robert Boyle (geb. 1626), welcher die Elasticität der Luft zum Gegenstande vieler Versuche gemacht hatte, und er war der Erste, welcher bewiesen, dass sich die Volumina einer und derselben Luftmasse umgekehrt verhalten wie die Drucke (1660). Dieses Gesetz, welches man späterhin das Mariotte'sche genannt hat und noch so nennt, ist also nicht zuerst von Mariotte aufgefunden worden. Dieser versuchte jedoch bereits

eine nützliche Anwendung von diesem Gesetze zu machen, indem er mittelst desselben das Barometer zum Höhenmessen anwendbar zu machen versuchte, auch bereits den Einfluss der Winde auf den Stand desselben beobachtete.

Die von Boyle zuerst beobachtete Thatsache, dass der Luftdruck auf das Sieden einen großen Einfluss übe, führte den französischen Physiker Denis Papin (geb. 1647) zur Erfindung des Papin'schen Topfes. Auch hat Papin bereits eine Vorrichtung ersonnen, welche noch in allen Elementarbüchern der Physik beschrieben wird, in der schon das Princip der Dampfmaschine liegt.

Überhaupt beschäftigten sich die Physiker des 17. Jahrhundertes vorzüglich mit dem Drucke und der Elasticität der Luft, sowie mit dem Sieden der Flüssigkeiten und so konnte es nicht ausbleiben, dass man auch dem Wasserdampfe endlich eine größere Aufmerksamkeit zuwandte. Die fortgesetzten Bemühungen, sich die Dampfkraft als bewegende Kraft dienstbar zu machen, führten gegen Ende des 17. Jahrhundertes allmählich zur Construction der Dampfmaschine, denn ihre Erfindung ist, so wie manche andere, nicht mit einem Schloge gemacht worden.

Es ist auffallend, dass die gewaltige Kraft des Dampfes so lange unbeachtet blieb; von dem Versuche des griechischen Philosophen Heron von Alexandrien bis zum Versuche einer technischen Anwendung dieser Naturkraft vergiengen etwa 18 Jahrhunderte. De Caux, welcher zur Zeit Ludwig XIII. von Frankreich lebte, hatte einen Dampfapparat erdacht und war von der Möglichkeit der praktischen Ausbildung seiner Erfindung fest überzeugt, doch gelang es ihm nicht, den mächtigen Minister Frankreichs, Cardinal Richelieu, für seine Erfindung zu gewinnen. Doch seine Ideen gingen auf den Marquis Worcester über, dieser construirte im Jahre 1650 einen Apparat, in welchem der Dampf rein als bewegende Kraft wirkte, es war nämlich eine Fontaine, welche durch die Anwendung der Dämpfe ohne Unterlass einen Wasserstrahl von 40 Fuß Höhe gab. Einige Zeit später machte sich der englische Capitän Savery Worcester's Versuche und Bemerkungen zu Nutzen, führte dessen Vorschläge aus, und erhielt im Jahre 1698 ein Patent auf eine Maschine, in welcher mittelst Wasserdampf die Luft aus einem Pumpenstiefel vertrieben, und dann durch Abkühlung ein leerer Raum darin erzeugt

wurde, in welchen nun das Wasser aus einem Brunnen durch den Luftdruck emporstieg. Diese Erfindung wurde im Jahre 1705 durch den Engländer Newcomen viele Schritte vorwärts geführt, indem er über dem Dampfkessel einen hohlen Cylinder mit einem beweglichen Kolben anbrachte. Der Kolben wurde durch den Dampf gehoben; hatte er den höchsten Punkt erreicht, so wurden die Dämpfe durch eingespritztes Wasser verdichtet und nun trieb der Luftdruck den Kolben zurück. Durch abermaliges Zulassen des Dampfes unter den Kolben konnte dieser wieder gehoben und durch abermalige Verdichtung der Dämpfe wieder zum Sinken gebracht werden. Dieses fortgesetzte Spiel der Maschine wurde durch eine Hahnsteuerung bewirkt, indem der Hahn durch einen aufgestellten Wärter immer zur rechten Zeit geöffnet und geschlossen werden musste. Ein mit dieser Vorrichtung an einer Maschine zu Cornwallis betrauter Knabe, Humphrey Potter fand dies zu langweilig und übertrug der Maschine selbst diese Arbeit, indem er den Kopf des Hahnes mittelst Schnüren mit dem bewegten Mechanismus verband (1718). Eine vollständige Umwandlung aber fand durch James Watt, (geb. 1736 zu Greenock in Schottland) statt, welcher die bisher noch immer unbehilfliche Maschine im höchsten Grade vervollkommnete. Er erfand den Condensator und die doppelt wirkenden Maschinen und beseitigte die Unregelmäßigkeiten im Gange der Maschine durch Einführung eines Schwungrades und des Centrifugalregulators. Seit jener Zeit erlangte die Dampfmaschine durch zahlreiche größere und kleinere Verbesserungen jenen Grad der Vollkommenheit, der sie zum Betreiben der mannigfaltigsten technischen Operationen brauchbar macht.

Auf dem Gebiete der Wärmelehre haben wir ferner in dieser Zeitperiode die Erfindung des Thermometers, angeblich durch Cornelius Drebbel (1605) zu verzeichnen. Jedoch liegt die Geschichte der Erfindung dieses wichtigen Instrumentes im Dunklen und man kann nicht mit Bestimmtheit angeben, wer der Erfinder war. Manche schreiben die Erfindung dem Galilei zu. Jedenfalls war das erste Thermometer ein Luftthermometer.

Fahrenheit (geb. zu Danzig 1686) füllte seine ersten Thermometer mit Weingeist; um das Jahr 1715 gieng er zum Quecksilber über.

Nachdem die Schiffer des mittelländischen Meeres den Compass wahrscheinlich durch Vermittlung der Araber, denen er von den Chinesen bekannt war, kennen gelernt hatten, war dadurch auf dem Gebiete des Magnetismus ein wichtiger Schritt vorwärts gemacht worden, wiewohl es noch 400 Jahre bis zur Entdeckung des Erdmagnetismus brauchte. Wer zuerst die Declination entdeckte, ist nicht mit voller Gewissheit zu sagen. So viel steht fest, dass am Ende des 16. Jahrhundertes der Engländer Norman über magnetische Declination schrieb und dieselbe erklärte und dass man im 17. Jahrhunderte ihre Verschiedenheit an verschiedenen Orten der Erde und die Veränderungen derselben an einem und demselben Orte kannte. Die Inclination wurde durch denselben zuerst genau beobachtet, nachdem sie schon früher durch Hartmann in Nürnberg entdeckt worden war. Die wichtigste Rolle in der Geschichte des Magnetismus spielt der bereits genannte Gilbert. Er muss mit Recht als der Entdecker des tellurischen Magnetismus betrachtet werden. Er war über die Wirkung der Erde auf weiches Eisen und Magnete sehr gut orientiert. Auch in der Lehre von der Elektricität finden wir manche Fortschritte. Französische und englische Gelehrte und vom Jahre 1742 an auch deutsche Physiker experimentierten fleißig auf diesem Gebiete. Im Jahre 1729 begann mit dem Engländer Stefan Gray eine ganz neue Epoche. Er fand vor Allem, dass die durch Reibung in gewissen Körpern erzeugte Elektricität anderen mitgetheilt werden könne. Er gelangte auch im Vereine mit Wheeler durch Versuche zum Begriffe von guten und schlechten Elektricitätsleitern. Weiter gelang es dem Franzosen Dufay, einige wichtige allgemeine Gesetze aufzufassen. Er war der erste, welcher elektrische Funken an elektrisierten lebendigen Körpern wahrnahm. Seine beiden Hauptentdeckungen aber waren, erstlich, dass es zwei verschiedene einander entgegengesetzte Elektricitäten gibt, welche sich selbst abstoßen, jedoch eine die andere anziehen und dass die elektrischen Körper alle jene anziehen, welche nicht elektrisch sind, sie jedoch abstoßen, sobald sie ebenfalls mit jenen gleichnamig elektrisch geworden sind.

Elektrisiermaschinen mit Glascylindern statt der Scheiben, wurden gegen 1743 von den Deutschen Hausen, Winkler und Bose erfunden. Die bequeme und bessere Glasscheibe scheint Ingenhous um 1764 eingeführt zu haben. Guerike kann nicht leicht als

Erfinder der Elektrisiermaschine gelten, da er seine Schwefelkugel, die er mittelst einer durchgesteckten Axe in Drehung versetzte, bloß mit der Hand rieb, und auch kein Conductor vorhanden war.

Gegen Ende des Jahres 1745 wurde durch den Domherrn von Kleist zu Cammin in Pommern und im folgenden Jahre durch Cunäus zu Leyden, welcher letztere von Kleists Versuchen nichts wusste, die Leydnerflasche erfunden. Watsons Versuche im Jahre 1748 führten zu dem Resultate einer unendlich großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität und von 1747—1753 fasste Benjamin Franklin (geb. zu Boston in Nordamerika 1706) alle Gründe zusammen, welche für die elektrische Natur der Gewitter sprachen, und wies dieselben 1752 mittelst seiner in die Luft aufgelassenen Kinderdrachen nach. So wurde er auch Erfinder der Blitzableiter um 1753.

Franklin gehört unstreitig zu jenen wenigen Menschen, welche ungeachtet der ungünstigsten Verhältnisse ihren Wissensdurst zu befriedigen suchen, und deren Talent sich doch endlich Bahn bricht. Derselbe Mann, welcher in seiner Jugend zum Lichterziehen und Seifensieden verwendet worden war, hierauf zu einem Messerschmied in die Lehre kam und endlich die Stelle eines Buchdruckergehilfen erreichte, wusste es durch eigene Studien und durch die außergewöhnliche Bildungsfähigkeit seines Geistes dahin zu bringen, dass er später nicht nur unter den Männern der Wissenschaft sich auszeichnete, sondern sich auch als Staatsmann den größten Dank seiner Mitbürger erwarb.

Auf dem Gebiete der Akustik stellte Mersenne zu Paris Versuche an und ermittelte 1636 die Gesetze, nach denen die Tonhöhe der Saiten durch die Dicke und Spannung derselben geändert wird. Überhaupt begann dieser seit Galilei's Zeit im Ganzen wenig cultivierte Zweig der Physik erst am Ende des 17. Jahrhundertes größere Theilnahme zu erregen und namentlich die Aufmerksamkeit der Mathematiker auf sich zu ziehen. Den ersten Impuls zur mathematischen Behandlung der Akustik gab unstreitig Newton durch die Formel für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles (1687). Im Anfange des 18. Jahrhundertes eröffnete der englische Mathematiker Taylor (geb. 1685 bei London) durch seine Arbeit über die schwingenden Saiten der mathematischen Forschung ein ganz

neues und weites Feld. Die Akustik wurde mit verhältnismäßig großer Schnelligkeit im Laufe des 18. Jahrhundertes aufgebaut.

Die Chemie erhob sich erst vom 17. Jahrhunderte ab zur selbständigen Wissenschaft. Auf die alchemistischen Träumereien und die Zeit der Chemiatrik oder der medicinischen Chemie (1525—1650) folgte das Zeitalter der phlogistischen Chemie (1650—1775), so genannt, weil sie sich vorzugsweise mit der Verbrennung beschäftigte. Man schrieb nämlich allen brennbaren Körpern je nach dem Grade ihrer Verbrennbarkeit einen größeren oder geringeren Gehalt an einem eigenthümlichen Stoffe, Phlogiston genannt, zu, welcher beim Verbrennen der Körper von diesen getrennt werde. Diese Ansicht wurde besonders durch den Chemiker Stahl in Halle (später in Berlin) vertreten (1700).

D. Die Periode der Neuzeit.

(Von der Mitte des 18. Jahrhunderts bis auf unsere Tage).

In dieser Periode werden allmählich ganz neue Gebiete aufgeschlossen und die bereits betretenen liefern einen solchen Reichthum von Thatsachen und Erscheinungen, daß sie einen früher gar nicht geahnten Umfang und eine völlig neue Gestalt erhalten. Vorzüglich war dies auf dem Gebiete der Elektricität der Fall. Durch Franklins Entdeckungen wurde den Physikern ein neues Feld zur Untersuchung, das der atmosphärischen Elektricität eröffnet. Zugleich begann man die Elektricität medicinisch anzuwenden. Die Elektrisierung durch Vertheilung wurde im Jahre 1753 von Canton, einem englischen Schulvorsteher, entdeckt, dem wir auch die Methode, Stahl durch bloße Einwirkung des Erdmagnetismus zu magnetisieren, verdanken.

Wilke (geb. 1732 zu Wismar) und Aepinus (geb. 1724 zu Rostock) gaben für die elektrische Vertheilung eine Erklärung, welche Franklin bereits 1747 angebahnt hatte. Es war dies die Ansicht von bloß einer elektrischen Materie (Unitarier).

Dagegen vertheidigte der Engländer Robert Symmer die Existenz von zwei elektrischen Materien 1759. (Dualisten). Ein entschiedenes Übergewicht erhielt die Theorie von zwei Fluiden durch die experimentellen und theoretischen Forschungen des ausgezeichneten Physikers Coulomb (geb. 1736 zu Angouleme), welcher die Tor-

sionswage erfand. Dieser hat das Verdienst, für eine Theorie der Elektricität, welche selbst verwickelte Erscheinungen der mathematischen Analysis zu unterwerfen imstande ist, die Elemente vorbereitet zu haben.

Seit der Entdeckung der Luftelektricität wurden noch verschiedene andere neue Elektricitätsquellen aufgefunden. Canton brachte (1759) Klarheit in die Untersuchungen über Pyroelektricität am Turmalin. Walsh verdankt man den Nachweis, daß die Schläge des Zitterrochens elektrischer Natur seien.

Gegen Ende des 18. Jahrhundertes wurde aber durch einen Zufall eine Elektricitätsquelle aufgefunden, welche an Ergiebigkeit alle früheren übertraf, nämlich die Berührungselektricität, nach ihrem Entdecker Galvanismus genannt. Als Jahr der Entdeckung durch den Professor der Anatomie zu Bologna Alois Galvani (geb. 1737 zu Bologna) wird allgemein das Jahr 1790 angenommen. Die Analyse dieser Erscheinung und ihre weitere Entwicklung durch seinen Fundamentalversuch (1793) war das Werk Alexander Volta's, Professors der Physik in Pavia (geb. 1745 zu Como), welcher sich seit seinem achtzehnten bis nahe zu seinem fünfzigsten Jahre mit der Elektricität beschäftigte, wie er denn auch der Erfinder des Elektrophors (1775), des elektrischen Condensators (1782) und der Volta'schen Säule (1800) war. Letztere war geeignet, außerordentliche Wirkungen für die Erzeugung von Licht und Wärme sowohl, als auch chemischer Veränderungen hervorzubringen.

Im Jahre 1800 wurde bereits durch Carlisle das Wasser zersetzt, Davy stellte auf diesem Wege die Metalle der Alkalien dar (1807) und Faraday in England stellte die Gesetze für die Elektrolyse auf (1835). Infolge dessen erfanden Jacobi und Spencer (1838) die Galvanoplastik und Delarive (1840) die galvanische Vergoldung und Versilberung. Davy, dem wir so viele bedeutende Arbeiten verdanken, war der erste, welcher das elektrische Licht mittelst einer Volta'schen Säule von 2000 Elementen zu Stande brachte (1821). In demselben Jahre entdeckte Seebeck in Berlin die thermoelektrischen Ströme, nachdem zuvor (1819) durch Oersted der Einfluss des galvanischen Stromes auf Magnetnadeln und durch Arago und Ampére (1820) die elektromagnetischen Grunderscheinungen erkannt worden waren. Ohm in Erlangen

entdeckte (1827) das nach ihm benannte Gesetz über die Stärke des elektrischen Stromes und (1831) Faraday die inductiven Ströme. Nachdem constante Ketten durch Daniell (1836), Grove (1839) und Bunsen (1842) erfunden worden waren, begann die Elektricität in die Thätigkeiten des Lebens und der Industrie auf die mannigfaltigste Weise einzugreifen. Wir erwähnen bloß die Erfindung des Morse'schen Telegraphen (1843), des Typendrucktelegraphen von Hughes (1855—1863), des Telephons durch Bell (1877), der verschiedenen elektro-dynamischen Maschinen, mittelst deren die mechanische Arbeit direct in elektrische Ströme verwandelt wird. (Kraftübertragung, elektrische Eisenbahn.)

Auf dem Gebiete des Magnetismus sind in dieser Periode hervorzuheben die Arbeiten über magnetische Influenz von Anpinus (1759?), die vergleichenden Messungen der Intensität des Erdmagnetismus von A. v. Humboldt, (1779—1803), die Auffindung des Magnetpols im Norden von Amerika durch John Roß (1831) und die des Magnetpols im Südpolarlande durch James Roß (1841), endlich die Entdeckung des Diamagnetismus durch Faraday.

Auch in der Optik wurden bedeutende Fortschritte gemacht. Im Jahre 1757 wurde das erste achromatische Fernrohr durch Dollond in England verfertigt, 1773 entdeckte Scheele in Schweden die chemischen Wirkungen des Lichtes, auf welche dann Daguerre in Frankreich 1838 die Daguerrotypie und Talbot in England 1839 die Photographie gründeten. Im Jahre 1808 entdeckte Malus in Frankreich die Polarisation des Lichtes, 1814 Fraunhofer die dunklen Linien im Sonnenspectrum, 1859 begründeten Kirchhoff und Bunsen zu Heidelberg die Spectral-Analyse und führten dieselbe zu epomachenden Entdeckungen auf chemischen, physikalischen und astronomischen Gebieten.

Nachdem durch Knoblauch auch die Beugung (1847), die Doppelbrechung und Polarisation durch Reflexion (1848) und Interferenz für Wärmestrahlen nachgewiesen waren, konnte hieraus die Identität der Wärme- und Lichtstrahlen gefolgert werden.

So mussten im Laufe dieses Jahrhundertes die feinen Materien, die sogenannten Imponderabilien, welche bisher als das Substrat von Licht, Wärme, Magnetismus und Elektricität betrachtet

wurden, aus der Wissenschaft verschwinden und an ihre Stelle trat die Molekularbewegung.

Bezüglich der Wärmelehre hat Julius Mayer in Heilbronn (geb. 1814) durch seine mechanische Wärmetheorie (1842) einen unermesslichen Fortschritt angebahnt. Aus seinem jetzt allgemein angenommenen Principe von der Erhaltung der Kraft folgt auch zugleich das Princip von der Einheit der Kraft, als Fundamentalsatz der neueren Naturbetrachtung. Alle Erscheinungen sind nach demselben nur Umwandlungen zwischen den verschiedenen Formen der Energie.

Noch bleibt zu erwähnen, dass das erste Dampfschiff im Jahre 1807 von Robert Fulton in Nordamerika und die erste zweckmäßige Locomotive von Stephenson im Jahre 1814 gebaut wurde.

Auf dem Gebiete der Akustik entdeckte Chladni (1787) die Klangfiguren und erhielt durch Versuche mit elastischen Stäben annäherend richtige Werte für die Schwingungszahlen der Töne und bestimmte die Geschwindigkeit des Schalles in Gasen und festen Körpern (1800). Cagniard de la Tour erfand (1819) die Sirene, welche zur genaueren Bestimmung der Schwingungszahlen der Töne benutzt ward. In demselben Jahre und den folgenden unterwarf Savart in Paris die Erscheinung der Resonanz einer näheren Untersuchung. Durch Arago, Humboldt, Gay-Lussac u. a. so wie durch einige holländische Physiker wurde die Geschwindigkeit des Schalles experimentell nachgewiesen. Als besonders wichtig müssen die Arbeiten der Gebrüder Weber in Göttingen (1825) hervorgehoben werden, welche die Theorie der Wellen erweiterten und begründeten und die Erscheinungen der Interferenz der Schallwellen erklärten. Scheibler in Crefeld ermittelte (1833) durch die Stöße der Stimmgabeln die Schwingungszahlen der Töne mit der größten Genauigkeit.

Endlich erkannte Helmholtz in Berlin (1863) zuerst die Bedingungen, welche die Tonfarbe erzeugen und lehrte, dass dieselbe von der Zahl, Höhe und Stärke der einem Grundtone beigemischten Obertöne abhängt.

Zu den wichtigsten akustischen Erfindungen der Neuzeit gehören das bereits erwähnte Telephon von Bell (1877), der Phonograph, erfunden von Edison (1878) und das Photophon von Bell.

Im 18. Jahrhunderte beschäftigte die Chemiker besonders das Studium der Luftarten oder die sogenannte pneumatische Chemie. Der wesentlichste Gewinn, der sich aus diesen Untersuchungen ergab, war die Überzeugung, dass diese Gase zu den constituierenden Elementen der festen und flüssigen Körper zu zählen sind. Black, Professor in Edinburg, fand durch Vergleichung des kaustischen und gewöhnlichen Kalkes die fixe Luft (kohlensaures Gas), Cavendish in England entdeckte (1766) den Wasserstoff, Priestley in England (1774) und unabhängig von diesem Scheele in Schweden (1775) den Sauerstoff.

Lavoisier, ein vollendeter Chemiker Frankreichs (geb. 1743 und 1794 hingerichtet) gab die richtige Erklärung des Verbrennungsprocesses und der Oxydation überhaupt, wodurch die alte Ansicht vom hinzugetretenen Phlogiston völlig zerstört wurde. Doch gelangte seine antiphlogistische Theorie erst im 19. Jahrhunderte zur allgemeinen Geltung. Ebenso zeigte Lavoisier, dass die atmosphärische Luft aus reiner oder Lebensluft und aus einem zum Leben untauglichen Gase bestehe. Mit diesem Chemiker beginnt das Zeitalter der quantitativen Chemie. Eines der kräftigsten Hilfsmittel zur Aufstellung und Verbreitung der neuen chemischen Theorie war eine auf die Theorie selbst gegründete systematische Nomenclatur, die sich auf alle chemischen Verbindungen erstreckte.

Hierauf stellte Dalton in England (1804), nachdem in Deutschland schon Wenzel (1777) und Richter (1792) auf die bestimmten Verhältnisse in chemischen Verbindungen hingewiesen hatten, die atomistische Theorie auf. Bald nach der Bekanntmachung von Dalton's System fand Gay-Lussac die Theorie der Volume.

Davy, Faraday und Berzelius (geb. 1729) wurden durch die elektrolytischen Gesetze veranlasst, die chemische Verwandtschaft auf die elektrische Anziehung zurückzuführen und begründeten die elektrochemische Theorie. Berzelius in Schweden stellte die Lehre von den chemischen Proportionen fest. Auch hat er sich durch zweckmäßige Formeln ein besonderes Verdienst um die Chemie erworben. Noch sei erwähnt, dass Schönbein in Basel (1839) das Ozon entdeckte, und Liebig in Gießen (1840) wichtige Aufschlüsse über den Ernährungsprocess der Pflanzen und Thiere gab. Der Spectralanalyse haben wir an anderer Stelle gedacht.