

Hilfsbuch
für
Zoll- und Steuerbeamte

zum Verständniß
des
amtlichen Waarenverzeichnisses und der amtlichen Abfertigungen.

Von

Dr. B. Weinstein,
Regierungsrath,
Mitglied der Kaiserl. Normal-Messungs-Kommission.

Mit 32 in den Text gedruckten Abbildungen.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1894.

ISBN 978-3-642-51204-9 ISBN 978-3-642-51323-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-51323-7

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1894

Vorwort.

Das vorliegende Werk verfolgt den Zweck, den Zoll- und Steuerbeamten das Verständniß der von ihnen auszuführenden technischen Arbeiten zu vermitteln, indem es sie in denjenigen Wissensgebieten unterrichtet, welche bei diesen Arbeiten in Betracht kommen. In meiner amtlichen Thätigkeit habe ich oft genug die Erfahrung zu machen Gelegenheit gehabt, daß zur Ausführung selbst ihrem Gange nach vorgeschriebener Untersuchungen, Uebung allein und Kenntniß der Bestimmungen nicht immer ausreichen, daß vielmehr dazu eine genügende Einsicht in die Grundlagen der Untersuchung erforderlich ist. Es zeigen sich auch stets diejenigen Beamten als die tüchtigsten, welche eine solche Einsicht besitzen. Nicht allein vermögen sie die ihnen obliegenden Arbeiten rascher auszuführen, weil sie sie geschickter anordnen, als diejenigen, denen diese Einsicht mangelt, sondern sie wissen auch in schwierigeren Fällen Rath und bedürfen keiner zeitraubenden Erläuterungen und Fragestellungen. Auch die Sicherheit der Ergebnisse und Entscheidungen wird durch Vorhandensein ausreichender Kenntnisse nur gewinnen können. Die Untersuchungen, welche den Zoll- und Steuerbeamten obliegen, sind allmählig so mannigfaltiger Art und so umfangreich geworden, daß Beamte, welche hierzu nicht genügend vorgebildet sind oder sich nicht selbst die nöthigen Kenntnisse verschaffen, in keiner Weise mit denen wetteifern können, welche sich unterrichtet zeigen. Das Auskunftsmittel, schwierigere Untersuchungen den sogenannten amtlichen Chemikern zu überweisen, scheint mir nicht im Interesse der Steuerbehörden zu liegen, da dadurch viel Zeit verloren geht und erhebliche Kosten erwachsen, sowie eine Abhängigkeit von Hilfskräften entsteht, über welche die Behörden nicht frei verfügen können. Es ist zuzugeben, daß manche Untersuchungen besser von dem hierin besonders geschulten Fachmanne ausgeführt werden. Bei genügender Vorbildung unserer Beamten lassen sich aber diese Untersuchungen auf eine sehr geringe Zahl einschränken.

Die technischen Arbeiten der Zoll- und Steuerbeamten liegen größtentheils auf chemischem und physikalischem Gebiete, erfordern also wesentlich Kenntnisse in der Chemie und Physik. Doch kommt in manchen Fällen auch die Technik in Frage. Ueber Chemie, Physik und Technik giebt es nun allerdings Werke in Unzahl. Allein diese Wissenschaften sind so umfangreich, daß das Studium der allgemeinen Werke hierüber ungemein mühsam und zeitraubend ist. Dazu kommt noch, daß jeder besondere Beruf auch besonderer Lehren bedarf, die in den allgemeinen Werken nicht immer zu finden sind. Für die Zoll- und Steuerbeamten sind diese Wissenschaften, möglichst umfassend und doch mit Rücksicht auf ihre besonderen Bedürfnisse, meines Wissens noch nicht bearbeitet. Ich habe in dem vorliegenden Werke den Versuch dazu gemacht und hoffe, daß er nicht fehlgeschlagen ist. Die Lehren der Chemie und Physik wird der Leser darin ziemlich vollständig finden. Ebenso findet er eine hinreichende Anzahl von Angaben aus den für seine Arbeiten wichtigen Gebieten der Technik. Besonderen Werth habe ich darauf gelegt, so einfach und klar als nur möglich zu schreiben; doch habe ich deshalb die schwierigeren Lehren der Physik, die man sonst nicht ohne Beihilfe eingehender mathematischer Betrachtung darlegen zu können glaubt, nicht übergangen, sondern sie in leicht faßlicher Form ohne jede mathematische Beihilfe darzustellen gesucht. So glaube ich, wird der Leser in dem Buche von den allgemeinen Lehren nichts vermissen, was in den großen Werken in genauerer Ausführung enthalten ist. Seinen besonderen Bedürfnissen als Steuerbeamter habe ich dadurch Rechnung getragen, daß ich alle diese Lehren mit Rücksicht auf die von ihm auszuführenden technischen Arbeiten vorgetragen habe, es ist überall auf diese Arbeiten hingewiesen. Doch hebe ich nochmals besonders hervor, daß das Buch dazu bestimmt ist, das Verständniß der Arbeiten zu fördern; eine Beschreibung der Arbeiten brauchte nicht gegeben zu werden, da hierfür allein die amtlichen Anleitungen maßgebend sind.

Das Werk zerfällt in zwei Theile. Der erste Theil enthält, außer einer Beschreibung der Eigenschaften der Körper, die Chemie, vermehrt durch Angaben aus der Technik. Dieser Theil soll vornehmlich das Verständniß des amtlichen Waarenverzeichnisses vermitteln, es ist deshalb überall auf dieses Verzeichniß Rücksicht genommen und es sind bei der Nennung der einzelnen Körper die entsprechenden Nummern des deutschen Zolltarifs in Klammern beigefügt. Daß dieser Theil auf etwa 140 Seiten keinen

Kommentar zum amtlichen Waarenverzeichniß geben kann, ist selbstverständlich. Ein solcher Kommentar ist auch bereits vorhanden in dem vorzüglichen Werke von Appelt-Behrend. Freilich setzt dieser Kommentar eingehende Kenntnisse in der Chemie bereits voraus, die, wie ich hoffe, der Leser aus dem vorliegenden Buche in hinreichendem Maaße gewinnen wird. Daß auch in dem vorliegenden Buche ganze Klassen von Körpern des Waarenverzeichnisses erklärt sind, ist nur zu erwähnen. Der zweite Theil umfaßt die Lehren der Physik und ist mit Rücksicht auf die amtlichen Abfertigungen geschrieben. Er enthält also die grundlegenden Lehren, welche zum Verständniß dieser Abfertigungen nöthig sind, verfolgt jedoch zum Theil auch rein unterrichtende Zwecke. Uebrigens sind die Materien nicht in der Weise streng getrennt, daß der erste Theil lediglich das Verständniß des Waarenverzeichnisses, der zweite nur die der Abfertigungen zum Zwecke hätte. Vielmehr bringt jeder Theil Belehrung sowohl hinsichtlich des Waarenverzeichnisses, als auch hinsichtlich der Abfertigungen. Ein sehr genaues und vollständiges Register dürfte die Brauchbarkeit des Buches nicht unerheblich vermehren.

Berlin im Juni 1894.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

(Die eingeklammerten Kursivziffern bezeichnen die Nummern der Artikel).

	Seite
Erster Theil: Allgemeine Eigenschaften und die Zusammensetzung der Körper (1—191)	1
Erstes Kapitel: Allgemeine Beschaffenheit der Körper (1—32)	3
1. Die Aggregatzustände (1—3)	3
2. Die festen Körper (4—13)	4
3. Die Flüssigkeiten und die weichen Körper (14—22)	11
4. Die Gase und Dämpfe (23—29)	18
5. Masse und Dichtigkeit (30—32)	22
Zweites Kapitel: Zusammensetzung und Zerlegung der Körper (Allgemeine Chemie) (33—55)	25
1. Zusammensetzung der Körper aus Elementen (33—34)	25
2. Chemische Gesetze (35—40)	26
3. Chemische Verbindungsgewichte und Formeln (41—45)	29
4. Mittel zur Herbeiführung chemischer Umsetzungen (46—51)	33
5. Werthigkeit der Elemente (52)	39
6. Atome und Molekel (53—55)	40
Drittes Kapitel: Die Elemente und die aus ihnen gebildeten Körper (Specielle Chemie) (56—191)	42
1. Eintheilung der Körper und Elemente (56—57)	42
2. Die Nichtmetalle Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und ihre Verbindungen (58—75)	43
a) Sauerstoff (58—60)	43
b) Stickstoff (61—68)	45
c) Wasserstoff (69—72)	49
d) Kohlenstoff (73—74)	51
3. Die organischen Körper (75—135)	53
a) Die Kohlenwasserstoffe (75—80)	53
b) Die Alkohole, Aether, Ester und Aldehyde (81—88)	58
c) Die fetten Säuren, fetten Oele, Fette und Seifen (89—97)	62
d) Nicht fette organische Säuren (98—102)	67
e) Die Kohlehydrate und Glukoside (103—115)	70
f) Wein und Bier (116—117)	79
g) Aetherische Oele, Harze, Gummis, Lacte (118—120)	82
h) Die organischen Farben (121—128)	84

	Seite
i) Pyridinbasen und Alkaloide (129—130)	89
k) Eiweißstoffe (131—135)	91
4. Die unorganischen Stoffe (136—191)	94
a) Die Halogene und ihre Verbindungen (136—140)	94
b) Schwefel (141—144)	96
c) Selen, Tellur, Bor, Antimon, Arsen (145—147)	98
d) Phosphor (148)	99
e) Silicium (149—151)	100
f) Die Metalle und ihre Verbindungen (152—191)	102
Zweiter Theil: Die Kräfte und Erscheinungen in der Natur (192—425) .	135
Erstes Kapitel: Von den allgemeinen Eigenschaften der Kräfte (192—219)	137
1. Von den Veränderungen in der Natur und ihren Ursachen (192—195)	137
2. Von den Bestimmungsgrößen einer Kraft (196—200)	139
3. Gesetz von der Erhaltung der Kraft (201—205)	142
4. Wirkung und Gegenwirkung, innere Kräfte und äußere (206 bis 207)	147
5. Unabhängigkeit der Kraftwirkungen, Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte (208—213)	149
6. Gleichgewicht und Wirkung der Kräfte (214—219)	156
Zweites Kapitel: Von den Bewegungen und den mechanischen Kräften (220—256)	160
1. Von den Bewegungen (220—226)	160
2. Druck-, Zug- und Stoßkräfte (227—228)	166
3. Von der Schwerkraft der Erde (229—251)	167
a) Vertheilung auf der Erde (229—232)	167
b) Schwerpunkt (233—234)	171
c) Die Waage (235—238)	173
d) Gleichgewicht und Auftrieb der Flüssigkeiten und Gase (239—248)	175
e) Fallgesetze, Pendelbewegung (249—251)	181
4. Die allgemeine Schwerkraft (Gravitation), Weltsystem (252 bis 254)	184
5. Kohäsion und Adhäsion (255—256)	189
Drittes Kapitel: Von dem Licht (Optik) (257—335)	190
1. Lichtquellen (257—258)	190
2. Ausbreitung des Lichts (Schatten- und Lichtvertheilung) (259 bis 262)	192
3. Sichtbarkeit, Lichtgeschwindigkeit (263—266)	195
4. Reflexion, Spiegelbilder (267—274)	198
5. Brechung, optische Apparate (275—298)	206
a) Gesetze der Brechung (275—283)	206
b) Das Auge (284—288)	211
c) Lupen, Fernrohre, Mikroskope (289—298)	215
6. Farbenzerstreuung (Dispersion) (299—303)	222
7. Spektralanalyse (304—307)	225

	Seite
8. Umwandlungen des Lichts (308—310)	227
9. Doppelbrechung (311—312)	230
10. Polarisation (313—316)	232
11. Drehung der Polarisationsebene (317—322)	236
12. Polarimeter (323—326)	240
13. Wellenlehre des Lichtes (Undulationstheorie) (327—335)	244
a) Das Licht als Wellenbewegung (327—332)	244
b) Strahlen, Interferenz, Beugung (333—335)	249
Viertes Kapitel: Vom Schall und den Tönen (Akustik) (336—346)	251
1. Töne und Geräusche (336—338)	251
2. Tonleitern (339—342)	253
3. Akkorde, Klangfarbe, Resonanz (343—346)	255
Fünftes Kapitel: Von der Wärme (347—385)	258
1. Wärme und Wärmequellen (347—353)	258
2. Ausbreitung der Wärme, Strahlung, Leitung (354—356)	260
3. Fühlbare Wärme, Arbeitswärme, Temperatur (357—358)	262
4. Ausdehnung durch Wärme, Thermometer (359—370)	262
5. Schmelzung und Verdampfung (371—377)	270
6. Verdunstung, Nebel, Wolken, Regen (378—379)	275
7. Verflüssigung, kritische Temperatur (380)	277
8. Arbeit durch Wärme, mechanisches Wärmeäquivalent (381—384)	279
9. Uebergang der Wärme, Carnot'sches Princip, absolute Temperatur (385)	282
Sechstes Kapitel: Von den magnetischen und elektrischen Kräften (386 bis 425)	283
1. Magnetische und elektrische Anziehung und Abstoßung, Arten von Elektrizität und Magnetismus (386—388)	283
2. Erdmagnetismus (389—391)	285
3. Natürliche Magnete, Magnetisirung, Elektrisirung (392—393)	286
4. Ausbreitung der Elektrizität (394—397)	288
5. Influenz der Elektrizität und des Magnetismus (398—403)	290
6. Elektrische Ströme und Magnete, Wirkungen (404—420)	295
a) Treibende Kraft, Widerstand (404—406)	295
b) Wärme-, Licht-, elektrolytische, physiologische Wirkung (407 bis 409)	296
c) Elektrodynamische und elektromagnetische Wirkungen (410 bis 412)	299
d) Induktionswirkungen (413—415)	301
e) Elektrotechnik, Telegraphie, Elektrotherapie (416)	303
f) Wirkung auf Licht, Beziehung zwischen Elektrizität und Magnetismus, Kraftlinien (417—419)	304
g) Verbreitung elektromagnetischer Störungen (420)	305
7. Stromquellen (421—425)	306
a) Elemente, Thermo- und Kontaktelektrizität (421—423)	306
b) Polarisation, Akkumulatoren (424—425)	308
Namen- und Sach-Register	311

Erster Theil.

Allgemeine Eigenschaften
und
Zusammensetzung der Körper.

Erstes Kapitel.

Allgemeine Eigenschaften der Körper.

1. Die Aggregatzustände.

1. Die Gegenstände in der Natur sind entweder fest, oder flüchtig, oder gasförmig; man unterscheidet deshalb feste Körper, Flüssigkeiten und Gase. Feste Körper leisten jeder Veränderung ihrer Form Widerstand, Flüssigkeiten und Gase nur nach gewissen Richtungen hin. Manche Körper können weder als fest noch als flüchtig bezeichnet werden, sie stehen in der Mitte zwischen festen und flüssigen Körpern und heißen weiche Körper; z. B. Wachs, Butter. Andere wieder weder Gase noch Flüssigkeiten, oder vielmehr sie haben die Eigenschaften zum Theil von Gasen, zum Theil von Flüssigkeiten. Solche Körper heißen Dämpfe. Der weiche Zustand bildet also den Uebergang vom festen zum flüssigen, der dampfförmige denjenigen vom flüssigen zum gasförmigen. Jeder Körper kann sich je nach den Umständen in einem der fünf genannten Zustände befinden. Diese Zustände, insbesondere der feste, flüssige und gasförmige Zustand, heißen auch Aggregatzustände. Ob ein Körper sich in dem einen oder dem andern Zustand befindet, hängt hauptsächlich von seiner Wärme ab. Beispielsweise ist Wasser unter 0 Grad Wärme fest und heißt Eis, von 0 Grad bis es zu kochen anfängt, flüchtig, darüber hinaus dampfförmig und zuletzt bei sehr hohen Temperaturen gasförmig.

2. Der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand heißt Schmelzung, aus dem flüssigen in den dampfförmigen Verdampfung oder Verdunstung. Den Uebergang aus dem dampfförmigen in den flüssigen nennt man Verflüssigung oder Kondensation, den aus dem flüssigen in den festen Gefrierung oder Erstarrung. Der ganze Vorgang vom Verdampfen bis zum Wiederverflüssigen heißt Destillation. Der Uebergang von dem einen Zustand in den anderen geschieht oft so plötzlich, daß die Zwischenzustände gar nicht zum Vorschein kommen. Namentlich gilt das von dem Uebergang aus dem festen Zustand in den flüssigen, während zwischen dem flüssigen und gasförmigen der dampfförmige nicht fehlt. So giebt es z. B. kein weiches Eis als Uebergang vom

festen Wasser zum flüssigen, wohl aber Wasserdampf als Uebergang vom flüssigen Wasser zum gasförmigen. Auch kommt es vor, daß feste Körper gleich in den dampfförmigen oder gasförmigen Zustand übergehen können, ohne erst flüssig zu werden, sie verdunsten dann ebenso wie Wasser. Dieses ist z. B. der Fall beim Eis, manchen Metallen und bei vielen starkriechenden Körpern, wie Kampher. Wir nennen solche Körper flüchtige und den unvermittelten Uebergang vom festen Zustand in den dampfförmigen die Verflüchtigung. Der ganze Vorgang vom Verflüchtigen eines festen Körpers bis zum Kondensiren in einen festen Körper heißt Sublimation.

3. Die Aenderung des Aggregatzustandes kann vielfach mit Vortheil zur Trennung von Körpern verschiedener Art angewendet werden, und wird auch dazu in der Industrie benutzt. Indem nämlich verschiedene Körper bei verschiedenen Temperaturen erstarren und verdampfen, werden in einer Mischung von solchen Körpern bei allmählicher Herabsetzung bezw. Erhöhung der Temperatur die einzelnen Körper nach einander erstarren bezw. verdampfen und darum sich von einander trennen. So scheidet man Wasser von seinen Salzbeimengungen, indem man es so lange erhitzt, bis es zu verdampfen beginnt. Die Salze verdampfen nicht mit, der Dampf ist also reiner Wasserdampf; schlägt man ihn durch Abkühlen nieder, so hat man reines (sogenanntes destillirtes) Wasser. Die Trennung mehrerer verschiedener Körper durch Destillation nennt man fraktionirte Destillation. Geschieht diese Destillation unter Luftabluß und nicht aus flüssigem, sondern aus halbflüssigem oder gar festem Zustand heraus, so heißt sie trockene Destillation. Durch fraktionirte Destillation gewinnt man z. B. die Produkte aus dem Kohlpetroleum, die Benzine, Leuchtöle, Schmieröle u. s. f., durch trockene Destillation z. B. die Produkte aus den Steinkohlen, dem Holz (z. B. Holzessig), den Braunkohlen, dem Torf u. s. f. Auch die früher schon erwähnte Sublimation, welche ja gleichfalls eine Art Destillation ist, wird zum Trennen vermengter Körper benutzt, z. B. beim Indigo zum Ablösen des flüchtigen Farbstoffs von nicht flüchtigen Verunreinigungen. Die Bedeutung der Trennung durch Erstarrenlassen werden wir später kennen lernen.

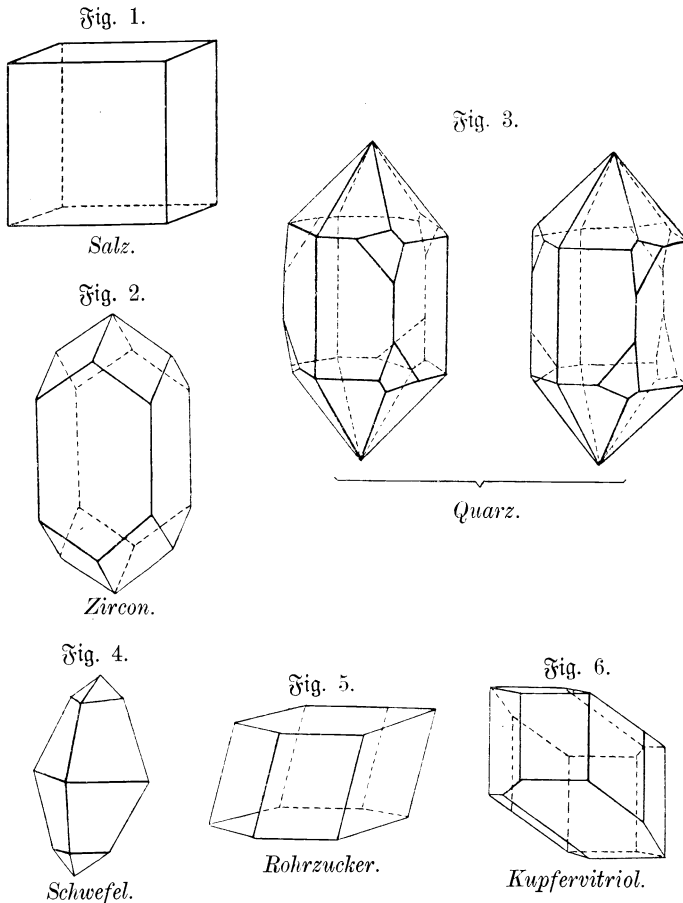
2. Die festen Körper.

4. Feste Körper setzen jeder Veränderung ihrer Form Widerstand entgegen, man kann sie ohne Anwendung von Kraft weder zertheilen, noch ausdehnen, noch zusammendrücken, biegen oder drillen. Es erfordern deshalb die Werkstätten, in denen feste Körper in bestimmte Formen gebracht (façonirt) werden sollen, große Mittel an Maschinen und Kraft. Weil aber die festen Körper eine Form, die sie einmal bekommen haben, auch festhalten, sind sie ganz besonders geeignet zur

Herstellung von solchen Gegenständen, bei denen es auf Erhaltung der Form gerade ankommt. Von Natur ist die Form der festen Körper im Allgemeinen eine zufällige, es kommt ganz auf die Verhältnisse, unter denen etwa ein Stein entstanden ist, an, ob er die eine oder andere Form aufweist. In Flußthälern z. B. sind die meisten Steine abgerundet und haben die Form von mehr oder weniger regelmäßigen kugelartigen, oder flachen Gebilden, in den Gebirgen dagegen findet man die Gesteine meist scharfkantig und eckig. Doch giebt es auch Körper, welche von vornherein stets dieselbe Form haben, falls sie nicht nachher zerbrochen oder zerschlagen werden. Dahin gehören die durch die belebte Natur gebildeten, wie Knochen, Glieder, Blätter, Stämme u. s. f. und von der unbelebten Natur die Krystalle. Wir nennen die ersteren organisirte feste Körper, die anderen krystallinische Körper, die keine natürliche Form besitzen, heißen gestaltlos (amorph). Es giebt auch Körper, die im Ganzen gleichfalls gestaltlos erscheinen, ohne es in ihren einzelnen Theilen zu sein. Sie bestehen dann aus einem Gemenge oder Gefüge von, oft regelmäßig gelagerten, kleinen Krystallen, sie haben krystallinisches Gefüge. Manche Körper können bald gestaltlos, bald in bestimmter Gestalt als Krystalle auftreten, wie z. B. der Schwefel, das Selen u. a. m. Sie wechseln dann auch ihre Eigenschaften und heißen vielgestaltig (polymorph). Wieder andere können durch stetige Einwirkung von außen allmählig krystallinisches Gefüge erhalten, wenn sie auch früher kein solches Gefüge besaßen. So wird Stahl, welcher zunächst amorph ist, bisweilen krystallinisch, namentlich wenn er wiederholte Erschütterungen erfährt, wie das der Fall ist bei den Achsen der Eisenbahnwagen. Er ist dann brüchiger als im gestaltlosen Zustand.

5. Die organisirten Formen der festen Körper sind sehr mannigfaltig. Wir erwähnen nur, daß sie aus kleinen Zellen der verschiedensten Gestalt zusammengesetzt sind und kompakte Massen, Gewebe und Fasern aufweisen. Die Krystalle dagegen lassen sich alle auf gewisse wenige Formen zurückführen, deren Untersuchung dem Wissensgebiete der Krystallographie angehört. Man kennt sechs Systeme von Krystallformen, in die sich alle vorkommenden Krystalle einreihen. Alle Krystallformen sind von ebenen Flächen und geraden Linien begrenzt und sind mathematisch genau berechenbar, im Gegensatz zu den organischen Formen, welche hauptsächlich durch krumme und gewundene Flächen und Linien begrenzt werden und äußerst unregelmäßig sind. Als bekannteste Krystallformen nennen wir den Würfel (Steinsalz), die von ebenen Facetten gebildete Form des natürlichen Granates, die Pyramide, die von vier Flächen und sechs Flächen begrenzt sein kann, das viereckige oder sechseckige Prisma (Balkenform) u. s. f. Vielfach sind in einem Krystall mehrere dieser Formen vereinigt; ein voll-

ständiger regelmäßiger Bergkry stall besteht z. B. aus einem sechskantigen Prisma, auf dessen Enden zwei sechskantige Pyramiden aufgesetzt sind. Diese Formen können gerade oder schief sein, kurz es herrscht trotz der anscheinend vorhandenen Beschränktheit doch große Mannigfaltigkeit. Einige Kry stallformen sind hier dargestellt, und zwar ist aus jedem der sechs Systeme eine Form herausgegriffen (Fig. 1 bis 6). Nicht immer



sind die Kry stallen vollständig ausgebildet; vollkommene Kry stallen gehören sogar zu den Seltenheiten und werden theuer erkauft. Im Allgemeinen kommt jeder kry stallinische Körper nur in einer Kry stallform vor, oder genauer gesprochen, kry stallisirt er nur in einem der sechs Systeme, doch giebt es auch Ausnahmen von dieser Regel. Solche Körper heißen dann vielgestaltig (polymorph). Gewisse Richtungen in den Kry stallen sind besonders bevorzugt, indem die Kry stallen in diesen Richtungen besondere Eigenschaften zeigen, von denen wir späterhin manche

kennen lernen werden. Bei dem vorhin erwähnten Bergkry stall ist z. B. die Richtung von Spitze zu Spitze der Endpyramiden und jede dazu parallele Richtung eine solche bevorzugte. Man nennt sie gewöhnlich Axen der Kry stallen, muß dann aber angeben, für welche Eigenschaften sie Axen bilden sollen. Am leichtesten erkennbar sind die Gestaltaxen, welche von Ecke zu Ecke oder von Mitte einer Kante oder Fläche zur Mitte einer anderen Kante oder Fläche gehen. Es giebt aber auch Elasticitätsaxen, optische Axen, Wärmeaxen u. s. f., deren Bedeutung zum Theil später klar werden wird.

6. Die Kry stallen bilden sich aus Flüssigkeiten, in denen die festen Substanzen aufgelöst enthalten sind, oder auch aus geschmolzenen Massen. Die erstere Bildungsweise, die auf nassem Wege, ist die bekannteste und am leichtesten zu studirende. Löst man z. B. Salz in Wasser auf und läßt nachher das Wasser verdunsten, so bleibt das Salz in kleinen Kry stallen zurück. Die Kry stallbildung wird befördert, wenn man in die Lösung fertige Kry stallen hineinthat oder Fäden hineinhängt, um welche herum sich die Kry stallen dann ansetzen. Auf diese Weise kann man sehr schöne und große Salz-, Alaun-, Zucker- und andere Kry stallen erzielen. Die zweite Art der Bildung, die auf feurigem Wege, ist noch wenig studirt und nicht leicht zu verfolgen, sie kommt jedoch in der Natur gleichfalls vor. Das Kapitel der Kry stallbildung ist für die Geschichte der Erde und ihrer Gebirge von großer Bedeutung und beschäftigt demzufolge Geologen und Mineralogen auf das eifrigste, hier genügt jedoch das oben Gesagte.

Weil die verschiedenen Körper im Allgemeinen in verschiedenen Formen kry stallisiren, trennen sich mehrere aus einer Flüssigkeit kry stallisirende Körper beim Kry stallisiren von einander. Dieses bietet ein gutes Mittel, Körper, die mit einander so vermischt sind, daß man sie mechanisch nicht von einander trennen kann, doch von einander zu scheiden, um sie einzeln zu gewinnen (Art. 2). Man löst sie in Wasser oder einer anderen Flüssigkeit auf und läßt das Wasser oder die Flüssigkeit, nöthigenfalls durch Erwärmung, verdunsten. Die verschiedenen Stoffe kry stallisiren dann einzeln für sich. Auf diese Weise verfährt man beim Gewinn gewisser Stoffe (z. B. Soda) im Großbetriebe. Auch aus geschmolzenen Massen kry stallisiren die Stoffe einzeln aus, so daß die verschiedenen Körper einzeln in besonderen Kry stallen hervortreten; z. B. besteht Granit aus einem Gemenge von Kry stallen mehrerer Körper (Feldspath, Quarz, Glimmer u. s. f.), die man durch bloßen Augenschein von einander unterscheiden kann.

7. Läßt man auf feste Körper Kräfte wirken, so verändern sie mehr oder weniger ihre Form. Manche feste Körper nehmen dann bei nicht zu starken Kräfteinwirkungen nach Aufhören dieser Kräfteinwirkungen sofort ihre frühere Form wieder an. Solche Körper heißen

elastisch, z. B. Gummi, Elfenbein, Marmor, Stahl u. s. f. Andere wieder behalten die neue Form bei, auch wenn die Krafterwirkungen aufgehört haben. Solche Körper heißen weiche Körper, z. B. Blei, Thon u. s. f. Es giebt weder ganz elastische noch ganz weiche Körper, da einerseits kein Körper vollständig in die frühere Form zurückkehrt, nachdem die Kraft zu wirken aufgehört hat, und andererseits jeder Körper ein wenig von der früheren Form zurückerlangt.

Wenn die Krafterwirkung zu groß ist, dann werden die Körper je nach den Umständen zerdrückt, zerrissen oder zersplittert. Darauf beruht die Bearbeitung der festen Körper mittelst Werkzeugen, z. B. das Hämmern, Pressen, Schneiden, Sägen u. s. f. zu bestimmten Formen. Dabei zeigt sich, daß manche Körper, wenn man nur genügend Kraft anwendet, sich fast in jede beliebige Form bringen lassen, z. B. Gold, Silber, Eisen; sie sind geschmeidig, dehnbar, hämmerbar, zu Draht ziehbar u. s. f. Andere dagegen splintern schon bei geringeren Krafterwirkungen, z. B. Glas, Porzellan, viele Gesteine, gewisse Stahlorten. Jene Körper bezeichnet man gewöhnlich als zähe, diese als spröde; die letzteren lassen sich nur durch gewisse Methoden, wie Schleifen oder Gießen, in bestimmte Formen bringen.

8. Der Widerstand, den ein fester Körper unseren Angriffen entgegensetzt, kann je nach der Art des Angriffs sehr verschieden groß sein. So vermag man dem Blei durch Schneiden mit Leichtigkeit jede beliebige Form zu verleihen, dagegen ist es fast unmöglich, es zusammenzupressen. Wir sprechen darum von einem Widerstand gegen Dehnen, Pressen, Schneiden, Rigen, Eindrücken, Ziehen, Aufschlagen, Biegen, Drillen u. s. f. Im Allgemeinen nennen wir Körper, welche der Formveränderung großen Widerstand entgegensetzen, hart, solche die dieses nicht thun, weich. Greift man einen Körper mit einem anderen an, so ist derjenige der härtere, der dabei die geringere Aenderung erfährt. Vorausgesetzt ist, daß beide Körper sich sonst unter gleichen Umständen befinden, also z. B. der eine nicht einen Widerhalt hat, der dem anderen fehlt. Man hat zur Beurtheilung der Härte der Materialien eine Zahl gewisser in der Natur fertig vorhandener Körper aufgestellt, die als Muster dienen. An der Spitze, als härtester Körper, steht der Diamant, den man mit keinem anderen Körper zu bearbeiten vermag als wiederum mit Diamant; es kommen dann der Reihe nach Korund, Topas, Quarz, Feldspath, Apatit, Flußspath, Kalkspath, Steinsalz, Talk. So ist Kupfer so hart wie Kalkspath, Eisen härter als Flußspath, aber weicher als Apatit, Glas wieder härter als Apatit, aber weicher als Feldspath, sehr harter Stahl härter als Feldspath und weicher als Quarz. Mit jedem dieser Musterkörper kann man jeden der folgenden Körper rigen, schleifen u. s. f. Kupfer ist deshalb härter als Talk oder Steinsalz, weil man z. B. mit einer Kupferspitze Talk und Steinsalz

rißen kann. Der Widerstand, den die Körper Formveränderungen entgegensetzen, entscheidet auch über ihre Festigkeit. In gewisser Hinsicht bietet hierfür die Härte ein Kennzeichen. Inbesseren versteht man in der Technik unter Festigkeit denjenigen besonderen Widerstand, den ein Körper der gewaltsamen Aufhebung seiner Form (nicht bloß allmählichen Aenderung) entgegensetzt, z. B. dem Zerdrücken, Zererschlagen, Zerreißen, Zerdrehen, Entzweireißen u. s. f. Hier ist die Härte allein nicht mehr maßgebend; Glas z. B. ist härter als Blei, läßt sich aber viel leichter zersplittern als dieses. Man spricht daher außer von der Härte der Materialien noch besonders von der Zug-, Druck-, Biegungs-, Dreh- (Drill-, Torsions-) und Schub- oder Scher-Festigkeit. Die Namen besagen schon, um was es sich dabei handelt.

9. Zugfestigkeit bezeichnet technisch den Widerstand gegen Zerreißung; nehmen wir dieses Wort aber allgemeiner, so bedeutet es den Widerstand gegen jede Dehnung. Zur ziffernmäßigen Vergleichung denkt man sich die Körper zu Fasern, Fäden oder Drähten gleicher Länge und gleichen Querschnitts gearbeitet, an dem einen Ende aufgehängt und an dem anderen mit Gewichten belastet. Die Zugfestigkeiten im technischen Sinne stehen im Verhältniß der Gewichte, welche angehängt werden müssen, bis die Fasern, Fäden, Drähte reißen. Vor dem Reißen tritt gewöhnlich an der Reißstelle eine stetig zunehmende Auseinanderziehung des Materials, also eine Verengerung des Querschnitts ein. Je zäher ein Material ist, um so bedeutender ist diese Querschnittsverengerung.

Einen anderen Ausdruck für die Zugfestigkeit bekommt man durch die sogenannte Reißlänge, d. h. die Länge, die man Fasern, Fäden oder Drähten geben muß, damit sie, an einem Ende aufgehängt, durch ihre eigene Last reißen. So würde ein Bleidraht bei 180 Meter Länge, ein Lederriemen bei 2700, ein Schafwollhaar bei 8300, eine Baumwollfaser bei 23000, eine Rohseidefaser bei 31000, gutes Konzeptpapier bei 3000, Kanzleipapier bei 4000, Fließpapier bei 1000 Meter Länge reißen. Aus diesen Zahlen sieht man schon, daß man praktisch die Zugfestigkeit durch die Reißlänge nicht bestimmen kann, vielmehr verfährt man immer am einfachsten in der zuerst angegebenen Weise.

10. Was die Festigkeit der Materialien gegen Dehnung überhaupt betrifft, so vergleicht man diese durch diejenigen Gewichte, welche gleiche Längen ihrer Fasern, Fäden oder Drähte bei gleichem Querschnitt um gleiche Beträge dehnen. Insbesondere nennt man diejenige Zahl von Gewichten, durch deren Zug z. B. ein Draht von bestimmtem Querschnitt um seine ganze Länge gedehnt wird, den Elasticitätskoeffizienten des Materials. So sind z. B. die Elasticitätskoeffizienten für Blei, Gold, Kupfer, Eisen, Gußstahl, falls man den hieraus

gefertigten Drähten den Querschnitt von 1 Quadratmillimeter ertheilt denkt, der Reihe nach in Kilogrammen etwa 1800, 7000, 11000, 21000, 23000; das heißt, so viel Kilogramme müßte man an Drähte dieser Materialien, welche einen Quadratmillimeter Querschnitt haben, anhängen, damit sie um ihre ganze Länge ausgezogen werden, also 1 Meter zu 2 Meter wird, 2 Meter zu 4 Meter werden u. s. f. Allerdings reißen die Drähte vorher schon, ehe auch nur entfernt die doppelte Ausdehnung erreicht ist. Indessen sind diese Zahlen nicht werthlos; sie dienen, so lange die Zerreißung nicht erfolgt ist, um die Dehnung durch irgend welche Belastung zu bestimmen, indem verschiedene Materialien bei gleicher Belastung sich im umgekehrten Verhältniß ihrer Elasticitätskoefficienten dehnen, also Blei etwa viermal so stark wie Gold und dreizehnmal so stark wie Stahl. Uebrigens ist diese Dehnung nur bei solchen Materialien nach allen Richtungen hin die nämliche, welche auch nach allen Richtungen hin gleiche Eigenschaften besitzen, wie Blei, Stahl, Glas u. s. f. Körper, bei denen das nicht der Fall ist, wie die Krystalle, die Holzarten und überhaupt die organischen Gewebe, haben nach verschiedenen Richtungen hin auch verschiedene elastische Dehnung und verschiedene Elasticitätskoefficienten; so verhält sich Holz in Richtung der Faser anders als quer dazu.

11. Die Druckfestigkeit bestimmt man gewöhnlich an würfelförmigen Stücken, indem man diese auf feste Unterlagen thut und auf sie so lange Gewichte auflegt, bis sie zerdrückt werden. Z. B. bedarf man bei hartem Stahl 80, bei Blei dagegen nur 5 Kilogramm, um einen Würfel von 1 Quadratmillimeter Querschnitt zu zerdrücken. Von dieser Druckfestigkeit gegen einseitigen Druck sehr wohl zu unterscheiden ist diejenige, welche durch den Widerstand der Materialien gegen allseitigen Druck bestimmt wird, diese ist meist außerordentlich viel größer als jene. Bei massiven festen Körpern hat sie mehr theoretisches als praktisches Interesse, bei hohlen ist sie jedoch von großer Bedeutung. Namentlich kommt die Druckfestigkeit gegen Druck von Innen nach Außen bei der Gefahr der Kesselplosionen in Frage, während jene einseitige Druckfestigkeit für Träger und Stützen (wie Pfeiler, Säulen, Wände u. s. f.) von Wichtigkeit ist. Die Biegungs- oder Bruchfestigkeit ist durch dasjenige Gewicht bestimmt, durch welches ein einseitig horizontal befestigter Stab oder Balken so stark durchgebogen wird, daß er bricht; auch sie ist technisch von außerordentlicher Wichtigkeit.

12. Der Leser wird bemerken, daß die Verhältnisse hier etwas complicirt sind, sie sind sogar noch viel complicirter, als aus der obigen Darstellung entnommen werden könnte. Namentlich muß hervorgehoben werden, daß jede Festigkeit eines Körpers außer von seinem Material auch von seiner Form und seinen Abmessungen abhängt, daß also Zahlen

für Festigkeiten verschiedener Körper nur dann mit einander vergleichbar sind, wenn sie sich auf ganz dieselbe Form, ja auf genau dieselben Abmessungen, wie Länge, Breite, Dicke, beziehen.

So lange jedoch die Kräfte nicht so groß sind, daß sie eine Zerstörung des Zusammenhanges des festen Körpers herbeiführen, sind die durch sie bewirkten Formveränderungen im Allgemeinen nicht bedeutend, falls nicht etwa der Körper sehr dünn gezogen oder gewalzt ist. Insbesondere gilt dieses von der Zusammendrückbarkeit und Ausdehnung, beide sind, wenige besondere Substanzen, wie z. B. Gummi, ausgenommen, nur gering. Ein Eisendraht reißt eher, als daß er sich in einigem zu seiner Länge in Betracht kommenden Verhältniß ausziehen ließe. Das Ziehen der Drähte durch die Ziehheisen und das Walzen und Aushämmern von Blechen ist damit nicht zu verwechseln, weil dabei nicht eine Ausdehnung des Metalls erfolgt, sondern lediglich eine Vertheilung einer vorhandenen Menge auf eine große Länge oder Fläche, wie etwa Butter auseinander gestrichen wird.

13. Die festen Körper verhalten sich im Allgemeinen abwehrend gegen das Eindringen anderer Körper in ihre Substanz. Manche Körper nehmen jedoch Flüssigkeiten und Gase gerne auf. Gewisse feste Körper sind nach Wasser so begierig, daß sie es allen sie umgebenden Körpern entziehen. So rafft das salzartige Chlorcalcium alle Feuchtigkeit der umgebenden Luft an sich, thut man es in Branntwein, so entzieht es ihm den Wassergehalt u. s. f. Auch viele thierische Gewebe haben besondere Neigung zur Flüssigkeitsaufnahme, z. B. Hölzer, Elfenbein, Haare. Wir nennen solche Körper hygroskopisch. Vielfach ändern sie durch die Wasseraufnahme ihren Aggregatzustand, sie zerfließen, dieses ist bei dem vorgenannten Chlorcalcium der Fall; in anderen Fällen behalten sie zwar ihre feste Form, erleiden jedoch Veränderungen in ihrer Länge, Dicke oder Breite. Gase werden von festen Körpern in das Innere ihrer Substanz, falls sie nicht etwa porös sind, nur selten aufgenommen, meist werden sie nur an der Oberfläche verdichtet. Doch giebt es Körper, welche sich durch ihr ganzes Innere mit Gasen erfüllen können, so das Metall Palladium mit dem Gase Wasserstoff.

3. Die Flüssigkeiten und die weichen Körper.

14. Flüssigkeiten können in eine bestimmte Form nur dadurch gebracht werden, daß man sie in ein Gefäß von dieser Form hineinthut. Ist dieses Gefäß rings geschlossen und füllen sie dieses ganz aus, so haben die Flüssigkeiten genau die Form dieses Gefäßes. Ist das Gefäß offen, oder füllen sie das Gefäß nur zum Theil aus, so stellt sich der freie Theil ihrer Oberfläche stets in bestimmter Weise ein und zwar immer unabhängig von der Form des Gefäßes. Nur unmittelbar an

der Wand des Gefäßes wird auch die freie Oberfläche der Flüssigkeiten durch diejenige des Gefäßes mitbestimmt, indem die Flüssigkeiten an dieser Wand emporsteigen, wie das bei Wasser geschieht, wenn es sich in einem Glasgefäß befindet, oder indem sie an der Wand herunter-sinken, wie das bei Quecksilber an der Wand eines Glasgefäßes ein-tritt. Sind die Gefäße sehr eng, so hängt die ganze freie Oberfläche von deren Beschaffenheit und Abmessungen ab.

So z. B. steigt Wasser in einem engen Glasrohr, welches in ein mit dieser Flüssigkeit gefülltes Gefäß eingesenkt ist, empor, und um so höher empor, je enger das Rohr ist, und es endet in einer halbkugel-förmig vertieften freien Oberfläche. Quecksilber dagegen wird in einem solchen Rohr, wenn dieses in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß ein-gesenkt wird, unter die Oberfläche des im Gefäß befindlichen Queck-silbers hinabgedrückt und endet in einer erhöhten Halbkugel. Man nennt die vertiefte Halbkugel des Wassers und die erhöhte Halbkugel des Quecksilbers den Meniskus. Senkt man andererseits in eine Flüssig-keit einen Körper hinein, so steigt die Flüssigkeit auch außen an ihm in die Höhe, oder geht an ihm nach unten. Sie bildet einen Wulst oder einen vertieften Kanal um ihn herum; der Wulst und der Kanal laufen nach dem Körper hin scharf zu. Der Wulst, den der Steuerbeamte an jedem Alkoholometer oder Uräometer sieht, wenn er diese Instrumente in die betreffenden Flüssigkeiten hineingesenkt hat, hängt sich an den Körper an und bewirkt, daß dieser in die Flüssigkeit mehr hineingezogen wird, als es sonst der Fall sein würde. Der Kanal dagegen drückt den Körper aus der Flüssigkeit heraus. Die Kraft, mit der das Herunterziehen des Körpers durch den Wulst und das Heraus-drücken durch den Kanal geschieht, wächst in demselben Verhältniß, wie der Umfang des Körpers an der Stelle, wo der Wulst oder Kanal an ihm enden. Sie ist außerdem abhängig von der Beschaffenheit der Flüssigkeit und von derjenigen des Körpers, namentlich von der Be-schaffenheit der Oberfläche an der Stelle des Wulstes oder des Kanals.

15. Weil man die soeben beschriebenen Erscheinungen (zu denen noch manche andere gehören, wie die Bildung von Tropfen, von Blasen, von Flüssigkeitshäutchen, von Seifenblasen u. s. f.) hauptsächlich in engen Haarröhrchen untersucht hat, nennt man ihre Ursache die Haar-röhrchenkraft oder Kapillarität. Insoweit diese Erscheinungen durch die Beschaffenheit der Flüssigkeiten bestimmt sind, spricht man von den Kapillaritätskonstanten der Flüssigkeiten. Sie sind diejenigen Zahlen, mit denen man den inneren Umfang eines Röhrchens an der Stelle, wo der Meniskus aufhört, oder den äußeren Umfang eines Kör-pers an der Stelle, wo der Wulst oder der Kanal ihn schneidet, multi-pliciren muß, um, bei ganz reiner Oberfläche, die daran hängende oder heruntergedrückte Flüssigkeitsmenge zu erhalten. Für Wasser z. B.

beträgt diese Zahl, wenn man den Umfang des Rohres oder des Körpers in Millimetern angiebt, 7,5. In einem Rohr von einem inneren Durchmesser von $\frac{1}{10}$ Millimeter, d. i. einem inneren Umfange von etwa $\frac{3}{10}$ Millimeter, würden also etwa $\frac{3}{10} \times 7,5$, das ist $2\frac{1}{4}$ Milligramm Wasser emporsteigen, wenn es in ein Gefäß voll Wasser eingesenkt wird. Ähnlich würde an einem Glasstab, dessen Durchmesser 5 Millimeter, dessen Umfang also etwa 16 Millimeter beträgt, im Wasser ein Wulst von $16 \times 7,5$, das ist von 120 Milligramm, ansteigen.

Die Höhe, bis zu welcher eine Flüssigkeit vermöge der Kapillarität ansteigt, oder die Tiefe, bis zu der sie herabsinkt, heißt die Steighöhe bzw. die Senkungstiefe. In engen Röhren nehmen Steighöhe und Senkungstiefe in demselben Maaße zu, wie der Durchmesser der Röhren abnimmt; Wasser steigt also in einer Röhre von $\frac{1}{10}$ Millimeter Durchmesser doppelt so hoch, wie in einer Röhre von $\frac{2}{10}$ Millimeter Durchmesser. Multiplicirt man die Steighöhe oder die Senkungstiefe mit dem Durchmesser, so bekommt man also bei einer und derselben Flüssigkeit immer dieselbe Zahl. Diese Zahl ist das Vierfache der Kapillaritätskonstante.

16. Von den Erscheinungen der Kapillarität hängen diejenigen der Benetzung der Körper ab. Bezeichnet man als Randwinkel denjenigen Winkel, unter welchem die Flüssigkeitsoberfläche in die Wand eines aus ihr herausragenden Körpers oder des umgebenden Gefäßes einschneidet, also den Winkel, welchen die Oberfläche der Flüssigkeit mit dem innerhalb der Flüssigkeit befindlichen Theil der Wand des Körpers oder des Gefäßes bildet, so findet eine Benetzung des Körpers statt, wenn dieser Winkel spitz ist; dagegen ist keine Benetzung vorhanden, wenn dieser Winkel stumpf ist. Im ersten Fall steigt die Flüssigkeit an der herausragenden Körper- oder Gefäßwand an und bildet daselbst den Wulst, im zweiten Fall sinkt sie herab und bildet daselbst den vertieften Kanal. Je spitzer der Randwinkel ist, desto besser wird der Körper von der Flüssigkeit benetzt. Die Größe dieses Randwinkels hängt ab von der Natur der Flüssigkeit und der Natur des Körpers an der benetzten Stelle. Eine und dieselbe Flüssigkeit kann also einen Körper mehr oder weniger benetzen, je nach dem Zustande seiner Oberfläche. So wird reines Glas von Wasser vollständig benetzt, bringt man also einen Tropfen Wasser auf reines Glas, so fließt dieser Tropfen ganz auseinander. Sobald jedoch das Glas mit Fett verunreinigt ist, bleibt der Tropfen auf demselben, ohne sich auszubreiten und haftet wohl auch an ihm fest. Gießt man Wasser aus einem reinen Glasgefäß aus, so läuft es von den Wänden glatt ab, und es bleibt nur eine dünne gleichmäßige Schicht zurück. Ist aber das Gefäß im Innern unrein, so bilden sich beim Entleeren einzelne unregelmäßig zerstreute Tropfen. Aus demselben Grunde ist der Wulst, der sich an

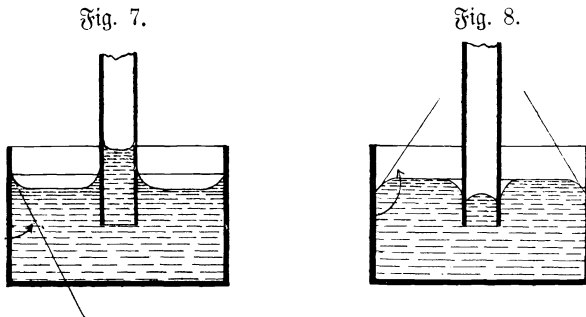
einem Körper im Wasser bildet und die Steighöhe in einem Rohr um so kleiner, je unreiner die Oberfläche ist. Die Anwendung der Alkoholometer in wasserreicheren Branntweinen ist darum nur hinlänglich sicher, wenn diese vorher gehörig gereinigt und von Fett befreit sind. Ebenso sind Vermessungen von Flüssigkeiten mit Glasgefäßen unsicher, wenn nicht für Reinheit ihrer inneren Oberfläche gesorgt ist. Flüssigkeiten, welche Körper gar nicht benetzen, ballen sich auf ihnen zu kleinen Kugeln, oder zu größeren, runden, flachen Tropfen zusammen. Dieses ist der Fall, wenn Quecksilber auf Glas oder auf Holz gebracht wird.

17. Die Kapillaritäts- und Benetzungsercheinungen sind im Haushalte der Natur, so insbesondere für die Verbreitung der Säfte in Pflanzen, von großer Wichtigkeit. Auf ihnen beruht auch das Filtriren, das Feuchtwerden von Sand, Erde und anderen losen Körpern durch darunter befindliche Flüssigkeiten, die Ausbreitung der Flüssigkeiten in porösen Körper, z. B. in Zucker, welchen man an einer Stelle naß gemacht hat, das Ansteigen des Dels in den Dochten unserer Lampen oder des Wassers in Holz, und — wovon man auch in der Steuerpraxis zur Unterscheidung gewisser Fette von einander Gebrauch macht — die Verbreitung des Fettes in Papier, die Bildung der Fettflecke (Diffusion in diesem Falle genannt).

18. Abgesehen von denjenigen Veränderungen, welche durch die Kapillaritätsercheinungen hervorgebracht werden, und welche sich nur in unmittelbarer Nähe der Gefäßwände oder der Wände eingetauchter Körper geltend machen, stellen sich Flüssigkeiten in Gefäßen auf der Erde immer so ein, daß ihre freie Oberfläche überall gleich hoch liegt. Dieses bedingt, daß die Oberflächen so gekrümmt sind, wie die Oberfläche der Erde. Da aber die Erde sehr groß ist, ist ihre Krümmung so gering, daß sie nur an großen Stücken bemerkt werden kann. Die Oberflächen von großen Seen oder gar Meeren und Ozeanen, welche von dem festen Lande wie von den Wänden eines Gefäßes umgeben sind, zeigen sich deutlich kugelförmig, wie man daraus ersehen kann, daß Schiffe, wenn sie an ein Ufer herankommen, zuerst mit ihren Mastspitzen und dann mit dem Rumpfe sichtbar werden, und daß, wenn sie sich von dem Ufer entfernen, zuerst der Rumpf und zuletzt die Mastspitzen verschwinden. Die Gefäße, welche in der Praxis zur Aufnahme von Flüssigkeit dienen, sind im Vergleich zu der Erde jedoch so klein, daß in ihnen die Krümmung der freien Oberfläche der Flüssigkeit nicht bemerkt werden kann. Diese Oberflächen erscheinen eben und wagerecht.

In den beiden folgenden Figuren sind Querschnitte durch Glasgefäße dargestellt, welche Flüssigkeiten enthalten, in die man Röhren zum Theil eingesenkt hat. In Fig. 7 sind die Verhältnisse für Wasser, in Fig. 8 diejenigen für Quecksilber dargestellt. Man sieht in Fig. 7 die Flüssig-

keit zu beiden Seiten an den Wänden des Gefäßes emporsteigen, dann eine Strecke eben verlaufen, an den Wänden der Röhre abermals ansteigen und außerdem in die Röhre emporsteigen und daselbst oben in einer vertieften Halbkugel enden. Entsprechend ist die Oberfläche in Fig. 8 gestaltet; zu beiden Seiten an den Wänden sinkt hier die Flüssigkeit hinab, verläuft dann eine Strecke eben, sinkt am eingetauchten



Rohr wieder hinab und befindet sich innerhalb der Röhre tief unter der äußeren Oberfläche, sie endet hier in einer erhöhten Halbkugel. In beiden Figuren sind zugleich die Randwinkel angegeben, in Fig. 7 ist dieser Winkel dem obigen zufolge spitz (er ist thatsächlich sogar spitzer, als in der Figur dargestellt, und bei ganz reiner Oberfläche der Gefäßwand und der Flüssigkeit für Wasser anscheinend gleich 0), in Fig. 8 stumpf.

19. Von der Eigenschaft der Flüssigkeiten, sich mit ihrer freien Oberfläche waagrecht einzustellen, macht man stets Gebrauch, wenn man Tische, Konsolen, Platten, Apparate u. s. f. waagrecht zu stellen hat, oder den Höhenunterschied zwischen zwei Gegenständen beurtheilen will. Man bedient sich dazu der sogenannten Wasserwaagen oder Libellen, das sind cylindrische oder kreisförmige rings geschlossene Gefäße, welche bis auf einen kleinen Rest mit Flüssigkeit (Wasser, Aether, Alkohol u. s. f.) gefüllt sind. Der fehlende Rest macht, daß die Flüssigkeit darin eine Blase bildet, die sich stets waagrecht, horizontal, einstellt. Cylindrische Libellen heißen auch Röhrenlibellen, kreisförmige Dosenlibellen. Stellt man eine solche Libelle auf eine Fläche, so bewegt sich die Blase aus der Mitte heraus, so lange diese Fläche schief steht; bringt man die Fläche in eine solche Lage, daß die Blase der Libelle auf ihr sich in der Mitte befindet, so ist die Fläche waagrecht. Zur Erkennung der richtigen Stellung der Blase ist die Libelle ganz aus Glas hergestellt, oder, wie bei den Dosenlibellen, oben mit einem Glasdeckel verschlossen; die Röhrenlibellen tragen außerdem zwei oder mehrere die Mitte einschließende Striche, die Dosenlibellen Kreise um die Mitte.

20. Die Gründe, weshalb Flüssigkeiten sich von selbst so einstellen, wie oben angegeben ist, werden später dargelegt werden. An dieser Stelle ist Folgendes zu bemerken. Alle Flüssigkeiten weichen jeder Krasteinwirkung auf sie ohne Weiteres, keine Flüssigkeit hält Stand, wenn sie nicht irgendwo einen festen Widerhalt findet, gegen den sie sich zu stützen vermag. Man kann deshalb mit Leichtigkeit Flüssigkeiten zerdrücken, zertheilen, aus anderen Flüssigkeiten heraus-schöpfen, auf Flüssigkeiten verschieben u. s. s. Flüssigkeiten sind außer-ordentlich leicht beweglich, jeder Windstoß setzt die Gewässer der Meere in Bewegung, und oft bilden sich mächtige Wellen, in denen enorme Wassermassen auf und ab wogen. Hingegen sind Flüssigkeiten aber auch sehr widerstandsfähig, wenn sie keinen Platz zum Ausweichen haben, indem sie etwa rings von festen Wänden eingeschlossen sind. Hat man z. B. Wasser in einem Cylinder, der durch einen Stempel verschlossen ist, so erfordert es außerordentliche Kraftanstrengung, den Stempel auch nur eine ganz geringe Strecke herabzudrücken.

Flüssigkeiten sind fast gar nicht zusammendrückbar. Dieses ist eine sehr wichtige Eigenschaft derselben. Es erklären sich daraus die schönen Wellenringe, welche z. B. in einem Teiche entstehen, wenn man einen Stein hineinwirft; der Stein drückt die Flüssigkeit, auf die er trifft, nach unten, und da letztere sich nicht zusammendrücken läßt, so treibt sie ihrerseits die umgebende Flüssigkeit nach oben, es entsteht also um den Stein herum eine Erhöhung des Wassers, ein Wellenberg, dieser fällt bald zurück und treibt dadurch die ihn umgebende Flüssigkeit in die Höhe. So geht das Spiel fort, ein Wellenberg verursacht immer im Zurückfallen einen weiteren Wellenberg und es entstehen immer neue Wellenberge, die durch Thäler getrennt sind. Auf diese Weise bilden sich Wellenringe auf Wellenringe aus, die immer weiter und dabei immer flacher werden, so daß sie zuletzt dem Auge entschwinden.

Sucht man Flüssigkeit in einem Gefäß mit aller Gewalt zusammen zu drücken, so wird zuletzt das Gefäß zersprengt und die Flüssigkeit quillt durch die geschaffene Oeffnung heraus. So leicht sich also Flüssigkeiten an einander verschieben lassen und so bequem man sie von einander trennen kann, so ungemein schwer ist es, sie gegen einander zusammen zu drängen.

Auf dem großen Widerstande des Wassers gegen Zusammen-drückung beruht die Einrichtung und Wirksamkeit der hydraulischen Pressen.

21. Jeder Druck, der gegen irgend eine Stelle einer Flüssigkeit ausgeübt wird, macht sich sofort in der ganzen Masse der Flüssigkeit und nach allen Richtungen in ganz gleicher Größe bemerkbar. Das ist bei anderen Körpern durchaus nicht immer der Fall. So drückt ein Eisenbahnzug auf den aufgeschütteten Damm hauptsächlich nach unten und

nur wenig zur Seite; würden die aufgeschütteten Massen eines solchen Dammes die Eigenschaften von Flüssigkeiten haben, so wäre der Druck zur Seite so groß wie der nach unten, und keiner unserer jetzigen Eisenbahndämme würde unter der Last eines Eisenbahnzuges sich halten können.

Nicht alle Flüssigkeiten sind in gleicher Weise leicht beweglich, Aether und Benzin z. B. sind viel beweglicher als Wasser, dieses wieder ist beweglicher als Olivenöl, welches seinerseits wieder beweglicher ist als die meisten Schmieröle, oder als Honig oder Syrup. Man spricht von der Zähigkeit der Flüssigkeiten, ihrer Viskosität, um dadurch den Grad der Beweglichkeit auszudrücken. Honig ist also zäher als Olivenöl, dieses wieder zäher als Wasser u. s. f. Der Grad der Zähigkeit bestimmt vielfach, wenn auch nicht ausschließlich, den Werth einer Flüssigkeit als Schmiermittel für Maschinen und Wagen, und wird deshalb bei den von unseren Eisenbahnverwaltungen bezogenen Schmierflüssigkeiten mit in Rücksicht gezogen und vielfach bestimmt. Die Mittel dazu bietet die Beobachtung der Zeit, welche das betreffende Schmiermittel braucht, um aus einem unten durchlöcherten Gefäß von selbst heraus zu fließen. Je zäher solche Flüssigkeiten sind, desto größer ist diese Zeit. Die Zähigkeit kann so groß werden, daß die Flüssigkeit zuletzt in einen weichen Körper übergeht, so daß sie zum Theil die Eigenschaft einer Flüssigkeit, zum Theil diejenige eines festen Körpers hat.

22. Eine weitere Eigenschaft der Flüssigkeiten besteht darin, daß man sie mit einander vermischen kann, wobei die Mischung so innig wird, daß man die einzelnen Bestandtheile durch die gewöhnlichen Mittel nicht mehr unterscheiden und trennen kann. Indessen sind nicht alle Flüssigkeiten mit einander mischbar. So kann man Wasser und Alkohol in allen beliebigen Verhältnissen mit einander mischen, man bekommt dann den Branntwein oder Spiritus, welcher um so stärker ist, je mehr Alkohol im Verhältnisse zu Wasser er enthält. Aber Wasser und Del kann man gar nicht mit einander mischen; thut man Del zu Wasser hinzu, so sammelt es sich auf der Oberfläche an, rührt man es gehörig mit dem Wasser um, so zertheilt es sich in einzelne Tropfen, welche immer im Wasser erkennbar sind und sich allmählig an der Oberfläche ansammeln und dort wieder die Delschicht herstellen. Ebenso wenig kann man Wasser mit Quecksilber mischen, dagegen wieder alle Steinöle mit einander. Einige solcher Mischungen von Flüssigkeiten sind für die Steuerverwaltungen von großer Wichtigkeit.

Auch mit festen Körpern können sich Flüssigkeiten so vermischen, daß jene in ihnen nicht mehr sichtbar sind, man sagt dann, die Flüssigkeiten hätten die festen Körper aufgelöst. So kann das Wasser Zucker auflösen, und zwar fast in jedem beliebigen Verhältniß. Ebenso löst

es das gewöhnliche Kochsalz und viele andere Salze auf. Es ist auch bekannt, daß das Meerwasser fast alle Stoffe der Erde, selbst Metalle in mehr oder weniger großen Mengen aufgelöst enthält. Das todte Meer z. B. besitzt an manchen Stellen bis zu 30 Procent fremde feste Stoffe. Auch solche Lösungen haben für die Steuerverwaltung große Bedeutung.

Endlich ist zu bemerken, daß Flüssigkeiten auch Gase in sich aufnehmen, z. B. das Wasser Luft oder Kohlensäure u. s. f. Der Kunstausdruck für diese Aufnahme von Gasen heißt Absorption, die Gase sind von den Flüssigkeiten absorbiert. Einige von solchen Lösungen von Gasen in Wasser sind allgemein bekannt und im allgemeinen Gebrauch, z. B. das künstliche Selterwasser, welches Kohlensäure enthält, die gewöhnliche Salzsäure. Die Wasser der Meere, Flüsse u. s. f. enthalten viel absorbierte Luft, ohne welche die meisten der darin wohnenden Thiere nicht würden leben können.

4. Die Gase und Dämpfe.

23. Gase und Dämpfe sind hinsichtlich ihrer Form noch viel weniger bestimmt als Flüssigkeiten. Während man diese wenigstens in einem offenen Gefäß transportiren und zumessen kann, ist dieses bei Gasen und Dämpfen nur in rings geschlossenen Gefäßen möglich, so daß man von der Gestalt einer Gasmenge eigentlich überhaupt nicht reden kann. Gase und Dämpfe haben das Bestreben, sich nach allen Richtungen möglichst auszudehnen, und sie dehnen sich in's Unbegrenzte aus, wenn sie nicht durch Gefäßwände oder auf sonst irgend eine Weise daran gehindert werden.

Aus diesem Bestreben der Gase und Dämpfe, sich möglichst nach allen Richtungen auszudehnen, so daß es einer gewissen Kraft bedarf, um sie zusammenzuhalten, folgt, daß sie auf die sie einengenden Gegenstände, z. B. Wände eines Gefäßes, nach allen Richtungen, nach unten und oben und zur Seite, von selbst einen gewissen Druck ausüben, den man als den Gas- oder Dampfdruck bezeichnen kann. Dieser Druck ist nach allen Richtungen gleich groß und wächst um so mehr an, in einen je engeren Raum man das Gas oder den Dampf zusammengedrängt hat.

24. Nach einem Gesetze, welches von seinen Entdeckern das Boyle'sche oder Mariotte'sche Gesetz genannt wird, nimmt dieser Druck in dem gleichen Verhältniß zu, in welchem der Raum, in den das Gas oder der Dampf eingeengt ist, abnimmt. Preßt man also eine bestimmte Menge Gas oder Dampf auf die Hälfte seines Raumes oder auf den dritten Theil zusammen, so wächst der Druck des Gases auf das Doppelte oder Dreifache. Ist der Raum, den das Gas einnimmt, nur noch $\frac{1}{100}$ von dem ursprünglichen Raum,

so beträgt der Druck auf die einschließenden Wände das 100fache von dem ursprünglichen Drucke.

Diese Eigenschaft der Gase und Dämpfe wird zum Treiben von Maschinen, Lokomotiven, Wagen u. s. f. angewendet. Mit ihrer Hilfe schleudern wir die centnerschweren Kugeln aus unseren Riesenkanonen meilenweit und durchbohren Mauern und Stahlpanzer. Ein Gas oder Dampf drückt nicht nur auf die einschließenden Wände, sondern auch auf jeden Körper, der sich in ihm befindet, weil ja der Körper einen Theil des Raumes wegnimmt, den das Gas oder der Dampf sonst selbst ausfüllen würde. So übt auch die Luft auf alle in ihr befindlichen Wesen einen Druck aus, der so groß ist als ob auf jedem Quadratcentimeter Oberfläche mehr als ein Kilogramm lastete. Da die Oberfläche eines ausgewachsenen Menschen etwa 8000 Quadratcentimeter beträgt, so ist der ganze Druck, der auf einen erwachsenen Menschen ausgeübt wird, der von etwa 8000 Kilogramm. Daß dieser ungeheure Druck den Menschen nicht zusammenpreßt, liegt daran, daß er nicht bloß von Außen nach Innen, sondern auch von Innen nach Außen wirkt. Doch preßt er allerdings manche Theile fest aneinander, so die Gelenkköpfe der Glieder an ihre Pfannen.

Der Druck eines Gases oder Dampfes bleibt sich auch bei gleichem von ihm eingenommenen Raum nicht immer gleich, er hängt auch von der Wärme ab. Das Gesetz hierfür werden wir später in der Lehre von der Wärme kennen lernen.

25. Wir haben vorhin gesehen, daß sich Flüssigkeiten nur sehr schwer zusammenpressen lassen, derartig, daß wir kaum noch Mittel besitzen, Wasser auch nur um $\frac{1}{10}$ seines Raumes zusammenzudrücken. Ganz anders verhalten sich Gase und Dämpfe, diese lassen sich mit Leichtigkeit zusammendrücken; daß es aber um so schwerer wird, sie noch fernerhin zusammenzudrücken, je mehr sie bereits zusammengepreßt sind, folgt aus dem oben angegebenen Gesetz von Mariotte. Denn ist ein Gas oder ein Dampf schon auf die Hälfte zusammengedrückt, so daß es den doppelten Druck ausübt, so bedarf es des Doppelten dieses Druckes, also des Vierfachen des ursprünglichen Druckes, um es noch fernerhin auf die Hälfte zusammenzupressen. Befindet sich z. B. gewöhnliche Luft in einem Cylinder, der durch einen Stempel verschlossen ist, dessen Oberfläche 100 Quadratcentimeter beträgt, so muß man auf diesen Stempel die Last von mehr als 100 Kilogramm wirken lassen, um die Luft auf die Hälfte, und die Last von mehr als 400 Kilogramm, um sie noch weiter auf die Hälfte zusammenzudrücken u. s. f.

Ebenso wie man Gase und Dämpfe beliebig verdichten kann, kann man sie auch beliebig verdünnen, indem man ihnen Gelegenheit giebt, sich auf größere Räume auszudehnen, oder indem man sie aus dem Raum, den sie ausfüllen, zum Theil entfernt. Haben wir z. B. ein

rings geschlossenes Gefäß, welches Wasser enthält, über dem sich gewöhnliche Luft befindet, und lassen wir das Wasser durch einen am Boden des Gefäßes befindlichen Hahn zum Theil ablaufen, so nimmt nunmehr die eingeschlossene Luft einen größeren Raum ein als früher, sie ist also verdünnt. Treiben wir andererseits aus einem Gefäße die Luft heraus, schließen dieses Gefäß vollständig ab und bringen es mit demjenigen Gefäß, welches die zu verdünnende Luft enthält, in Verbindung, so stürzt die Luft in das leere Gefäß hinein, nimmt also gleichfalls einen größeren Raum ein und ist verdünnt.

26. Auf diesen Wirkungen beruhen die gewöhnlichen sogenannten Luftpumpen, welche dazu dienen, aus einem bestimmten Raum die Luft ganz oder theilweise zu entfernen. Es enthalten diese Luftpumpen immer einen besonderen Hülfraum, aus welchem die Luft herausgedrängt wird und den man dann mit dem auszupumpenden Raume durch Öffnen eines Hahnes oder Ventils in Verbindung bringt, so daß die Luft dieses Raumes zum Theil in den Hülfraum stürzt und dadurch verdünnt wird. Durch Schließen des Hahnes oder Ventils wird der Hülfraum wieder abgesperrt und abermals die Luft aus ihm herausgedrängt, so daß er wieder leer ist. Bei Wiederverbindung mit dem auszupumpenden Raume muß dieser von der ihm gebliebenen Luft nochmals einen Theil abgeben, der in den Hülfraum eindringt, wodurch eine erneute Verdünnung geschieht u. s. f.

Bei den sogenannten Stempel Luftpumpen geschieht das Herausdrängen der Luft durch einen Stempel, der in einem Rohr, dessen Inneres den Hülfraum bildet, auf- und abbewegt werden kann. Bei den Quecksilberluftpumpen durch Einschieben einer Quecksilbermasse in den Hülfraum vermittelt Anhebens eines mit Quecksilber gefüllten und mit diesem Hülfraume durch einen Schlauch verbundenen Gefäßes.

Einfacher noch sind die weitverbreiteten sogenannten Wasserluftpumpen, bei denen die Entleerung des Hülfraumes, welcher in steter Verbindung mit dem auszupumpenden Raume bleibt, dadurch bewirkt wird, daß die Luft von einem durchfließenden Wasserstrahl fortgerissen wird. Als solcher Hülfraum kann einfach das Rohr der Wasserleitung selbst oder ein daran befestigtes Rohr dienen. Die Verbindung mit dem auszupumpenden Raume wird durch ein Seitenrohr bewirkt.

Dem umgekehrten Zwecke wie die Luftpumpen dienen die sogenannten Kompressionspumpen zur Zusammenpressung eines Gases oder Dampfes in einem bestimmten Raume. Eingerichtet sind sie fast ebenso wie die Luftpumpen; wie auch jede Luftpumpe unmittelbar als Kompressionspumpe benutzt werden kann. Man hat nur die Luft aus dem Hülfraume statt in's Freie in den betreffenden Raum hineinzudrängen.

Wie man Luft herauspumpt und hineinpumpt, geschieht dieses natürlich auch mit allen anderen Gasen und Dämpfen.

27. Alle Gase und Dämpfe können sich miteinander beliebig vermischen, und zwar so, daß ein gleichartiges Gemisch entsteht. Jedes Gas und jeder Dampf erfüllt selbst einen von Gasen oder Dämpfen schon eingenommenen Raum so, als ob dieser Raum ganz leer wäre. Dabei übt jedes Gas und jeder Dampf für sich denjenigen Druck aus, der ihm zufolge seiner Menge in dem Raume zukommen würde. Man nennt diese Drücke der einzelnen Gase oder Dämpfe die Theildrucke oder Partialdrucke derselben. Der Druck ihres Gemisches ist gleich der Summe ihrer Theildrucke, und folgt bei Vergrößerung oder Verkleinerung des von dem Gemisch eingenommenen Raumes genau dem oben angegebenen Mariotte'schen Gesetze.

28. Ein solches Gemisch von Gasen und einem Dampfe ist die uns umgebende Luft. Sie besteht hauptsächlich aus den beiden als Sauerstoff und Stickstoff bezeichneten Gasen, und zwar zu etwa 23 Theilen aus Sauerstoff und zu 77 Theilen aus Stickstoff. Außerdem enthält sie etwas Kohlensäure, Ammoniak und vor allem Wasserdampf.

Der Sauerstoff ist dasjenige Gas, welches die Verbrennung von angezündeten Körpern unterhält. In einem Raume, in welchem kein Sauerstoff vorhanden ist, können angezündete Körper nicht fortbrennen; dagegen brennen solche Körper in einem Raume, der reichlich mit Sauerstoff versehen ist, außerordentlich hell und mit großer Hitze. Die Gebläse in Schmieden und in Gießereien, Glashütten u. s. f. dienen also vornehmlich dazu, den brennenden Kohlen Sauerstoff zuzuführen. Sauerstoff ist auch allen Thieren zum Leben nöthig, kein Thier vermag in einem Raume, der keinen Sauerstoff enthält, fortzueistiren. Er wird mit der Luft durch das Einathmen eingenommen, kommt in die Lungen und von da in das Blut. Beim Ausathmen geht neben dem miteingeathmeten unbrauchbaren Stickstoff Kohlensäure, Wasserdampf u. s. f. davon. Befinden sich also mehrere Personen in einem Raume, so wird der Sauerstoff desselben rasch verzehrt, und wenn durch Fenster und Wände nicht genügend frische Luft hineinströmt, wird die Luft im Raume schlechter und schlechter, das Athmen also immer beschwerlicher. Räume, welche zur Ansammlung großer Menschenmengen bestimmt sind, wie Konzertsäle, Theater u. s. f. müssen aus diesem Grunde mit Vorrichtungen zur Fortschaffung der schlechten Luft und Herbeischaffung frischer Luft versehen sein. Man nennt diese Vorrichtungen Ventilationen. Die Pflanzen brauchen Sauerstoff nicht entfernt in dem Maaße wie die Thiere; am Tage geben sie sogar vielfach Sauerstoff an die Luft ab, daher das Erfriechende der Waldluft.

Der Hauptbestandtheil der Luft, der Stickstoff, hat als solcher nur

geringe Bedeutung für die Lebewesen, auch vermag er die Verbrennung nicht zu unterhalten.

29. Die Luft umgiebt die ganze Erde, die Höhe, bis zu der sie über der Erdoberfläche ansteigt, ist nicht bekannt, beträgt aber sicher viele Meilen. Die Luft, ist wie bemerkt, auch in den Gewässern der Erde enthalten. Ihr Druck als Gas, der sogenannte Luftdruck oder Atmosphärendruck, beträgt auf der Oberfläche der Erde für jedes Quadratmeter so viel wie der einer Last von 10333 Kilogramm, welche auf der Fläche eines Quadratmeters gleichmäßig verbreitet ist. Wie man diesen Druck mißt, wird späterhin angegeben werden. Je höher man emporsteigt, um so geringer wird natürlich der Druck der Luft, weil man einen Theil der Luft unter sich läßt; auf Bergen ist der Druck der Luft geringer als in der Ebene, und je höher die Berge sind, um so geringer wird er. Da, wie früher bemerkt, im Menschen auch von Innen ein Druck wirkt, so macht sich dieser um so fühlbarer, je höher man emporsteigt; in großen Höhen treibt er das Blut durch Nase und Ohren heraus. Dieses ist z. B. Alexander von Humboldt begegnet, als er den Chimborasso in Südamerika bestieg.

5. Masse und Dichtigkeit.

30. Jeder Körper stellt eine gewisse Menge von Materie oder Substanz dar, die man seine Masse oder sein Gewicht nennt.

Von der Art und dem Zustande der Substanzen hängen deren Eigenschaften ab, indem z. B. festes Eisen ganz andere Eigenschaften besitzt wie flüssiges Eisen oder Holz, oder Papier u. s. f. Von ihrer Menge wird das Maaß ihrer Wirkungen nach Außen und dasjenige der Wirkungen von Außen auf sie bestimmt. So hat 1 Kilogramm Eisen die nämlichen Eigenschaften wie 2 Kilogramm der gleichen Substanz; aber der Druck, mit dem die letztere Substanzmenge auf ihrer Unterlage lastet, ist doppelt so groß wie derjenige der ersteren Substanzmenge, und zum Heben, Fortschleudern u. s. f. erfordert sie gleichfalls die doppelte Kraft wie diese. Wir bestimmen hiernach die Art einer Substanz aus ihren Eigenschaften, z. B. der Farbe, Festigkeit, Durchsichtigkeit, Form u. s. f., die Substanzmenge dagegen aus ihren Wirkungen nach Außen oder den Wirkungen von Außen auf sie. Körper, welche in ihren Eigenschaften völlig übereinstimmen, nennen wir gleichartig. Dieses ist die einfachste Erklärung; wir werden jedoch später noch eine andere kennen lernen, welche mehr auf das Wesentliche der Sache eingeht. Ebenso nennen wir Substanzmengen, welche unter gleichen Umständen gleiche und gleich große Wirkungen nach Außen hervorbringen, oder von gleichen von Außen herankommenden Angriffen gleiche und gleich große Wirkungen erfahren, gleich groß. Auch hierfür werden wir später noch eine andere Definition kennen lernen,

welche der Wißbegierde befriedigender klingt als diese. Dieser Definition zufolge sagen wir von einem Körper, er habe die Substanzmenge oder Masse 1, 2, 3, . . . Kilogramm, wenn er z. B. auf seine Unterlage den gleichen Druck ausübt wie die Gewichte 1, 2, 3, . . . Kilogramm, und die gewöhnlichen Gewichte dienen so zur Bestimmung der Substanzmengen, da sie selbst Substanzmengen, Massen sind.

31. Wir finden, daß die verschiedenen Körper bei gleicher Substanzmenge, das ist gleichem Gewicht, gleiche Räume ausfüllen oder ungleiche. Im ersten Fall nennen wir die Körper gleich dicht, im zweiten ungleich dicht. Je kleiner der Raum ist, den die Substanz eines Körpers bei gleichem Gewicht einnimmt, um so dichter ist der Körper; Gold ist hiernach dichter als Wasser, da es kaum den 19. Theil des Raumes einnimmt, den Wasser bei gleichem Gewicht beansprucht. Die Dichtigkeit eines Körpers steht also im umgekehrten Verhältniß zu dem Raume, den seine Substanz ausfüllt. Man definirt daher zahlenmäßig die Dichtigkeit, oder, was damit gleiche Bedeutung hat, die Dichte oder das specifische Gewicht, durch diejenige Substanzmenge oder Masse, das ist dasjenige Gewicht, welches in einer Raumeinheit enthalten ist. Hieraus ergibt sich noch: Die Masse eines Körpers ist gleich seinem Raumgehalt (Volumen) multiplicirt mit seiner Dichte.

Die verschiedenen Körper sind im Allgemeinen verschieden dicht. Am dichtesten sind durchschnittlich die festen Körper, dann kommen die Flüssigkeiten und zuletzt die Gase und Dämpfe. Doch giebt es auch Flüssigkeiten, welche viel dichter sind als feste Körper, während alle Gase erheblich weniger dicht sind als feste Körper und Flüssigkeiten. Zu den dichtesten festen Körpern gehört das Platin, das Gold, das Blei, das Silber, das Eisen u. s. f. Sehr wenig dicht sind von den festen Körpern das Lithium, Natrium, Kalium, Aluminium und viele von Pflanzen herrührende feste Körper, wie Holz, Kork, Gummi u. s. f. Von den Flüssigkeiten ist das dichteste das Quecksilber, welches sogar noch dichter ist als Silber. In weitem Abstände davon kommt dann Brom und nach einer Reihe anderer Flüssigkeiten das Wasser, der Alkohol, Aether, Benzin u. s. f. Von den Gasen sind die beiden Hauptbestandtheile der Luft fast gleich dicht, Chlor ist dichter als Luft, das leichteste Gas dürfte Wasserstoff sein.

Gewöhnlich stellt man die Dichtigkeit der Körper in Vergleich zu der Dichtigkeit eines von ihnen, nämlich des Wassers. Gold ist hiernach mehr als 19mal, Silber fast 11mal, Eisen mehr als 7mal, Quecksilber mehr als 13mal, Aluminium nur $2\frac{1}{2}$ mal dichter als Wasser. Kork und die meisten Holzarten sind weniger dicht als Wasser. Von den bis jetzt bekannten Flüssigkeiten scheint keine weniger als etwa $\frac{1}{2}$ mal so dicht zu sein wie Wasser. Die meisten Gase sind nur etwa $\frac{1}{1000}$ mal so dicht wie Wasser, nur wenige haben eine Dichtigkeit, die

größer ist als $\frac{1}{10000}$, Luft hat etwa $\frac{1}{800}$, Wasserstoff dagegen nur etwa $\frac{1}{12000}$ von der Dichte des Wassers.

32. Drückt man Körper zusammen, so vermehrt man ihre Dichtigkeit, zieht man sie auseinander, so verringert man sie. Feste Körper und Flüssigkeiten lassen sich durch die uns zur Verfügung stehenden Mittel nur wenig zusammendrücken oder auseinanderziehen. Bei diesen ist also die Dichte fast immer die nämliche. Anders verhält sich dieses bei den Gasen und Dämpfen. Diese lassen sich fast in's Unbegrenzte zusammendrücken und ausdehnen, bei ihnen kann man also von einer Dichtigkeit nicht ohne Weiteres sprechen, wenn man nicht hinzufügt, unter welchem Druck sie sich befinden. Gewöhnlich ist der Druck, für den man die Dichtigkeit bei Gasen und Dämpfen angiebt, derjenige der umgebenden Luft an der Erdoberfläche, der Atmosphärendruck.

Zufolge der Erklärung der Dichtigkeit nimmt diese in demselben Verhältniß zu, wie der Raum, den der Körper ausfüllt, abnimmt. Ist also in einem Falle ein Körper auf die Hälfte seines ursprünglichen Raumes zusammengedrückt, so ist seine Dichte doppelt so groß als sie ursprünglich war; nimmt der Körper nur noch $\frac{1}{100}$ seines ursprünglichen Raumes ein, so ist seine Dichtigkeit 100mal so groß u. s. f. Da wir nun gesehen haben, daß bei Gasen und Dämpfen der Druck, den sie ausüben, in demselben Maße anwächst wie der Raum, den sie ausfüllen, abnimmt, so ergibt sich, daß die Dichtigkeit bei Gasen und Dämpfen in demselben Maße anwächst, wie der Druck anwächst. Man kann also das früher behandelte Boyle'sche oder Mariotte'sche Gesetz auch so ausdrücken, daß man sagt, die verschiedenen Drucke, die ein Gas oder Dampf ausübt, stehen zu einander in demselben Verhältniß wie die Dichtigkeiten.

Wendet man zur Zusammendrückung von Gasen oder Dämpfen hinlänglich große Drucke an, so kann man sie schließlich so dicht machen wie Flüssigkeiten; bei Luft ist es z. B. gelungen, diese Dichtigkeit bis zu derjenigen des Wassers zu steigern. Andererseits kann man Gase beliebig ausdehnen, wozu die Luftpumpen dienen, man kann sie also beliebig verdünnen, so daß ihre Dichtigkeit bis auf $\frac{1}{10000000}$ und noch tiefer unter diejenige des Wassers herabsinkt, ja fast ganz unmerkbar wird.

Außer von dem Druck oder der Ausdehnung der Körper hängt deren Dichtigkeit wesentlich noch von ihrer Wärme ab. Im Allgemeinen sind die Körper um so weniger dicht, je wärmer sie sind; doch giebt es auch Ausnahmen von dieser Regel. Das Nähere hierüber wird später angegeben werden. Ebenso wird später gezeigt werden, durch welche Mittel Gewicht und Dichtigkeit der Körper bestimmt und zahlenmäßig festgestellt werden können.

Zweites Kapitel.

Zusammensetzung und Zerlegung der Körper (Allgemeine Chemie).

1. Zusammensetzung der Körper aus Elementen.

33. Körper, welche in allen Theilen aus der gleichen Substanz bestehen, werden im Allgemeinen auch in sich gleichartig sein, also in allen Theilen und nach allen Richtungen die nämlichen Eigenschaften zeigen. Ausnahmen hiervon machen die krystallinischen Körper, welche, wie bereits bemerkt, trotz überall gleicher Substanz nach verschiedenen Richtungen verschiedene Eigenschaften aufweisen können, sowie Körper, welche in besonderer Weise behandelt sind, z. B. schnell abgekühltes Glas, welches auf der Oberfläche zum Theil andere Eigenschaften zeigt als im Inneren, oder gedehnte Stahlfaiten, gepresste Glasstücke u. a. m., welche in Richtung der Dehnung bezw. Pressung gleichfalls besondere Eigenschaften haben, die quer dazu fehlen. Auch Körper, welche eine bestimmte Struktur besitzen, namentlich die organischen Körper, gehören hierher. Alle Flüssigkeiten und Gase, auch Dämpfe sind in sich gleichartig, die oben verzeichneten Ausnahmen beziehen sich auf feste Körper. Es können jedoch auch Körper noch in sich gleichartig sein, wenn sie nicht überall von der nämlichen Substanz gebildet, sondern aus verschiedenen Substanzen gemengt sind, nämlich dann, wenn diese Mischung eine so innige ist, daß wir an keiner Stelle die einzelnen Bestandtheile herauszuerkennen vermögen. Dahin gehören Gemenge von Gasen und Dämpfen, sowie zum Theil solche von Flüssigkeiten. Luft ist ein Gemenge von mindestens 2, vielfach auch von 5 und mehr Gasarten, und trotzdem in allen Theilen von völlig gleicher Art, ebenso ist jedes Gemenge von Wasser und Alkohol, oder Wasser und Zucker oder Salz in sich vollständig gleichartig, nicht dagegen ein Gemenge von Wasser und Del. Auch Gemenge von festen Körpern können in sich völlig gleichartig erscheinen, wie es bei allen sogenannten Legirungen von Metallen der Fall ist, z. B. Bronze, Messing, Neusilber u. s. f. Im Allgemeinen sind jedoch Gemenge von festen Körpern in sich ungleichartig, man kann auch meist die einzelnen Gemengtheile von einander deutlich unterscheiden, z. B. im Granit röthliche, gelblichweiße und schwärzlichgrüne oder silbergraue Theile (Feldspath, Quarz und Glimmer).

34. Entsprechende Gleichartigkeiten und Ungleichartigkeiten finden wir natürlich auch, wenn wir von Körper zu Körper übergehen. Da nun die Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung in den Eigen-

schaften im Wesentlichen von der Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung in der Substanz abhängt und es Tausende von miteinander nicht übereinstimmenden Körpern giebt, so könnte es scheinen, daß auch ebenso viele Tausende von nicht übereinstimmenden Substanzen vorhanden sind. Dieses ist jedoch nicht der Fall, vielmehr hat sich herausgestellt, daß es nur eine geringe Zahl von wirklich verschiedenen Substanzen giebt, nämlich 70—80, soviel bis jetzt bekannt, und daß alle Körper aus diesen wenigen Substanzen zusammengesetzt sind. Man nennt diese Substanzen, die also selbst nicht zusammengesetzt, sondern einfach sind, aus denen aber alle anderen Körper aufgebaut sind, die Elemente. Die Wissenschaft, welche sich mit der Zusammensetzung der Körper aus diesen Elementen und der Zerlegung in diese Elemente beschäftigt, heißt die Chemie.

Die wichtigsten dieser Elemente sind zunächst alle bekannten einfachen Metalle, wie Aluminium, Blei, Eisen, Gold, Kalium, Kupfer u. s. f. Sodann von Nichtmetallen, Brom, Chlor, Kiesel, Kohlenstoff, Phosphor, Sauerstoff, Schwefel, Wasserstoff u. s. f. Die meisten dieser Elemente sind fest, einige flüchtig, andere gasförmig.

Wasser z. B. besteht aus Sauerstoff und Wasserstoff, Alkohol aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, Schwefelsäure aus Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel, Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff, Salzsäure aus Wasserstoff und Chlor, Thonerde aus Aluminium und Sauerstoff, der gewöhnliche Kieselstein aus Kiesel und Sauerstoff, der Zinnober aus Quecksilber und Schwefel u. s. f.

Um die Elemente nicht immer mit ihren zum Theil langen Namen benennen zu müssen, hat man für sie abgekürzte Bezeichnungen eingeführt, bestehend aus den ersten Buchstaben ihrer Namen. So steht Au für Gold (Aurum), Hg für Quecksilber (Hydrargyrum), N für Stickstoff (Nitrogenium) u. s. f. Eine vollständige Tabelle der Elemente und ihrer Bezeichnungen folgt später.

2. Chemische Gesetze.

35. Bei der Zusammensetzung derjenigen Körper, welche der leblosen Natur angehören, wie Steine, Erze u. s. f. sind fast alle Elemente, in der Zusammensetzung zu zwei oder drei oder noch mehr theilhaft. Die Chemie, die sich mit diesen Körpern beschäftigt, heißt die anorganische Chemie. Die Körper dagegen, welche der belebten Natur angehören, sei es, daß sie an dem Aufbau der Lebewesen theilhaft sind, wie Fleisch, Haut, Knochen, Blut, Fett, Holz u. s. f., oder daß sie von diesen Lebewesen hervorgebracht werden, wie Zucker, die Säfte der Pflanzen und Thiere u. s. f., bestehen im Wesentlichen fast ausschließlich aus den vier Elementen, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff,

Wasserstoff. Die Chemie, die sich mit ihnen beschäftigt, heißt die organische Chemie. Wiewohl die Zahl der bei den organischen Körpern beteiligten Elemente so gering ist, giebt es doch viele Tausende von solchen Körpern, die durchaus von einander verschieden sind.

36. Es ist hieraus zu entnehmen, daß die Zusammensetzung aus den Elementen für sich allein die Verschiedenheit der Körper von einander nicht bedingt, sondern daß es noch auf etwas anderes ankommt. Dieses Andere ist vornehmlich die Menge, in der die einzelnen Elemente bei der Zusammensetzung beteiligt sind. Ein Körper, der doppelt so viel Sauerstoff hat als das Wasser, besitzt ganz andere Eigenschaften als dieses, auch wenn er sonst nichts anderes enthält als das Wasser, nämlich Wasserstoff und Sauerstoff. So giebt es unzählig viele Körper, welche aus ganz denselben Elementen zusammengesetzt sind und die doch grundverschieden von einander erscheinen, weil diese Elemente in jedem von ihnen in anderen Mengenverhältnissen vertreten sind.

Entscheidend dabei können natürlich nicht die wirklichen Mengen der Elemente sein; denn wenn ich zwei verschiedene Theile Wasser zusammenbringe, so habe ich doch nur wieder Wasser, wiewohl die Menge des Sauerstoffs sowie diejenige des Wasserstoffs sich vermehrt hat, es kommt vielmehr allein auf die Verhältnisse dieser Mengen zu einander an, also z. B. beim Wasser, wieviel Sauerstoff im Verhältniß zum Wasserstoff darin enthalten ist.

37. Die Chemie lehrt, daß bei allen Verbindungen von Elementen mit einander die folgenden drei Gesetze bestehen:

1) Die Masse des aus der Verbindung von Elementen entstehenden Körpers ist genau so groß, wie die Summe der Massen der in ihm verbundenen Elemente vor der Verbindung (Gesetz von der Erhaltung der Massen).

2) Jedes Element tritt mit einem anderen Element in allen Verbindungen stets in demselben Mengenverhältniß auf, oder in dem Doppelten, Dreifachen, Vierfachen u. s. f., bezw. der Hälfte, einem Drittel, einem Viertel u. s. f. (Gesetz von den multiplen Proportionen).

3) Tritt ein Element nacheinander mit zwei anderen Elementen in Verbindung, so stehen seine beiden Mengenverhältnisse in Bezug auf diese anderen beiden Elemente in demselben Verhältniß, in dem die Menge des einen Elements zu derjenigen des zweiten in jeder Verbindung steht, in welcher diese beiden anderen Elemente überhaupt vorkommen, oder in dem Doppelten, Dreifachen, Vierfachen, bezw. der Hälfte, dem Drittel, Viertel u. s. f. dieses Verhältnisses (Gesetz von der Erhaltung der Verbindungsgewichte).

38. Wir wollen diese drei wichtigen Gesetze nacheinander genauer erklären. Das erste Gesetz ist das einfachste und besagt nur, daß

durch die Verbindung von verschiedenen Substanzen zu neuen Körpern nichts von diesen Substanzen verloren geht und nichts an Substanzen gewonnen wird. Daß dieses Gesetz aber nicht immer anerkannt worden ist, kann aus vielen Aeußerungen der Gelehrten der alten Zeit und des Mittelalters entnommen werden. Ja es ist eigentlich erst seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts durch die Arbeiten des bekannten französischen Forschers Lavoisier, der als ein Opfer der Revolution fiel, festgestellt und in die Wissenschaft eingeführt worden. Verbindet man 2 g Wasserstoff mit 16 g Sauerstoff, so erhält man $2 + 16$, das ist 18 g Wasser. Ebenso bekommt man aus 1 g Wasserstoff und $35\frac{1}{2}$ g Chlor $1 + 35\frac{1}{2}$, das ist $36\frac{1}{2}$ g Salzsäure u. s. f. Dehnt man das Gesetz auf alle Körper in der Welt aus, so folgt der allgemeine Satz, daß die Substanzmenge in der Welt sich stets gleich bleibt, nirgends etwas hinzukommt und nirgends etwas verschwindet, es also keine Schaffung und keine Vernichtung von Substanz giebt, ein Satz, der bekanntlich noch viel bestritten wird.

39. Weniger einleuchtend ist das zweite Gesetz. Es besagt, daß zwei Elemente stets in dem nämlichen Mengenverhältniß, oder in einem ganzen Vielfachen bezw. einem ganzen Bruchtheil davon in allen Verbindungen auftreten, in denen sie überhaupt zusammen sind. So ist das Verhältniß der in Wasser vorhandenen Menge Sauerstoff zu derjenigen des Wasserstoffs gleich 8, dasselbe Verhältniß findet sich zwischen der Menge des Sauerstoffs und der Menge des Wasserstoffs in der Essigsäure. In der untersalpextrigen Säure ist das Verhältniß doppelt so groß, in der salpextrigen Säure 4 Mal so groß, in der Salpetersäure 6 Mal so groß, ebenso in der Phosphorsäure u. s. f., im gewöhnlichen Alkohol $\frac{8}{3}$, im Aether $\frac{8}{5}$ so groß. Ferner verbindet sich Stickstoff mit Sauerstoff zu 5 verschiedenen Körpern, je nachdem das Mengenverhältniß des Stickstoffs zum Sauerstoff ist: $2 \times \frac{1}{8}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{3} \times \frac{1}{8}$, $\frac{1}{2} \times \frac{1}{8}$, $\frac{2}{5} \times \frac{1}{8}$. In dem ersten Beispiel sind alle Zahlen ganze Vielfache von 8, nämlich 1×8 , 2×8 , 4×8 , 6×8 , oder ganze Brüche von 8, nämlich $\frac{8}{3} \times 8$, $\frac{8}{5} \times 8$. Im zweiten Beispiel sind die Zahlen ganze Vielfache oder Brüche von $\frac{1}{8}$. So ließen sich die Beispiele in's Ungemessene vermehren.

40. Was das dritte Gesetz anbetrifft, so bildet es die, aber nicht selbstverständliche, Erweiterung des zweiten Gesetzes. Es besagt, daß wenn man zwei Körper hat, welche beide außer anderen Elementen noch ein und dasselbe Element enthalten und man das Mengenverhältniß dieses Elements zu einem anderen Element des ersten Körpers durch das Mengenverhältniß dieses gleichen Elements zu einem anderen Element des zweiten Körpers dividirt, man das Mengenverhältniß erhält, in welchem das andere Element des zweiten Körpers mit dem anderen Element des ersten Körpers eine Verbindung eingehen würde, oder

ein ganzes Vielfache bezw. einen ganzen Bruchtheil davon. Als Beispiel mögen die drei Elemente Wasserstoff, Sauerstoff und Chlor dienen. Das Mengenverhältniß des Wasserstoffs zum Sauerstoff im Wasser ist $\frac{1}{8}$, dasjenige des Wasserstoffs zum Chlor in der Salzsäure $\frac{1}{71}$, also ist die Verhältnißzahl des ersten Mengenverhältnisses zu dem zweiten Mengenverhältniß $\frac{1}{8} / \frac{1}{71}$, das ist $\frac{71}{8}$. Dementsprechend findet man in der Chlorssäure, in welcher Chlor und Sauerstoff verbunden sind, für das Mengenverhältniß die Zahl $\frac{71}{8}$, das ist einen ganzen Bruchtheil, $\frac{1}{8}$ von der obigen Verhältnißzahl $\frac{71}{8}$. Als zweites Beispiel nehmen wir die beiden Körper Kohlensäure und Schwefelkohlenstoff; für die Kohlensäure ist das Mengenverhältniß zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff gleich $\frac{3}{8}$, für den Schwefelkohlenstoff dasjenige zwischen Kohlenstoff und Schwefel $\frac{1}{16}$, also die Verhältnißzahl für diese beiden Mengenverhältnisse gleich $\frac{3}{8} / \frac{1}{16}$, das ist 2, dementsprechend finden wir für das Mengenverhältniß zwischen Schwefel und Sauerstoff in der Schwefelsäure $\frac{1}{4}$, also einen ganzen Bruchtheil, $\frac{1}{4}$ der obigen Verhältnißzahl. Dasselbe Mengenverhältniß findet sich im schwefelsauren Kupfer, in dem bekannten Kupfervitriol ist es dagegen gleich $\frac{2}{3}$, das ist $\frac{1}{3}$ von jener Verhältnißzahl.

3. Chemische Verbindungsgewichte und Formeln.

41. Die Mengenverhältnisse der Elemente in den verschiedenen Körpern stehen hiernach in bestimmter Beziehung zu einander, und es kommen bei der Zusammensetzung der Körper nur einfache ganze Zahlen oder echte Brüche vor. Einerseits sind nach dem zweiten Gesetze die Mengenverhältnisse zweier Elemente in allen beliebigen Körpern von derselben Größe, oder ganze Vielfache bezw. ganze Bruchtheile von einander. Andererseits lehrt das dritte Gesetz, daß man nur das Mengenverhältniß eines Elements zu allen anderen zu kennen braucht, um sofort die Mengenverhältnisse aller anderen Elemente zu einander zu erhalten. Als solches Element ist früher Sauerstoff gewählt worden, jetzt benutzt man dazu Wasserstoff. Da jedoch alle Mengenverhältnisse in ganzen Vielfachen Beträgen vorkommen können, giebt man an, in welchen kleinsten Mengenverhältnissen alle Elemente sich mit Wasserstoff verbinden können. Diese Mengenverhältnisse heißen die Verbindungsgewichte oder Äquivalentgewichte, oder auch die Atomgewichte der Elemente. Sie sind zusammen mit den Namen der Elemente, ihren in der Wissenschaft üblichen Bezeichnungen, den Angaben über den Aggregatzustand und der Dichtigkeiten (für die festen Körper und Flüssigkeiten bezogen auf Wasser, für die Gase bezogen auf Luft) in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle der Elemente.

Name	Zeichen	Verbindungs- gewicht	Dichte bei gewöhnlicher Temperatur	Aggregatzustand bei gewöhnlicher Temperatur
------	---------	-------------------------	--	---

Nichtmetalle
(nach der Werthigkeit geordnet)

einwertig	{	Wasserstoff	H	1,0	0,07	gasförmig
		Chlor	Cl	35,5	2,45	"
		Brom	Br	79,8	5,52	flüßig
		Jod	J	126,5	4,95	fest
		Fluor	F	19,1	1,32	gasförmig
zweiwertig	{	Sauerstoff	O	16,0	1,11	"
		Schwefel	S	32,0	2,0 bis 2,1	fest
		Selen	Se	79,0	4,2 bis 4,8	"
		Tellur	Te	128,0	5,9 bis 6,4	"
dreiwertig	{	Stickstoff	N	14,0	0,97	gasförmig
		Phosphor	P	31,0	1,8 bis 2,3	fest
		Arfen	As	75,0	3,7 bis 5,7	"
		Bor	B	11,0	2,5 bis 2,6	"
vierwertig	{	Silicium	Si	28,0	2,0 bis 2,5	"
		Kohlenstoff	C	12,0	1,4 bis 3,5	"

Metalle
(nach der chemischen Aehnlichkeit geordnet)

Kalium	K	39,0	0,86	fest
Natrium	Na	23,0	0,97	"
Lithium	Li	7,0	0,59	"
Rubidium	Rb	85,2	1,52	"
Cäsium	Cs	133,0	1,88	"
Calcium	Ca	39,9	1,58	"
Strontium	Sr	87,2	2,5 bis 2,6	"
Barium	Ba	136,8	3,7	"
Beryllium	Be	9,0	2,0 bis 2,1	"
Magnesium	Mg	23,9	1,7	"
Zink	Zn	64,9	7,0 bis 7,2	"
Kadmium	Cd	111,6	8,5 bis 8,7	"
Blei	Pb	206,4	11,2 bis 11,4	"
Thallium	Tl	203,6	11,7 bis 11,9	"
Kupfer	Cu	63,2	8,3 bis 10,0	"
Silber	Ag	107,76	10,4 bis 10,6	"
Quecksilber	Hg	199,8	13,6	flüßig
Yttrium	Y	93,0	?	fest
Lanthan	La	139,0	6,0 bis 6,2	"
Cer	Ce	140,0	6,7	"
Didymium	Di	145,0	6,5	"
Erbium	Er	169,0	?	"
Aluminium	Al	27,4	2,5 bis 2,8	"
Zinn	In	113,4	7,4	"
Mangan	Mn	54,8	7,1 bis 8,0	"

Name	Zeichen	Verbindungsgewicht	Dichte bei gewöhnlicher Temperatur	Aggregatzustand bei gewöhnlicher Temperatur
Eisen	Fe	55,9	7,0 bis 7,9	fest
Kobalt	Co	58,6	8,1 bis 9,5	"
Nickel	Ni	58,6	8,6 bis 8,9	"
Chrom	Cr	52,4	6,2 bis 6,8	"
Molybdän	Mo	95,6	8,5 bis 8,6	"
Wolfram	W	184,0	19,1	"
Uran	U	240,0	18,7	"
Zinn	Sn	117,8	5,8 bis 7,4	"
Titan	Ti	48,0	?	"
Zirkonium	Zr	90,0	4,2	"
Thorium	Th	231,5	11,0	"
Vanadium	V	51,2	5,5	"
Antimon	Sb	122,0	6,7	"
Bismuth	Bi	210,0	9,7 bis 9,9	"
Tantal	Ta	182,0	10,4	"
Niobium	Nb	94,0	7,2	"
Gold	Au	196,2	19,32	"
Platin	Pt	196,7	21,2 bis 21,5	"
Iridium	Ir	192,7	22,5	"
Osmium	Os	198,6	22,5	"
Palladium	Pd	106,2	10,9 bis 12,1	"
Rhodium	Rh	104,1	12,1	"
Ruthenium	Ru	103,5	12,3	"

So ist das Verbindungsgewicht des Eisens nach dieser Tabelle gegen 56, dasjenige des Sauerstoffs 16, Sauerstoff und Eisen können sich also in dem Mengenverhältniß von $\frac{1}{8}$ oder in einem ganzen Vielfachen davon mit einander und mit anderen Elementen verbinden. Chlor hat das Verbindungsgewicht $35\frac{1}{2}$, Wasserstoff selbstverständlich 1, zur Herstellung von Salzsäure bedarf es hiernach $35\frac{1}{2}$ Gramm Chlor und 1 Gramm Wasserstoff, woraus man, wie bereits oben bemerkt, $36\frac{1}{2}$ Gramm Salzsäure erhält, oder man kann von beiden Verbindungsgewichten das gleiche Vielfache, etwa 2 Gramm Wasserstoff und 71 Gramm Chlor, bezw. den gleichen Bruchtheil, etwa $\frac{1}{8}$ Gramm Wasserstoff und $7\frac{1}{16}$ Gramm Chlor u. s. f. nehmen.

42. Um anzudeuten, daß zwei oder mehr Elemente sich zu einem Körper zusammensetzen, schreibt man die Bezeichnungen der Elemente neben einander. Da jedem Element ein bestimmtes Verbindungsgewicht angehört, so kann die Bezeichnung zugleich auch für dieses Verbindungsgewicht stehen. Es würde hiernach z. B. Fe für Eisen stehen und zugleich für das Verbindungsgewicht 56 des Eisens, ebenso Hg für Quecksilber und zugleich für das Verbindungsgewicht 199,8 des Quecksilbers. Stehen die Mengenverhältnisse der Elemente in einer Verbindung, unmittelbar im Verhältniß dieser Verbindungsgewichte,

so giebt die Zusammenstellung der Bezeichnungen der Elemente zugleich ein vollständiges Bild von der Zusammensetzung des Körpers, den sie bilden. So giebt die Zusammenstellung der Bezeichnung H für Wasserstoff mit der Cl für Chlor zu HCl unmittelbar die Zusammensetzung von Salzsäure. Dagegen giebt HO noch nicht die Zusammensetzung von Wasser, wiewohl dieses nur aus Wasserstoff H und Sauerstoff O besteht, weil hier der Wasserstoff im doppelten Verhältniß auftritt als sein Verbindungsgewicht besagt.

Um auch in diesen Fällen sich bequemer Abkürzungen bedienen zu können, hängt man die Zahl, welche anzeigt, wie vielfach das Verbindungsgewicht eines Elements in einem Körper vertreten sein soll, rechts unten an die Bezeichnung des Elements an. Hiernach ist beim Wasser das H mit einer 2 zu verstehen, und Wasser wird dargestellt durch H_2O , das heißt als eine Verbindung von 2 Verbindungsgewichten Wasserstoff mit einem Verbindungsgewicht Sauerstoff, also nach der Tabelle z. B. von 2 Gramm Wasserstoff mit 16 Gramm Sauerstoff, oder 1 Gramm Wasserstoff mit 8 Gramm Sauerstoff, oder $\frac{1}{2}$ Gramm Wasserstoff mit 4 Gramm Sauerstoff u. s. f. Schwefelsäure kann man auf diese Weise bezeichnen durch H_2SO_4 , das heißt, es enthält 2 Verbindungsgewichte Wasserstoff, 1 Verbindungsgewicht Schwefel und 4 Verbindungsgewichte Sauerstoff; nach der Tabelle würde man also z. B. zur Herstellung von Schwefelsäure nehmen können, 2 Gramm Wasserstoff, 32 Gramm Schwefel und 64 Gramm Sauerstoff, oder gleiche Vielfache bezw. gleiche Bruchtheile davon.

Manchmal setzt man auch die Zahl vor das Zeichen des Elements und klammert dann dieses ein, also $2(H)O$ für H_2O , $2(H)S\ 4(O)$ für H_2SO_4 u. s. f. Diese Bezeichnung wählt man namentlich, wenn von einer Verbindung aus mehreren Elementen ein Vielfaches genommen werden soll, so ist z. B. $2(C_2H_5)O$ dasselbe wie $(C_2H_5)_2O$ und wie $C_4H_{10}O$, nämlich gewöhnlicher Aether.

Derartige abkürzende, die Zusammensetzung der Körper aus den Elementen vollständig bezeichnende Symbole nennt man chemische Formeln. H_2O , H_2SO_4 , HCl, C_2H_6O , $2(C_2H_5)O$ oder $(C_2H_5)_2O$ oder $C_4H_{10}O$ u. s. f. sind die chemischen Formeln für Wasser, Schwefelsäure, Salzsäure, Alkohol, Aether u. s. f.

43. Nicht bloß die Elemente können sich mit einander zu Körpern verbinden, sondern auch fertige Körper können zu neuen Körpern zusammentreten. So kann man die Schwefelsäure auch als eine Verbindung des Wassers H_2O mit dem Körper SO_3 , welcher wissenschaftlich Schwefeltrioxyd heißt, ansehen. Es gilt dann das Gesetz, daß die neuentstandenen Körper genau so zusammengesetzt sind, wie wenn sie aus den einzelnen, in ihnen vertretenen Elementen gebildet worden wären. Ob man also Schwefelsäure aus

Wasser und Schwefeltrioxyd bildet, oder aus den Elementen dieser beiden Körper, das ist ganz gleichgültig. Man braucht sich hiernach hinsichtlich des Endergebnisses um die Art, wie die Körper gebildet werden, gar nicht zu kümmern. Es ist auch vielfach nicht einmal gelungen Körper aus ihren Elementen selbst zusammenzusetzen.

44. Auch für den Vorgang der Zusammensetzung von Körpern aus Elementen oder anderen Körpern hat man sehr bequeme Zeichen, die man chemische Gleichungen oder Formeln nennt. Man setzt die chemischen Zeichen der Elemente oder der Körper, welche zu Verbindungen zusammentreten sollen, durch $+$ -Zeichen von einander getrennt, links von einem Gleichheitszeichen, diejenigen der Körper, welche entstehen, rechts von dem Gleichheitszeichen, z. B. $2(\text{H}) + \text{O} = \text{H}_2\text{O}$ ist die Verbindungsformel für Wasser, $2(\text{H}) + \text{S} + 4(\text{O}) = \text{H}_2\text{SO}_4$ ist die Verbindungsformel für Schwefelsäure, diese letztere bedeutet also, daß 2 Verbindungsgewichte des Wasserstoffs mit einem Verbindungsgewicht des Schwefels und 4 Verbindungsgewichten des Sauerstoffs Schwefelsäure geben. Stellt man Schwefelsäure aus Schwefeltrioxyd und Wasser her, so würde die Gleichung lauten $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$; ähnlich bedeutet die Gleichung $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2(\text{O}) = \text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, daß Alkohol und 2 Verbindungsgewichte Sauerstoff Wasser (H_2O) und Essigsäure ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) geben u. s. f.

45. Wie die Elemente haben natürlich auch die Körper ihre Verbindungsgewichte, das Verbindungsgewicht eines Körpers ist genau so groß, wie die Summe aller Verbindungsgewichte der in ihm enthaltenen Elemente, jedes Element so oft genommen als es darin vorkommt, z. B. der Wasserstoff in Wasser 2 Mal, der Sauerstoff in der Schwefelsäure 4 Mal u. s. f. So ist das Verbindungsgewicht des Wassers $2 \times 1 + 16$, das ist 18, das der Schwefelsäure $2 \times 1 + 32 + 4 \times 16$, das ist 98, das des Alkohols $2 \times 12 + 6 \times 1 + 16$, das ist 46 u. s. f. Natürlich können die Körper auch mit ganzen Vielfachen ihres Verbindungsgewichts in Verbindungen auftreten. So verbinden sich 2 Verbindungsgewichte Kohlenäure (CO_2) und 2 Verbindungsgewichte Alkohol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) zu Traubenzucker ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), die chemische Gleichung lautet in diesem Fall $2(\text{CO}_2) + 2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

4. Mittel zur Herbeiführung chemischer Umsetzungen.

46. Die chemischen Gleichungen besagen hiernach nicht nur, aus welchen Elementen oder Körpern die neuen Verbindungen bestehen, sondern auch, welches Verbindungsgewicht ihnen zukommt. Mehr aber besagen diese Formeln nicht, namentlich besagen sie nichts darüber, durch welche Mittel die Verbindungen bewerkstelligt werden. Man spricht zwar davon, daß die Elemente zu einander eine gewisse chemische

Verwandtschaft haben sollen, man darf aber darunter nur verstehen, daß jedes Element mit gewissen anderen Elementen sich überhaupt oder vorzugsweise und am leichtesten verbindet. Es giebt allerdings Elemente, welche ohne jeden Anstoß anscheinend ganz von selbst sich mit gewissen anderen Elementen verbinden, dazu gehört z. B. das Element Fluor, welches frei fast gar nicht vorkommt, sondern, so wie es entwickelt wird, sich sofort mit irgend einem Körper der Umgebung verbindet. Auch von den beiden Metallen Kalium und Natrium ist es bekannt, daß es nicht leicht ist, sie von der Verbindung mit Sauerstoff abzuhalten. Dieses sind jedoch Ausnahmen. Im Allgemeinen bedarf es vielmehr äußerer Antriebe, um Elemente oder Körper zur Verbindung zu bringen. Diese äußeren Antriebe sind ziemlich mannigfacher Art. Es gehören dazu in erster Reihe starke Erhitzung und das Durchschlagen elektrischer Funken. So verbindet sich Quecksilber mit Schwefel nicht ohne Weiteres zu Zinnober, sondern indem man beides erst innig vermischt und dann bis zum Schmelzen des Schwefels erhitzt. Sauerstoff und Wasserstoff geben auch nicht ohne Weiteres Wasser, sondern am leichtesten dann, wenn man einen brennenden Körper hineinhält oder durch das Gemenge dieser beiden Gase einen elektrischen Funken durchschlagen läßt u. s. f.

Oft bewirkt auch das Licht eine Verbindung der Elemente, z. B. verbinden sich Chlor und Wasserstoff im Dunkeln nicht mit einander, wohl aber, wenn man ihr Gemenge dem Lichte der Sonne, oder dem einer elektrischen Bogenlampe, oder dem eines brennenden Magnesiumdrahtes aussetzt. Doch ist nicht alles Licht in dieser Weise chemisch wirksam, sondern es kommen nur gewisse Lichtarten in Frage, über welche später zu handeln sein wird.

Anderere Mittel zur Bewirkung von Verbindungen bestehen darin, daß man die betreffenden Elemente erst herstellt, unmittelbar bevor sie sich zu einem neuen Körper verbinden sollen, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß Elemente dann am meisten geneigt sind neue Verbindungen einzugehen, wenn sie aus anderen eben entlassen sind.

47. Endlich ist zu erwähnen, daß manche Körper anscheinend allein durch ihre Anwesenheit die Entstehung neuer Körper begünstigen oder vermitteln. Diese Körper können unorganischer Natur sein (sein vertheilte Kohle, Platinschwamm) oder organischer. Für uns von Wichtigkeit sind hauptsächlich die Wirkungen der organischen Körper, weil diese zur Entstehung großer Gewerbe Veranlassung gegeben haben und ihre Benutzung in mancher Hinsicht so alt ist wie das Menschengeschlecht; wir müssen deshalb hierauf genauer eingehen. Es spielen die dabei stattfindenden chemischen Vorgänge eine Rolle fast ausschließlich in der Chemie der organischen Körper. Jedermann weiß, daß Fleisch oder Milch und viele andere Nahrungsmittel, wenn sie längere Zeit liegen,

Veränderungen erfahren, die sich durch Geruch und Aussehen sofort verrathen und das Genießen unmöglich bezw. ungesund machen. Diese Gegenstände verderben, oder faulen oder gähren, wie man sagt. Es rührt das davon her, daß aus der Luft zu ihnen kleine Organismen gelangen, welche durch ihre Lebensthätigkeit Veränderungen bewirken. Diese Veränderungen sind aber chemischer Natur, die genannten Stoffe werden in neue Körper umgewandelt, es entstehen aus ihnen neue, zum Theil übelriechende Gase und Dämpfe, wässerige und ölige Flüssigkeiten und Rückstände, welche viel Kohlenstoff enthalten. Man nennt die Organismen, welche diese Erscheinungen hervorrufen, und welche übrigens sehr verschiedenartig sind, Fermente oder Fäulniß- bezw. Gährungsreger. Diese Erscheinungen sind aber nicht allein auf den Vorgang der Fäulniß beschränkt; die für das Gewerbe wichtigsten haben wenig oder nichts mit dem Unangenehmen der Fäulnißerscheinungen zu thun, wenn sie auch im Wesentlichen gleicher Natur sind wie diese. Es gehören hierzu die sogenannten Gährungserscheinungen, auf welchen die Bereitung des Brodes und anderen Gebäcks, des Spiritus, Essigs, Bieres, Weines u. s. f. beruht. Es mögen einige Beispiele folgen.

48. Bekanntlich giebt es verschiedene Arten von Zucker, derjenige, dessen wir uns gewöhnlich bedienen, heißt Rohrzucker oder Rübenzucker und hat die chemische Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$. In den meisten Früchten kommen aber noch zwei andere Zuckerarten vor, die als Traubenzucker und Fruchtzucker bezeichnet werden und beide die chemische Formel $C_6H_{12}O_6$ haben. Bringt man nun zu dem Rohrzucker etwas Wasser und ein gewisses Ferment, welches im Malz vorhanden ist und als Diastase bezeichnet wird, so bilden sich aus ihm und dem Wasser diese beiden letztgenannten Zuckerarten, die Gleichung für den chemischen Vorgang lautet $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$. In dieser Gleichung steht nichts von den Fermenten, weil sie selbst keine Veränderungen erfahren haben, und doch ist es nicht angängig diese Zuckerarten aus dem Rohrzucker anders herzustellen.

Durch dasselbe Ferment kann man auch Stärke in Traubenzucker verwandeln.

Löst man jetzt von den gewonnenen Zuckerarten den Traubenzucker in Wasser auf und bringt solche Fermente dazu, welche das Faulen des Fleisches verursachen, thut also z. B. etwas von faulem Fleisch selbst dazu, so verwandelt sich der Traubenzucker in Milchsäure, dessen chemische Formel lautet $C_3H_6O_3$. Die Gleichung ist also $C_6H_{12}O_6 = 2(C_3H_6O_3)$. Ihr ist noch weniger etwas von dem Vorgang anzusehen wie der vorhergehenden, sie ist in Bezug auf diesen Vorgang völlig nichtsagend, denn Traubenzucker ist nicht 2 Mal Milchsäure, wie man nach der obigen Formel denken könnte, sondern wird erst

dazu, wenn man die genannten Fermente hinzuthut. Noch eine andere wichtige Veränderung können wir mit dem Traubenzucker vornehmen. Bringen wir zu dem in Wasser gelösten Traubenzucker Hefe, so entsteht aus ihm Kohlenäure und Alkohol, die Gleichung hierfür lautet $C_6H_{12}O_6 = 2(CO_2) + 2(C_2H_6O)$. Die Hefe ist hier das Ferment, sie enthält die Organismen, welche zu dieser Umwandlung nöthig sind. Es kommen jedoch diese Organismen auch in der Luft vor, denn die gleiche Umsetzung erfährt der Traubenzucker im Weinmost, dem Saft der eingestampften Trauben, wodurch eben aus dem süßen Most der Wein entsteht.

Dieselbe Wirkung üben Fermente auf den dem Traubenzucker chemisch gleichen Fruchtzucker aus.

Manchmal wird die Wirkung der Fermente auch durch die nicht-organischer Körper ersetzt. Dieses gilt namentlich von der Wirkung der vorhin erwähnten Diastase des Malzes; man kann nämlich Rohrzucker auch durch Kochen mit Schwefelsäure oder Salzsäure in Traubenzucker und Fruchtzucker verwandeln.

49. Wie man Körper aus ihren Elementen oder aus anderen Körpern zusammensetzen kann, so vermag man sie auch in ihre Elemente oder in andere Körper zu zerlegen. Dieses ist nach dem Obigen eigentlich selbstverständlich, und es ist davon bereits mehrfach Gebrauch gemacht. So besteht die Umwandlung des Traubenzuckers in einer Zerlegung dieses Zuckers in Kohlenäure und Alkohol. Thut man ferner in Salzsäure Zink hinein, so wird die Salzsäure so zerlegt, daß der Wasserstoff frei wird, was zurückbleibt (Chlor) verbindet sich mit dem Zink zu einem neuen Körper (Zinkchlorid). Hier haben wir eine Zerlegung und eine Verbindung gleichzeitig. Derart sind die meisten chemischen Operationen und Vorgänge.

Im Allgemeinen ist die Zusammensetzung der Körper aus ihren Elementen und die Zerlegung in die Elemente eine mühsame Arbeit. Man nennt die erstere die chemische Synthese, die andere die chemische Analyse. Die Synthese der Körper ist oft so schwierig, daß es bei vielen Körpern noch nicht gelungen ist, diese aus ihren Elementen oder aus anderen Körpern zusammenzusetzen. Namentlich gilt dies von den organischen Körpern. Es ist klar, von welcher enormen Bedeutung es z. B. sein würde, wenn es gelingen sollte, unsere Nahrungsmittel aus ihren Elementen zu bilden, da diese Elemente überall in großen Massen vorhanden sind. Die Pflanzen verstehen offenbar diese Kunst, denn sie bilden ihren ganzen Körper und alle Säfte darin aus unorganischen Bestandtheilen, die sie der Luft durch Blätter und Zweige und dem Erdreich durch Wurzeln entnehmen. Die Thiere verstehen diese Kunst zwar nicht in dem Maaße, sie betreiben jedoch auch Chemie im Großen — diese Chemie und die der Pflanzen

heißt physiologische Chemie — indem sie aus der Pflanzennahrung oder der thierischen die Stoffe herstellen, aus denen ihr Körper besteht. Das Gleiche gilt selbstverständlich auch von dem Menschen. Durch welche Kräfte das aber in ihm geschieht, das weiß er nicht, und wir sind noch sehr weit davon entfernt auch nur die Hoffnung hegen zu dürfen, daß uns die Zusammensetzung unserer Nahrungsmittel, wenn auch nur der Substanz nach — von den wunderbaren Formen, in denen sie uns geboten werden, dürfen wir überhaupt nicht reden — je gelingen wird.

50. Anders verhält es sich mit der chemischen Analyse. Die Zerlegung der Körper ist, wenn auch vielfach sehr mühsam, doch fast immer möglich. Wir kennen daher die Zusammensetzung fast aller, bisher überhaupt untersuchten Körper, selbst diejenige der organischen Substanzen verwickeltesten Baues, wie der Knochen, des Fleisches, der Fette, des Eiweißes u. s. f.

Zur Zerlegung der Körper bedient man sich derselben Einwirkungen, wie zur Zusammensetzung, also gleichfalls der Wärme, des Lichtes, der Elektrizität u. s. f. Namentlich die Wärme und die Elektrizität sind mächtige Mittel, solche Zerlegungen und Zersetzungen hervorzubringen. Die Zerlegung durch die Elektrizität insbesondere ist als Elektrolyse bekannt und bildet einen bedeutenden Zweig der jetzigen elektrotechnischen Industrie.

Es ist schon bemerkt, daß auch die Fermente oder Gährungserreger Zersetzungen von Körpern bewirken. Doch sind in der Natur Zersetzungen und Verbindungen fast überall gleichzeitig vorhanden. Der Industrie dient die Zersetzung und Verbindung der Körper, um neue Körper oder einzelne der Elemente zu gewinnen. So soll mit Hilfe der Elektrolyse entweder eines der Elemente, insbesondere ein Metall eines Körpers, zur weiteren Verarbeitung gewonnen werden, wie z. B. das Aluminium durch Zersetzung der Thonerde, das Kupfer durch diejenige des Kupfervitriols u. s. f., das ist die Elektrometallurgie, oder es soll ein Körper mit einem der so gewonnenen Metalle gleich überzogen, vergoldet, versilbert, verkupfert, vernickelt u. s. f. werden, das ist die Galvanoplastik. In den Hüttenwerken werden gleichfalls die Metalle aus ihren Verbindungen mit Sauerstoff oder Schwefel, welche Erze heißen, befreit, wie Eisen, Kupfer u. s. f. aus den Eisen-, Kupfer- und anderen Erzen. Doch geschieht das durch Anwendung großer Hitze, durch Röstfen der Erze unter Hinzufügung besonderer Materialien. In der chemischen Industrie werden Körper zerlegt und wieder verbunden, um alle diejenigen chemischen Präparate zu erhalten, deren man im täglichen Leben und in den Industrien bedarf, wie z. B. Farbstoffe, Arzneimittel, Soda, die Säuren, Salze u. s. f. In der Natur gehen die Zersetzungen und Neubildungen von Körpern, nament-

lich unter der Einwirkung der Fermente fast unaufhörlich vor sich und auch ganz ohne unser Zuthun, oft gegen unseren Willen. Wo die Zersetzungen Körper betreffen, welche für uns besonderen Werth haben, z. B. Nahrungsmittel, oder wo die Zersetzungen zur Bildung neuer Körper führen, welche lästig oder gar gefährlich sind, sucht man sie durch besondere Mittel zu verhindern. Dazu gehören namentlich starke Erhitzung, wie das Kochen und Braten, oder starke Abkühlung; weshalb sich gekochte Speisen oder in Eischränken aufbewahrte viel länger halten als rohe oder in der gewöhnlichen Zimmerwärme befindliche. Der Grund dafür ist der, daß Hitzegrade, wie sie bei dem Kochen und Braten benutzt werden, die aus der Luft in die Nahrungsmittel bereits gelangten Organismen abtöden, die Kälte aber wenigstens ihre Wirksamkeit erheblich einschränkt. Doch reicht weder das Kochen und Braten, noch das Abkühlen auf die Dauer aus, das Verderben der Speisen zu verhindern. Besser ist es schon, wenn man die Speisen gegen den Zutritt der Luft abschließt. Auf diese Weise werden die sogenannten Konserven, welche jetzt eine so große Rolle in unserem Haushalt spielen, gegen das Verderben geschützt. Konservirte Gemüse z. B. werden, nachdem sie angekocht sind, heiß in eine Büchse gethan, die dann luftdicht verschlossen wird. Es giebt auch chemische Mittel, welche gegen die Fermente schützen, wie Karbolsäure, welche hauptsächlich in der Medicin Anwendung findet, um offene Wunden gegen den Angriff der Organismen, die sich in der Luft oder an den Gegenständen, die uns umgeben, befinden und die Blutvergiftung herbeiführen können, zu schützen. Solche Mittel nennt man säulnißwidrige oder antiseptische. Es gehören dazu außer der Karbolsäure viele andere Körper, wie Chlorkalk, Kalkmilch, grüne Seife u. s. j.

51. Um das Erkennen der in einem Körper enthaltenen Elemente oder anderer Körper zu erleichtern, haben die Chemiker eine Reihe von Mitteln hergestellt, die man als Reagentien bezeichnet. Ein solches Reagens ist z. B. das Kalkwasser, d. h. eine Auflösung von gelöschtem Kalk (CaO_2H_2) in Wasser, für Kohlenensäure; bläst man Kohlenensäure hinein, so entsteht ein flockiger Niederschlag, welcher nichts anderes ist als kohlenaurer Kalk (CaCO_3). Ebenso bilden Säuren, wie Schwefelsäure, Salzsäure, Reagentien auf Kohlenensäure für fast alle Körper, in denen sie enthalten ist; übergießt man z. B. Marmor mit Salzsäure, so entsteht ein starkes Aufbrausen, welches von der entweichenden Kohlenensäure herrührt. Als Erkennungszeichen für Jod dient verdünnter Stärkekleister, der sich intensiv blau färbt, sobald nur eine Spur von freiem Jod vorhanden ist. Eins der bekanntesten Reagentien ist jodann das sogenannte Lackmuspapier, welches aus gewöhnlichem Löschpapier besteht, das mit einer Lackmuslösung getränkt ist; alle Säuren färben das blaue Lackmuspapier oder eine blaue Lackmustinktur

roth und sind daran ohne Weiteres zu erkennen. Für den Steuerbeamten von besonderer Wichtigkeit ist das unter dem Namen Fehling'sche Lösung bekannte Reagens für Invertzucker, welches wir später genauer kennen lernen werden.

Wenn flüssige Reagentien dazu verwendet werden, nicht allein das Vorhandensein von Körpern und Elementen in anderen Körpern zu erkennen, sondern um auch die Menge davon zu bestimmen, so nennt man sie wohl auch Titrirflüssigkeiten und die Methode Titrirung.

5. Werthigkeit der Elemente.

52. Wie wir gesehen haben, bestehen alle Körper aus wenigen Elementen. Da es nun so unzählig viele verschiedene Körper giebt, folgt, daß man in jedem ein Element durch ein anderes oder durch einen neuen Körper muß ersetzen können, wodurch man aber stets einen neuen Körper erhält. Die Salzsäure (HCl) besteht aus Wasserstoff und Chlor, ersetzt man darin den Wasserstoff durch das Metall Natrium (Na), so bekommt man Chlornatrium (NaCl), das ist Kochsalz. Doch kann man nicht beliebig jedes Element durch alle anderen Elemente ersetzen. Auch ist es nicht möglich, jedes beliebige Verbindungsgewicht eines Elements durch ein beliebiges Verbindungsgewicht eines anderen zu ersetzen. So kann man an Stelle eines Verbindungsgewichts Wasserstoff ein Verbindungsgewicht von Chlor und noch einigen anderen Elementen setzen, nicht aber im Allgemeinen ein Verbindungsgewicht von Sauerstoff, oder Stickstoff, oder Kohlenstoff; vielmehr ersetzen diese ihrerseits der Reihe nach zwei, drei, vier Verbindungsgewichte Wasserstoff. Man sagt deshalb, sie seien zwei-, drei-, viermal so viel werth wie Wasserstoff. Die chemische Werthigkeit (oder Valenz) eines Elements ist also die Zahl, welche angiebt, wie viel Verbindungsgewichte des Wasserstoffs, oder eines ihm gleichwertigen Elements, dazu gehören, um ein Verbindungsgewicht dieses Elements zu ersetzen. Hiernach sind z. B.

Einwerthig: Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kalium, Natrium u. s. f.

Zweiwertig: Sauerstoff, Schwefel, Selen u. s. f.

Dreiwertig: Stickstoff, Phosphor, Arsen, Wismuth u. s. f.

Vierwertig: Kohlenstoff, Silicium (Kiesel), Zinn u. s. f.

Doch gilt die Regel von der Werthigkeit der Elemente nur im Allgemeinen. Im Einzelnen kommen Ausnahmen vor, wobei aber die betreffenden Körper wenig dauerhaft sind, sich also bald zersetzen oder mit anderen Körpern verbinden; sie sind, wie der Kunstausdruck lautet, ungesättigt. So ist z. B. Wasser zusammengesetzt aus einem Verbindungsgewicht des zweiwertigen Sauerstoffs mit zwei Verbindungsgewichten des einwerthigen Wasserstoffs. Das entspricht dem, was wir

zu erwarten haben; Wasser ist auch ein sehr beständiger Körper. Dagegen ist das Wasserstoffsuperoxyd, welches zwei Verbindungsgewichte des zweierwerthigen Sauerstoffs mit nur zwei Verbindungsgewichten des einwerthigen Wasserstoffs enthält, bei welchem also sozusagen der Sauerstoff durch den Wasserstoff nicht ganz gesättigt ist, äußerst unbeständig und zerfällt sich sofort nach seiner Herstellung in Wasser und den ungesättigt gebliebenen Theil des Sauerstoffs. Die Theorie der Werthigkeit der Elemente hat zu ungemein interessanten und wichtigen Ergebnissen geführt. Die mächtige Ausdehnung der organischen Chemie, welche die Entdeckung so vieler für die Industrie, die Medicin und den Haushalt wichtiger Körper veranlaßt hat, ist hauptsächlich ihr zu verdanken. Doch bietet sie erhebliche Schwierigkeiten und an dieser Stelle muß das wenige oben Gesagte genügen.

6. Atome und Molekel.

53. Zuletzt will ich noch erwähnen, daß man zur Erklärung der chemischen Vorgänge annimmt, daß alle Körper aus einzelnen von einander getrennten Theilchen bestehen, welche außerordentlich klein sind. Die chemischen Elemente unterscheiden sich von einander in diesen kleinsten Theilchen, die man bei ihnen Atome nennt. Ein Atom Sauerstoff ist etwas Anderes als ein Atom Wasserstoff, und dieses etwas Anderes als ein Atom Gold u. s. f. Alle Atome eines und desselben Elements haben gleiche Eigenschaften und gleiche Massen, die Massen der Atome verschiedener Elemente stehen zu einander im Verhältniß ihrer Verbindungsgewichte. Die Atome selbst sind unzerlegbar und untheilbar (das besagt eben ihr Name) und sie sind so außerordentlich klein, daß sie sich zu einem Sandkorn so verhalten mögen, wie dieses zum Chimborassoberg.

Im gasförmigen Zustand enthalten alle Elemente im gleichen Raum gleich viele Atome (Gesetz von Avogadro).

Treten Elemente zu einer Verbindung zusammen, so geschieht dieses dadurch, daß Atome dieser Elemente sich an einander lagern. Derartige an einander gelagerte Atome geben die Atome der zusammengesetzten Körper, die man Molekel nennt. Zusammengesetzte Körper bestehen also aus kleinsten Theilen, Molekeln, deren jedes in gleicher Weise aus Atomen der darin enthaltenen Elemente gebildet ist. Wasser z. B. würde aus Molekeln bestehen, deren jedes genau dieselbe Anzahl Atome Wasserstoff und genau dieselbe Anzahl Atome Sauerstoff enthält, etwa, gemäß der Formel H_2O , zwei Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff. Ein Schwefelsäuremolekel enthielte ähnlich zwei Atome Wasserstoff, ein Atom Schwefel, vier Atome Sauerstoff. Hieraus und aus der Angabe, daß die Atome untheilbar sind, also

jedes Molekel nur ganze Atome enthalten kann, ergibt sich die in Art. 39 und 40 dargelegte Einfachheit der Verhältnißzahlen in den chemischen Verbindungen.

54. Wie die Elemente durch ihre Atome, so unterscheiden sich die zusammengesetzten Körper durch ihre Molekel. Lagern sich Molekel verschiedener zusammengesetzter Körper, oder Molekel von zusammengesetzten Körpern mit Atomen von Elementen an einander, so entstehen neue zusammengesetzte Körper, die denselben Regeln folgen müssen wie die aus Elementen gebildeten Körper. Wesentlich sind hiernach die Körper durch die Zahl und Natur der in ihren Molekeln vorhandenen Atome von einander unterschieden. Daraus folgt schon, daß es eine ungeheure Menge von verschiedenen Körpern geben kann. Indessen kann man sich auch noch vorstellen, daß die Eigenschaften der Körper nicht allein von der Zahl und Natur der Atome ihrer Molekel bedingt werden, sondern auch davon, wie diese Atome sich an einander lagern, wodurch jene Menge noch sehr vermehrt würde. So könnten Körper, deren Molekel aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff bestehen, ganz verschiedene Eigenschaften zeigen, je nachdem in diesen Molekeln die Anordnung der Atome HHO oder HOH oder HH wäre.

O

In der That finden wir auch, namentlich unter den organischen Körpern, Gruppen, welche Körper enthalten, die alle genau die nämliche chemische Zusammensetzung haben und doch ganz verschiedene Eigenschaften aufweisen (z. B. die Zuckerarten $C_6H_{12}O_6$). Wir können dann annehmen, daß die Molekel dieser Körper sich durch ihren besonderen Aufbau aus den Atomen der Elemente, welche sie enthalten, unterscheiden, wiewohl alle gleiche und gleich viel Atome enthalten.

55. Was die Entstehung der Verbindungen anbetrifft, so nimmt man an, daß sie durch gewisse Kräfte, welche zwischen den Atomen der Elemente wirken, und die man als chemische Kräfte bezeichnet und einer chemischen Affinität oder Verwandtschaft zuschreibt, bewirkt werden. Diese Kräfte sind nur in der nächsten Nähe der Atome wirksam, sie sind auch nicht für alle Atome gleich, sondern nach der Art der Atome verschieden. Manche Elemente machen zwischen den verschiedenen anderen Elementen kaum einen Unterschied und verbinden sich mit allen fast gleich heftig (z. B. Fluor) oder gleich ungern (z. B. Stickstoff). Andere bevorzugen gewisse Elemente, das ist die Wahlverwandtschaft. Auch können die Kräfte nach erfolgter Verbindung erschöpft, oder auch noch nicht befriedigt sein; im ersten Falle giebt es Körper, die kein weiteres Verbindungsbestreben haben, im letzteren umgekehrt Körper, die leicht neue Verbindungen eingehen oder so begierig nach neuen Verbindungen sind, daß sie frei überhaupt nicht existiren können (z. B. HO). Endlich können die Atome verschiedener Elemente

verschiedene Zahlen anderer Atome an sich ketten, darauf beruht die Werthigkeit; so kettet Sauerstoff zwei Atome Wasserstoff an sich, Stickstoff jedoch drei, Kohlenstoff gar vier u. s. f.

Drittes Kapitel.

Die Elemente und die aus ihnen gebildeten Körper (Specielle Chemie).

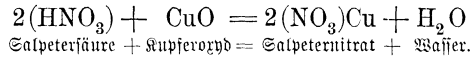
1. Eintheilung der Körper und Elemente.

56. Was nun die aus den Elementen zusammengesetzten Körper betrifft, so werden diese zunächst in organische und anorganische Körper eingetheilt. Jene gehören der belebten Natur an, diese der unbelebten. Steine, Wasser, Erze u. s. f. sind anorganische Körper; Alkohol, Zucker, Holz, Knochen, Fleisch u. s. f. organische.

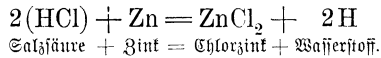
Eine andere sehr wichtige Unterscheidung ist die in Säuren, Basen, neutrale Körper und Salze. Die meisten Säuren enthalten Sauerstoff; früher glaubte man, daß alle Sauerstoff enthalten müßten, und hat diesem Gase deshalb eben den Namen gegeben, es sollte der Säurebildner sein. Jetzt weiß man, daß es auch Säuren giebt, welche keinen Sauerstoff haben, zum Beispiel die Salzsäure, Jodwasserstoffsäure u. a. m. Sauerstoff ist also nicht das zur Bildung einer Säure unbedingt nöthige Element. Dagegen enthalten alle Säuren Wasserstoff, so daß dieses Gas das eigentlich säurebildende Element zu sein scheint. Säuren färben in der Lösung blaue Lackmuskintur oder Papier, welches in eine Lösung von Lackmus getaucht war, und viele blaue Pflanzenfasern, roth. Sie schmecken sauer, wie Essig (eine Auflösung der Essigsäure in Wasser), sind gasförmig (Salzsäure), flüchtig (Schwefelsäure) oder fest (Phosphorsäure).

Basen sind vornehmlich die Metalle, metallähnlichen Körper und gewisse Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff. Sie schmecken laugenhaft bitter, bläuen durch Säure geröthetes Lackmuspapier, bräunen Curcumapapier und wirken wie die Säuren scharf ägend. Neutrale Körper sind solche, welche sich weder wie Säuren noch wie Basen verhalten. Enthält eine Flüssigkeit einen Ueberschuß an Säure oder an einer Basis, so kann man sie durch Hinzufügen einer Basis bezw. einer Säure in eine neutrale Flüssigkeit verwandeln. Dieses versteht man unter dem Kunstausdruck mit einer Basis bezw. einer Säure neutralisiren. Basen und Säuren haben große Verwandtschaft zu einander; wenn sie sich mit einander verbinden, bilden sie die Salze, das sind salzähnliche Körper, welche im Allgemeinen weder die Eigenschaften der Säuren noch diejenigen der Basen haben, oder wenigstens

diese Eigenschaften nur soweit haben, als die Säure oder Base in der Verbindung vorgewogen hat. Bei der Bildung der Salze giebt die Säure Wasserstoff ab, an dessen Stelle das Metall der Base oder der metallähnliche Körper tritt. So bildet sich aus Kupferoxyd und Salpetersäure das Salz Kupfernitrat und Wasser nach der Gleichung:



Ähnlich aus Salzsäure und Zink das Salz Chlorzink nach der Gleichung:



Weiteres hierüber werden wir später noch kennen lernen.

57. Wir betrachten nun die für uns wichtigen Körper in ihrer chemischen Beschaffenheit, indem wir nach einander die einzelnen Elemente und ihre Verbindungen vorführen und zugleich bei jedem für die Zollabfertigung wichtigen Körper in Klammern die Nummer des Zolltarifs beifügen.

Man theilt die Elemente ein in Nichtmetalle und Metalle. Die ersteren, auch Metalloide genannt, enthalten gasförmige, flüssige und feste Körper, die letzteren überhaupt keine Gase und auch nur einen einzigen flüssigen Körper, das Quecksilber. Doch gilt das, wie schon bemerkt, nur für die gewöhnlichen Verhältnisse, bei hohen Wärmegraden werden auch alle Metalle flüssig oder gasförmig, und umgekehrt bei niedrigen unter hohen Drucken auch die gasförmigen flüssig und selbst fest. Von den Nichtmetallen bezeichnet man gewöhnlich die vier: Chlor, Brom, Jod und Fluor noch besonders als Salzbildner oder Halogene.

2. Die Nichtmetalle Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und ihre Verbindungen.

a) Sauerstoff.

58. Das Nichtmetall Sauerstoff, als Bestandtheil der Luft, ist schon früher untersucht worden, es ist hier nur folgendes nachzutragen. Sauerstoff ist ein farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas, welches etwas dichter ist als die Luft und von dem ein Liter unter gewöhnlichem Luftdruck etwa 1,4 g wiegt. Es gehört zu den in der Natur am meisten verbreiteten Elementen, da es in der Luft gemischt mit Stickstoff, im Wasser in Verbindung mit Wasserstoff, in den Gesteinen der Erde in Verbindung mit Schwefel, Aluminium, Calcium u. s. f. vorhanden ist. Es verbindet sich mit allen Elementen und ist, wie man sagt, eines der chemisch aktivsten Elemente. Es wird am leichtesten daran erkannt, daß Verbrennungen in ihm mit sehr starkem

Glanze vor sich gehen. So verlischt eine glühende Uhrfeder in der Luft, welche nicht genug Sauerstoff enthält, sehr bald, brennt jedoch im reinen Sauerstoff unter glänzendem Funkenprühen.

Die Verbrennung der Körper ist ein chemischer Vorgang, bei welchem das Leuchten und die Wärmeentwicklung nur Begleiterscheinungen sind. Da, wie wir sehen, zum Verbrennen im Allgemeinen (es giebt auch Ausnahmen von dieser Regel) Sauerstoff gehört, so vermuthen wir, daß es nichts anderes ist, als die chemische Verbindung des Sauerstoffs mit dem ganzen verbrennenden Körper, oder mit Theilen von ihm, wobei im letzteren Fall andere Theile frei werden und neue Verbindungen bilden können. So entsteht, wenn reine Kohle verbrannt wird, Kohlenäure (CO_2), eine gasförmige Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff. Verbrennt man Schwefel, so kommt wiederum eine gasförmige Verbindung zum Vorschein, die aus Schwefel und Sauerstoff besteht. Aehnlich verhält es sich mit verbrennendem Phosphor, nur entsteht dabei kein Gas, sondern ein aus festen Theilen gebildeter Rauch, der in Flocken niederfällt, also ein fester aus Phosphor und Sauerstoff zusammengesetzter Körper. Auch Metalle verbrennen in Sauerstoff zu festen kalkartigen Körpern. Verbrennt andererseits Holz, so entsteht aus den Elementen des Holzes und dem Sauerstoff neben Kohlenäure und Wasser eine Reihe anderer Körper, theils gasförmiger, theils fester Art, die im Rauch der Verbrennung davonziehen. Die zurückbleibende Asche ist aus festen Körpern zusammengesetzt, die zum größten Theil schon von vornherein in dieser Form in dem Holze enthalten gewesen sind. Aehnlich ist die Verbrennung aller anderen organischen Körper. Beim Verbrennen des Leuchtgases entstehen Kohlenäure und Wasser.

Nicht immer jedoch geschehen die Verbindungen des Sauerstoffs in dieser auffallenden, Licht und Wärme spendenden Weise. Meist sogar gehen diese Verbindungen langsam ohne jede auffallende Nebenerscheinung vor sich. Derartig sind diejenigen Verbindungen, die man als Rosten der Metalle bezeichnet.

59. Man nennt die Verbindung des Sauerstoffs mit anderen Elementen Oxydation und die entstandenen Verbindungen Oxyde. Da Sauerstoff sich mit jedem Element in verschiedenen Vielfachen seines Verbindungsgewichts verbinden kann, so giebt es für jedes Element verschiedene Oxyde. Für Wasserstoff z. B. haben wir deren zwei kennen gelernt, das Wasser (H_2O), welches hiernach auch als Wasserstoffoxyd bezeichnet werden könnte, und das Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2). Für Stickstoff giebt es fünf Oxyde, für Schwefel vier, oder noch mehr u. s. f. Die Oxyde theilt man ein in saure und in basische. Die sauren geben mit Wasser Säuren, die man hiernach als die Hydrate der betreffenden Oxyde bezeichnen kann, wie Schwefelsäure, Salpeter-

fäure u. s. f. Die basischen Oxide heißen auch einfach Basen. Säuren bildet Sauerstoff hauptsächlich mit den Nichtmetallen, Basen mit den Metallen, neutrale Körper mit beiden Arten von Elementen. Vielfach bildet Sauerstoff mit einem und demselben Element Säuren, Basen und neutrale Körper, so mit dem Metall Mangan zwei Verbindungen, welche Säuren geben (Uebermanganäure und Manganäure), zwei andere Verbindungen, welche Basen sind (Manganoxyd und Manganoxydul) und eine Verbindung (Manganhyperoxyd), welche sich neutral verhält.

60. Endlich ist zu erwähnen, daß der Sauerstoff in einer besonderen Modifikation vorkommt, die man als Ozon bezeichnet, welches ganz besonders kräftig chemische Verbindungen eingeht, und nicht wie der gewöhnliche Sauerstoff geruchlos ist, sondern ähnlich wie Phosphor riecht. Sauerstoff besitzt also die Eigenschaft, in zwei verschiedenen Formen aufzutreten. Da Sauerstoff zum Leben nicht entbehrt werden kann und Ozon so viel aktiver ist als der gewöhnliche Sauerstoff, so hat man die Hoffnung gehegt, daß das Ozon ein kräftiges Heilmittel für die Athmungsorgane bilden würde, eine Hoffnung, die sich leider nicht erfüllt hat. Uebrigens entsteht Ozon in der Luft ganz besonders nach Gewittern; man kann auch in jedem Zimmer Ozon hervorbringen, wenn man daselbst auf irgend eine Weise elektrische Funken, z. B. durch eine Elektrifizirmaschine, springen läßt. Doch entsteht Ozon auch bei vielen anderen Gelegenheiten.

b) Stickstoff.

61. Stickstoff ist wie Sauerstoff farblos, geruchlos und geschmacklos. Er ist etwas weniger dicht als die Luft. Auch bei ihm ist es wie bei dem Sauerstoff gelungen, ihn durch gehörigen Druck zu einer Flüssigkeit zusammenzupressen und auch ihn ganz fest zu machen. Stickstoff gehört zu den indifferentesten Elementen, die wir kennen, er hat fast gar kein Bestreben sich mit anderen Elementen von selbst zu verbinden und kann in andere Körper sozusagen nur hinein gezwungen werden. Doch kommt er immerhin in vielen Körpern vor, namentlich im (festen) Salpeter, der (flüssigen) Salpetersäure (HNO_3), dem (gasförmigen) Ammoniak und in vielen organischen Stoffen (Fleisch, Eiweiß, Käse u. s. f.). Daß er die Verbrennung und die Athmung nicht unterhalten kann, ist bereits gesagt, ebenso daß er die Hauptmasse der Luft ausmacht, nämlich $\frac{1}{4}$.

62. Stickstoff verbindet sich mit Sauerstoff in fünf Oxiden. NO ist Stickoxyd, ein farbloses Gas, welches sich in der Luft nicht hält, sondern höhere Oxide bildet; es unterhält ähnlich wie Sauerstoff die Verbrennung, wenn auch nicht die aller Körper, namentlich jedoch die von Kohle, Phosphor und Magnesium. Stickoxydul, N_2O , ist gleichfalls ein farbloses Gas, dichter als Luft, unterhält die Verbrennung

der Körper, bildet mit Wasserstoff gemengt ein Knallgas und kann geathmet werden, ist also überhaupt dem Sauerstoff sehr ähnlich. Indessen geschieht die Einathmung nicht ohne sonderbare Folgen; das Gas wirkt heraufschend und erzeugt angenehme Phantasien und große Lachlust, weshalb es auch als Luftgas oder Lachgas bezeichnet wird, und von Zahnärzten zur Unempfindlichmachung gegen Schmerzen angewendet wird. Länger eingeathmet, hat es auch gefährliche Folgen, indem es zu Rasereianfällen führt. Das nächste Dryd ist N_2O_3 , es ist in seinen Eigenschaften nur wenig bekannt. Das Dryd NO_2 ist die Untersalpeter Säure, ein rothbrauner Dampf, der sich bei der Zersetzung der Salpetersäure bildet.

63. Das wichtigste Dryd ist N_2O_5 , es bildet als Hydrat die Salpetersäure NO_3H , oder Scheidewasser (5 m). Diese Säure ist eine Flüssigkeit, welche, völlig rein, farblos ist, stechend riecht, an der Luft raucht und scharf ätzende Eigenschaften besitzt. Sie zerstört thierische Gewebe, siedet bei etwa 86 Grad und wird bei 50 Grad Kälte fest, sie zieht begierig Wasser an sich und mischt sich mit ihm in jedem Verhältnis. Verdünnte Salpetersäure ist eine solche Mischung mit Wasser, die concentrirte Salpetersäure des Handels enthält immer noch Wasser. Salpetersäure wird leicht zersezt; im Licht zerfällt sie in Untersalpetersäure, welche in ihr zurückbleibt und ihr die gelbe Färbung verleiht, und in Sauerstoff und Wasser. Man muß deshalb die Salpetersäure an möglichst lichtlosen Orten oder in Gefäßen aufbewahren, welche dem wirkfamen Licht keinen Durchgang gestatten.

Hergestellt wird die Salpetersäure durch Zerlegen von Natrium- salpeter oder Kaliumsalpeter mittelst Schwefelsäure. Bei dieser Zer- setzung giebt die Schwefelsäure ein Verbindungsgewicht Wasserstoff und der Salpeter sein Metall ab und dieser Wasserstoff und das Metall tauschen ihre Plätze. Die chemische Gleichung ist also für die Bildung aus Natriumsalpeter $NO_3Na + H_2SO_4 = HNaSO_4 + NO_3H$. Die Sal- petersäure entsteht dabei in Folge der Wärme in Dampfform und wird durch Abkühlung verdichtet. Enthält Salpetersäure eine größere Menge aufgelöster Untersalpetersäure, so bildet sie eine dunkle, rothgelbe Flüssig- keit, welche dichte, braungelbe Dämpfe ausstößt und als rauchende Salpetersäure (5 m) bezeichnet wird. Diese wird gleichfalls fabrik- mäßig hergestellt. Uebrigens ist zu bemerken, daß Salpetersäure auch aus anderen Stoffen als Salpeter fabricirt wird. Salpetersäure ist eine kräftig wirkende Säure. Weil sie jedoch auch manche Metalle unverändert läßt, wird sie vielfach benutzt, um diese Metalle aus deren Legirungen mit von ihr zersezbaren Metallen zu scheiden und heißt darum Scheidewasser. Gemischt mit Salzsäure giebt sie das Königs- wasser (5 m), dem nicht einmal Gold zu widerstehen vermag.

64. Sehr wichtig ist auch die Verbindung des Stickstoffs mit

Wasserstoff nach der Formel NH_3 . Sie heißt Ammoniak, bildet ein farbloses Gas von stechendem, aus dem Stalldunst bekannten Geruch, ist bei 0 Grad Kälte unter ausreichendem Druck flüssig und bei 80 Grad fest, wird vom Wasser in großen Mengen absorbiert, und zwar mit so großer Eier, daß das Wasser selbst in ein darüber gehaltenes Gefäß mit Ammoniak hoch hinauffürzt und in einem Moment das Gas verzehrt. Mit Ammoniak versehenes Wasser heißt auch Salmiakgeist, oder Hirschhorngeist, Aemmoniak (5 m). Es hat dieselben Eigenschaften wie das Ammoniak selbst, schmeckt laugenhaft und wirkt wie eine Basis. Ammonitgas bildet mit sauren Gasen dichte, weiße Dämpfe; es ist auch in der Luft verbreitet, namentlich an solchen Orten, wo stickstoffhaltige, organische Körper faulen.

Gewonnen wird es fabrikmäßig auf die mannigfachste Weise, z. B. bei der Leuchtgasbereitung, wo es sich im Gas- oder Kondensationswasser findet, durch Zersetzung der in den Latrinen und Kloaken enthaltenen thierischen Auswurfstoffe, sowie von Knochen, Horn, Fleisch u. s. f. Auch aus unorganischen Substanzen kann Ammoniak hergestellt werden.

65. Da das Ammoniak wie eine Basis wirkt, so verbindet es sich mit Säuren zu Salzen. In allen diesen Verbindungen kommt NH_4 vor und da dieser Körper, wenn er auch frei nicht bekannt ist, mit den Halogenen ganz ebenso Salze bildet, wie die Metalle Kalium, Natrium u. s. f., hat man ihn mit einem besonderen Namen Ammonium bezeichnet. Er spielt in den Ammoniumsalzen (5 m) völlig die Rolle eines Metalls. So sind die Salze Chlorammonium und Bromammonium (NH_4Cl und NH_4Br) ganz ähnlich wie z. B. die Salze Chlornatrium oder Bromnatrium (NaCl und NaBr) gebildet. Auch in den Salzen der Sauerstoffsäuren tritt der gleiche Körper auf. Zum Beispiel im Salz Ammoniumsulfat $2(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ ganz ähnlich wie Natrium in dem Salz Natriumsulfat $2(\text{Na})\text{SO}_4$ u. s. f.

Von Wichtigkeit sind folgende Ammoniumsalze, die sich übrigens in der Natur weit verbreitet vorfinden. Kohlen-saures Ammoniak ($\text{NH}_4\text{CO}_3\text{H}$ oder Hirschhornsalz oder Riechsalz (5 m), wegen seines stechenden Geruches, hergestellt aus thierischen Abfällen und zu Arzneimitteln verwendet, ebenso zum Austreiben des Teiges in der Zucker- und Lebkuchenbäckerei und in Lösung als Fleckwasser (5 a) zum Ausziehen des Fettes. Ammoniumsulfat $2(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ (5 m) bildet farblose, im Wasser lösliche Krystalle, wird als Nebenprodukt bei der Leuchtgasbereitung gewonnen, indem man das Gas durch Schwefelsäure führt; es dient zur Fabrikation anderer Ammonsalze und in der Maun- und Düngerfabrikation. Ammonitrat ist $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ (5 m) und bewirkt beim Auflösen in Wasser eine so große Abkühlung, daß es als Gefriersalz zur Herstellung von Eis Verwendung findet.

66. Chlorammonium oder salzsaures Ammoniak ist der Salmiak (NH_4Cl) (5 m). Er wird in Aegypten durch Verbrennen von Kameelmist gewonnen und fabrikmäßig durch Neutralisirung des Gaswassers mit Salzsäure oder durch Behandlung des Ammoniumsulfats mit Kochsalz u. s. f. hergestellt. In den Handel kommt er in großen, schweren Scheiben, welche weiß durchscheinend und klingend sind, oder krystallisirt als Salmiakblume. Anwendung findet er in der Arzneikunde, sodann zur Herstellung von Salmiakgeist, beim Verzinnen und Verzinken von Kupfer, Eisen und Messing, beim Löthen, in der Zeugdruckerei, Farbenfabrikation u. s. f. Die anderen Salze des Ammoniums können wir hier übergehen.

67. Da der Stickstoff sich so schwer mit anderen Stoffen verbindet, sind seine Zusammensetzungen vielfach sehr unbeständig und zerfallen leicht. Dieses ist z. B. der Fall bei vielen organischen Stickstoffverbindungen. Manche Stickstoffverbindungen zeigen das Erzwungene ihres Bestandes so energisch, daß sie bei dem geringsten Anstoß sich mit großer Heftigkeit wieder in ihre Bestandtheile zerlegen. Sind dabei die Produkte der Zerlegung zum Theil gasförmig, so entstehen wohl auch Explosionen, indem aus einem Körper von geringem Raumgehalt plötzlich ein solcher von großem entsteht, der sich Raum schafft. Derartig sind die gewaltsamen Zerlegungen des Pulvers (einer Mischung von Kohle, Salpeter und Schwefel), Nitroglycerins und der anderen Schieß- und Sprengstoffe (5 h, Schießpulver 5 m, Patronen 19 d 2, 27 f 2, f 3), welche sämmtlich Körper enthalten, die Verbindungen mit Stickstoff sind. Die Schieß- und Sprengstoffe sind nämlich feste Körper oder weiche und flüssige, ihre Zerlegung wird durch einen Funken oder einen Schlag oder eine Erschütterung eingeleitet. Es bilden sich aus ihnen neue Körper, welche zum größten Theil gasförmig sind und einen Raum einzunehmen streben, der viele hundertmal größer ist als der Raum, den diese Stoffe einnehmen, beim Pulver z. B. einen fast 300mal so großen. Sind nun diese Stoffe, wie das Pulver, in den Gewehren und Kanonen in einer engen Kammer enthalten, so entsteht in dieser Kammer beim plötzlichen Zerfall der Stoffe durch einen einschlagenden Funken oder einen Stoß u. s. w. ein ungeheurer Druck durch die sich entwickelnden Gase, der beim Pulver mehr als 6000mal so groß ist als der gewöhnliche Druck der Luft. Durch diesen Druck werden die Wände der Kammer, wenn sie nicht stark genug sind, zersprengt, und wenn sie durch eine Kugel geschlossen sind, wird diese Kugel mit großer Gewalt herausgeschleudert. Darauf beruht die außerordentliche Wirkung unserer Spreng- und Schießstoffe, vermitteltst deren wir centnerschwere Kugeln meilenweit schleudern und mächtige Felsen und Bauwerke in Trümmer zerreißen. Uebrigens sind die Zerfallerscheinungen der genannten Stoffe vielfach mit Verbrennungen und Lichterscheinungen verbunden.

68. Noch sei bemerkt, daß der Stickstoff mit Kohlenstoff eine eigenthümliche Verbindung bildet, die als Cyan (NC) bezeichnet wird, welche ein blaugefärbtes Gas, und in vieler Beziehung mit den Eigenschaften eines Elements begabt ist. Die Verbindung dieses Cyans mit Wasserstoff (HNC) giebt eines der gefährlichsten Gifte, die Blausäure (5 m). Ueberhaupt neigt der Stickstoff zur Bildung von Giften. So sind die sogenannten Alkaloide (5 m), die wir später noch genauer kennen lernen werden, wie das Coniin, Strychnin, Morphin u. s. f., Stickstoffverbindungen, welche in dem Saft vieler Pflanzen vorkommen und in hohem Grade giftige Eigenschaften besitzen. Der Stickstoff ist also trotz der Harmlosigkeit, mit der er in der Luft auftritt, ein recht gefährliches Element, doch sind viele seiner Verbindungen zwar Gifte, nichtsdestoweniger jedoch mächtige Heilmittel oder Helfer des Arztes, wie das Chinin, das Atropin, Cocain, Aconitin, Antipyrin, Salipyrin u. s. f.

c) Wasserstoff.

69. Wasserstoff ist wie Stickstoff und Sauerstoff gasförmig, farblos und geruchlos. Er ist aber viel leichter als diese beiden Gase, indem seine Dichtigkeit bei gewöhnlichem Luftdruck nur $\frac{1}{16}$ von derjenigen der Luft beträgt, ein Liter Wasserstoff wiegt etwa 0,09 Gramm. Der Wasserstoff kann zwar ebenowenig wie der Stickstoff Verbrennung unterhalten, er hat aber die Eigenthümlichkeit, selbst im Sauerstoff zu verbrennen, indem er mit ihm die Verbindung Wasser bildet. Während Sauerstoff und Stickstoff in großer Menge frei auf der Erde vorkommen, nämlich in der Luft, giebt es freien Wasserstoff auf der Erde nur sehr wenig, dagegen auf der Sonne und vielen anderen Himmelskörpern anscheinend in außerordentlichen Massen. Gebunden freilich kommt er auch auf der Erde in großer Menge vor, da er $\frac{1}{8}$ aller Gewässer bildet.

70. Der Wasserstoff ist zwar nicht in gleichem Maaße wie der Sauerstoff, aber jedenfalls in sehr viel höherem Grade als der Stickstoff zur Bildung von Verbindungen geneigt. Mit Sauerstoff verbunden giebt er, wie schon oft bemerkt, hauptsächlich das Wasser (H₂O). Die Eigenschaften des Wassers (5 m) sind allgemein bekannt und bedürfen keiner besonderen Darlegung. Nur das sei erwähnt, daß Wasser in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, Körper aufzulösen, da es kaum einen Körper giebt, der nicht mehr oder weniger vom Wasser aufgelöst wird. Das Meerwasser enthält z. B. neben vielen Gasen auch viele Salze und Metalle, selbst Silber, aufgelöst, wenn auch vielfach nur in sehr geringen Mengen. Reines Wasser bekommt man durch Abdestilliren, indem man Wasser kocht und den Dampf auffängt und durch Kühlung verdichtet. Die dazu dienenden Apparate heißen Destillirapparate. Solches reine Wasser ist sehr weich, hart wird es, wenn es Kalk

aufgelöst enthält. Das Regenwasser ist nicht ganz rein, nähert sich aber dem destillierten Wasser sehr, und ist gleichfalls sehr weich, wogegen Quellen und Brunnen hartes Wasser abgeben.

71. Mischet man Wasserstoff mit Sauerstoff, so entsteht daraus noch nicht ohne Weiteres Wasser; es bildet das Gemenge vielmehr das sogenannte Knallgas, welches seinen Namen davon hat, daß es unter Knallen sich in Wasserdampf umwandelt, wenn man einen Funken durchspringen läßt oder einen brennenden Körper plötzlich hineinbringt. Da der Sauerstoff die Verbrennung unterhält und der Wasserstoff sehr gut brennt, so eignet sich das Knallgas vorzüglich zum Hervorbringen hoher Hitzegrade. Weil jedoch die Verbrennung des Knallgases allzu plötzlich vor sich geht, mischt man dieses Knallgas gewöhnlich erst unmittelbar vor der Stelle, an der es verbrennen soll, indem man den Sauerstoff aus einem Rohr herausströmen läßt und den Wasserstoff an gleicher Stelle aus einem anderen. Wo die beiden Strahlen auf einander treffen, werden sie angezündet. Das Knallgas brennt mit heißer aber schwachleuchtender Flamme, richtet man diese Flamme jedoch auf ein Stück Kalk, so wird dieses so heiß, daß es in intensiv weißem Lichte zu strahlen beginnt. Darauf beruht die Einrichtung des sogenannten Drummond'schen Kalklichts, wofür man heutzutage das Zirkonlicht anwendet, worin statt des Kalkstückes eine Zirkonplatte gewählt ist. Ueberhaupt ist die Knallgasflamme so heiß, daß selbst Gold und Platin darin schmelzen.

72. Außer mit Sauerstoff verbindet sich Wasserstoff auch mit allen anderen Nichtmetallen, mit Stickstoff bildet es das schon erwähnte Ammoniak (H_3N), mit Chlor, Jod, Brom, Fluor starke Säuren, z. B. die Salzsäure (HCl), mit Schwefel das nach faulen Eiern riechende Schwefelwasserstoffgas (H_2S) u. s. f.

Namentlich bildet es eine Reihe von brennbaren Gasen und von Flüssigkeiten, welche brennbare Gase liefern, falls sie erwärmt werden. Das Leuchtgas (5 m) ist eine Mischung solcher brennbaren gasförmigen Verbindungen des Wasserstoffs, welches allerdings außerdem auch noch Kohlenoxyd, Stickstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff u. s. f. enthält. Die chemische Beschaffenheit dieser Gase und Flüssigkeiten werden wir später kennen lernen. Hier bemerken wir hinsichtlich der Entstehung des Leuchtgases, daß dasselbe durch trockene Destillation von Steinkohlen, Holz, Harz, Petroleumrückständen und manchen anderen organischen Substanzen gewonnen wird, und daß das Brennen unter Verbrauch von Sauerstoff aus der umgebenden Luft geschieht. Im Uebrigen ist die Art des Verbrennens der fertigen Gase (z. B. des Leuchtgases) die nämliche wie die derjenigen, welche erst durch Erwärmung der zu Beleuchtungszwecken dienenden Flüssigkeiten (z. B. Petroleum) oder festen Körper (z. B. Kerzen) entstehen. Es bilden sich beim

Verbrennen Wasserdampf, Kohlenäure, Kohlenoxyd und andere Stoffe; das sind gas- und dampfförmige Verbindungen. Zugleich jedoch werden auch Kohlentheilchen frei, und diese gerade sind es, welche der Flamme die Leuchtkraft verleihen sollen. Da die Kohlentheilchen für sich nicht leuchten, so müssen sie durch die Flamme selbst in's Glühen gebracht werden.

Kommt nun zu der Flamme zu wenig Luft hinzu, so reicht ihre Wärme dazu nicht aus und die Kohlentheilchen gehen unverbrannt im Rauch davon, die Flamme rußt, wie man sagt, und leuchtet wenig. Kommt so viel Luft hinzu, daß die Kohlentheilchen intensiv glühen können, ohne dabei sofort zu verbrennen, so leuchtet die Flamme sehr stark. Wenn endlich so viel Luft hinzu kommt, daß eine vollständige Verbrennung der Kohlentheilchen schon bei ihrem Freiwerden entsteht, wodurch viel Kohlenäure gebildet wird, aber das Glühen der Kohlentheilchen beeinträchtigt wird, so bekommt man eine sehr heiße, aber nur schwach bläulich leuchtende Flamme. Unsere gewöhnlichen Gas- und Lampenbrenner sind natürlich auf Leuchten eingerichtet, die bekannten Bunsenbrenner, die Gaskochapparate, sowie die Gasheizapparate auf Wärmeentwicklung.

d) Kohlenstoff.

73. Kohlenstoff ist ein sehr merkwürdiges Element. Es kommt in drei verschiedenen Formen vor, als gewöhnliche Kohle, als Graphit (in unseren Bleistiften) und als Diamant. Kohle und Graphit sind gestaltlos, wenngleich Graphit auch Krystalle bilden kann, erstere ist tiefschwarz, letzterer silbergrau. Der Diamant bildet Krystalle und ist vollkommen wasserklar durchsichtig. In allen drei Formen ist der Kohlenstoff fest; während jedoch der Graphit zu den weichsten Körpern gehört, ist der Diamant der härteste, den es giebt. Der Kohlenstoff kommt in allen organischen Verbindungen vor, er ist für diese Verbindungen von so großer Wichtigkeit, daß man ihn fast als organisches Element benennen könnte, und daß von vielen Chemikern die organische Chemie auch als Chemie des Kohlenstoffs bezeichnet wird.

Der gewöhnliche Kohlenstoff, die Kohle (auch Kohlengegenstände 13 a, d, g, 34, 5 a, Fet 13 a, d, 20 b 1), ist ein brennbarer Körper. Da er in allen organischen Verbindungen vorhanden ist, so tritt er auch überall auf, wo solche Verbindungen vollständig oder theilweise Zersetzungen erfahren haben. Man findet ihn demgemäß in der Erde an solchen Stellen, wo große Ansammlungen von Pflanzen stattgefunden haben, die im Laufe der Jahrtausende ihrer anderen Bestandtheile durch chemischen Zerfall beraubt worden sind. Er kommt dann als Steinkohle oder Braunkohle vor. Keine dieser Kohlenarten ist ganz rein, doch ist die Steinkohle reiner als die Braunkohle.

Steinkohlenlager finden sich bekanntlich an sehr vielen Stellen der Erde, namentlich scheinen sie in Nordamerika sehr ausgedehnt zu sein. Sie kommen dann noch vor in England, Deutschland (Rheinprovinz, Schlesien), Frankreich, Spanien, China u. s. f. Am meisten ausgebeutet werden sie in England. Braunkohlen sind Produkte der Pflanzenwelt, deren Zerlegung noch nicht so weit fortgeschritten ist, wie diejenige der Steinkohlen, sie sind gleichfalls sehr weit verbreitet und finden sich auch in Deutschland in großen Lagern. Hier ist auch der Torf zu erwähnen, der sich unter unseren Augen durch Vermoderung von Sumpfpflanzen bildet und jedem unserer Leser eine genügend bekannte Erscheinung ist. Ueber andere Kohlen, wie Holzkohle, Knochenkohle, Gaskohle, Roaks u. s. f. ist nichts besonderes zu sagen.

Noch mehr Kohlenstoff als selbst die Steinkohle enthält der Anthracit und das Fet.

Die zweite Form der Kohle, der Graphit (Eisenschwärze, Reißblei, Wasserblei u. s. f.) (7 a, 5 a), kommt in England, Bayern, Nordamerika und an anderen Orten der Erde in mehr oder weniger großer Menge vor, er kann nicht zum Brennen verwendet werden, dient zur Herstellung der Bleistifte, deren Bezeichnung als Bleistifte (5 a) hiernach nicht mehr ganz richtig ist, sowie zur Fabrikation von Graphittiegeln (38 d), zum Schmelzen von gewissen Metallen. Die dritte Form des Kohlenstoffs ist die allersehnste, Diamanten (33 a, 33 g, 20 a) von einiger Größe werden ja mit enormen Summen bezahlt.

Nicht alle Kohlenarten brennen gleich leicht, man kann sie darum auch nicht alle ohne Weiteres anzünden. Diamant erfordert sogar zu seiner Anzündung besonderer Vorrichtungen; man muß ihn vorher so hoch erhitzten, daß Silber dabei schmilzt.

74. Das Verbrennen der Kohle besteht, wie dasjenige aller anderen Körper, in einem Verbinden mit Sauerstoff, es bilden sich dabei zwei Gasarten, Kohlenoxydgas (CO) und Kohlenäure (CO_2), von denen namentlich die zweite bekannt ist. Beide Gase vermögen das Athmen nicht zu unterhalten. Wie sehr z. B. die Kohlenäure das Athmen erschwert, wissen Alle, welche in Brennereien in der Nähe der Gährbottiche zu thun haben, aus denen Kohlenäure massenhaft aufsteigt. Das Kohlenoxydgas ist sogar außerdem noch giftig, es bildet sich besonders bei unvollständigen Verbrennungen, wie sie bei zu frühem Schließen des Ofens stattfinden, und ist hauptsächlich an der tödtlichen Wirkung des Kohlendunstes schuld. Die Kohlenäure ist ein weitverbreitetes Gas, sie kommt in der Luft und im Wasser frei vor und verleiht diesem letzteren einen Theil seiner auflösenden Kraft und seiner Frische. Die meisten Brunnen, welche in Bädern zu Heilzwecken getrunken werden, enthalten auch Kohlenäure, manche würden ohne die

Kohlensäure gar nicht genießbar sein. Ferner bricht Kohlensäure aus gewissen Stellen der Erde hervor. Es ist auch allgemein bekannt, daß alle Thiere beim Ausathmen zugleich mit dem eingeathmeten Stickstoff neben Wasserdampf auch Kohlensäure aus ihrem Körper ausscheiden. Da die Kohlensäure schwerer ist als Luft, so sinkt sie überall zur Erde; an solchen Stellen, wo sie aus der Erde hervorquillt, bleibt sie daher auch in der Nähe der Erdoberfläche. Es kommt deshalb vor, daß Menschen solche Orte gefahrlos durchschreiten, weil sie mit dem Kopfe über die Kohlensäureschicht hervorragen, also frei athmen können, während kleine Thiere in dieser Schicht bleiben und darum ersticken. In chemischer Verbindung kommt die Kohlensäure in massenhaften Gesteinen vor, namentlich im kohlensauren Kalk (CaCO_3), zu dem auch der Marmor gehört.

Die Kohlensäure kann verhältnißmäßig leicht flüchtig gemacht werden; daß sie bei der Herstellung der künstlichen Mineralwässer, bei der Eisfabrikation, der Weinbereitung, Bieraufreicherung und bei vielen anderen Gelegenheiten Anwendung findet, braucht nur erwähnt zu werden.

3. Die organischen Körper.

a) Die Kohlenwasserstoffe.

75. Die vier bis jetzt behandelten Elemente setzen, wie bereits mehrfach hervorgehoben worden ist, zu zweien, dreien oder vierten alle Körper der Pflanzen- und Thierwelt zusammen. Außer ihnen nehmen daran nur noch Theil etwa der Schwefel und der Phosphor, jedoch beide in sehr viel geringerem Maße als die genannten. Für die Steuertechnik kommen nur wenige dieser organischen Körper, deren bisher bekannte Zahl viele Tausende beträgt, in Frage. Wir werden sie kurz erwähnen und beschreiben.

76. Die einfachsten Verbindungen der organischen Chemie sind diejenigen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, die Kohlenwasserstoffe. Sie sind außerordentlich zahlreich, lassen sich jedoch auf bestimmte Gruppen zurückführen. Die erste Gruppe umfaßt alle Verbindungen, bei denen Wasserstoff um 2 mehr Verbindungsgewichte enthält als die doppelte Zahl der Verbindungsgewichte des Kohlenstoffs beträgt. Die folgenden Gruppen haben immer je 2 Verbindungsgewichte Wasserstoff weniger. Die Formeln lauten hiernach:

1. CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} , Gruppe der Methane
(Sumpfgasreihe);
2. CH_2 , C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 , C_5H_{10} , C_6H_{12} , Gruppe der Methylen-
(Olefine);
3. C_2H_2 , C_3H_4 , C_4H_6 , C_5H_8 , C_6H_{10} , Gruppe der Acetylene;

4. C_3H_2 , C_4H_4 , C_5H_6 , C_6H_8 , Gruppe der Terpene;
 5. C_4H_2 , C_5H_4 , C_6H_6 , Gruppe der Benzole
 u. f. f.

Nicht alle so zu bildenden Gruppen kommen in der Natur vor, ebenso wenig sind alle in den einzelnen Gruppen verzeichneten Verbindungen vorhanden. Hinsichtlich der Beschaffenheit der vorhandenen Verbindungen gilt im Allgemeinen die Regel, daß bei geringem Gehalt an Kohlenstoff die Verbindungen gasförmig, bei höherem flüchtig, und zuletzt fest sind. Ähnliches gilt für die Temperatur, bei welcher die Verbindungen sieden oder schmelzen, indem auch diese mit dem Kohlenstoffgehalt anwächst. Die gasförmigen Verbindungen sind meist leicht entzündlich und brennen mit schwach- oder auch hellleuchtender Flamme, die flüssigen und festen entwickeln vielfach beim Erwärmen leicht entzündliche Dämpfe. Die Kohlenwasserstoffe sind wichtig für unsere Beleuchtungsmittel, da sie die Leuchtgase, Mineralöle (Erdöle), Paraffine zusammensetzen, ebenso für die Farbenfabrikation.

77. Wir betrachten zunächst die beiden ersten Gruppen. Diese sind es besonders, welche die Erdöle und Paraffine bilden, sie sind jedoch auch in dem Leuchtgase zum Theil enthalten. Verbindungen bis zu 4 Verbindungsgewichten Kohlenstoff sind gasförmig. Wir nennen als besonders bemerkenswerth aus der zweiten Gruppe (in welcher übrigens CH_2 selbst nicht vorkommt) das Methylen oder ölbildende Gas C_2H_4 . Es ist von unangenehmem Geruch, farblos, nicht athembare, brennt angezündet mit heller Flamme, giebt mit Luft gemischt ein Knallgas und kann zu einer Flüssigkeit verdichtet werden. Es findet sich in Kohlengruben und ist ein erheblicher Bestandtheil des Leuchtgases. Seinen Namen ölbildendes Gas hat es davon, daß es mit Chlor gemischt sich zu einer ölartigen Flüssigkeit umsetzt. Die folgenden Stoffe dieser Gruppe heißen: Propylen, Butylen, Amylen (letzteres bereits flüchtig) u. f. f.

Von den gasförmigen Kohlenwasserstoffen der ersten Gruppe ist bereits die erste Verbindung CH_4 , das Methan oder Sumpfgas oder Grubengas sehr merkwürdig. Es findet sich zwischen den einzelnen Schichten oder Höhlungen der Kohlenflöze eingeschlossen, strömt beim Abbau derselben oft plötzlich aus und bildet, vermischt mit der atmosphärischen Luft, ein gefährliches explosibles Gas, das schlagende Wetter, dessen unvermutheten Explosionen leider so oft Hunderte von Grubenarbeitern zum Opfer fallen. Vielfach strömt es auch, mit anderen Gasen der Kohlenwasserstoffe vermischt, aus der Erde, und ist es einmal entzündet, so brennt es so lange fort als es Zufuhr aus dem Inneren der Erde erhält. Solche natürliche brennende Gase sind die heiligen Feuer zu Baku, welche seit uralter Zeit einen Gegenstand der Anbetung für Zoroaster's Schüler bilden, denen das Feuer

die heiligste Erscheinung ist. Es ist farb-, geruch- und geschmacklos, und nur etwas mehr als halb so dicht wie Luft. C_2H_6 heißt Methan, kommt in dem Petroleum vor und brennt wie Methan. Ähnliche Eigenschaften besitzt das Propan C_3H_8 , nur daß es beim Brennen stark leuchtet und bei 25 Grad Kälte ohne Druckvermehrung in eine Flüssigkeit übergeht. C_4H_{10} ist Butan und bereits bei 1 Grad Wärme flüchtig.

Die flüssigen Kohlenwasserstoffe dieser Gruppen haben alle mit einander große Ähnlichkeit, sie siedeln jedoch bei um so höheren Temperaturen, je größer ihr Kohlenstoffgehalt ist. Ihre Dichte ist immer geringer als diejenige des Wassers, sie sind in Wasser wenig oder gar nicht löslich, wohl aber in Alkohol und Aether, vielfach leicht beweglich, nur wenig gefärbt, meist mit einem nicht unangenehmen Geruch begabt und entwickeln beim Erwärmen brennbare Dämpfe. Säuren haben auf sie unter gewöhnlichen Verhältnissen fast gar keinen Einfluß, sondern nur beim Erwärmen, wobei sie in Wasser und Kohlen Säure zerfallen. In beiden Gruppen scheinen die unter gewöhnlichen Verhältnissen flüssigen Kohlenwasserstoffe bis zu Verbindungen mit 16 Verbindungsgewichten Kohlenstoff zu gehen, so daß man deren in jeder Reihe etwa 12 zu unterscheiden haben würde, indessen ist hierüber etwas sicheres nicht bekannt.

Die festen Kohlenwasserstoffe heißen auch Paraffine; sie sind noch widerstandsfähiger gegen Säuren als die flüssigen. Was wir gewöhnlich Paraffin (261) nennen, ist ein Gemisch von verschiedenen festen Kohlenwasserstoffen, meist der ersten Gruppe von $C_{22}H_{46}$, $C_{24}H_{50}$, $C_{27}H_{56}$. Paraffine der zweiten Gruppe werden durch trockene Destillation des chinesischen Wachses und des gewöhnlichen Wachses (26 m) erhalten und kommen auch in dem aus Ozokerit (roh 36, gereinigt 26 m) hergestellten Paraffin vor. Der Schmelzpunkt der Paraffine liegt meist höher als 30 Grad, ferner sind die Paraffine weniger dicht als Wasser.

78. Die Verbindungen der dritten Gruppe, von denen die erste C_2H_2 Acetylen heißt und ein Gas ist, welches ähnlich giftig wirkt wie Kohlenoxyd, sind, soweit sie gasförmig sind, in dem Leuchtgase enthalten. Die flüssigen haben meist einen stechenden durchdringenden Geruch.

Die vierte Gruppe enthält Verbindungen, welche in den sogenannten ätherischen Ölen vorkommen. Die Verbindungen beider Gruppen sind für uns nicht von Bedeutung.

Die fünfte Gruppe dagegen umfaßt eine äußerst wichtige Klasse von Körpern, welche bei der Bildung der zahlreichen sogenannten aromatischen Verbindungen beteiligt sind. Diese Kohlenwasserstoffe heißen darum zusammen mit Kohlenwasserstoffen der folgenden Gruppen aromatische Kohlenwasserstoffe. Die aromatischen

Kohlenwasserstoffe werden hauptsächlich durch trockene Destillation des Steinkohlentheers gewonnen, sie sind jedoch auch im Braunkohlentheer, den Erdölen, den Delen der Schiefer, dem Holz u. m. a., wenn auch nur in geringen Mengen, enthalten. Besprechen werden wir sie an einer anderen Stelle.

79. Wir haben nun von denjenigen Körpern zu berichten, welche, wie bereits bemerkt ist, von den Verbindungen der Kohlenwasserstoffe zusammengesetzt werden, nämlich von den Erdölen, welche einen Theil der sogenannten Mineralöle bilden, den Paraffinen, Wachsen u. s. f. Die Erdöle sind Mischungen von den flüssigen Verbindungen der beiden ersten Gruppen von Kohlenwasserstoffen, enthalten jedoch im natürlichen Zustand auch gasförmige Verbindungen davon und feste aufgelöst. Außerdem kommen in ihnen Verbindungen der aromatischen Kohlenwasserstoffe vor, ferner Harze und manche andere organische Substanzen. Das Verhältnis, in welchem die verschiedenen Kohlenwasserstoffe in ihnen gemischt sind, ist je nach dem Ursprung und der Herkunft der Oele sehr verschieden. Hinsichtlich des Ursprunges ist zu bemerken, daß Erdöle entweder als Rohpetroleum fertig aus der Erde entnommen oder aus organischen Stoffen, wie Braunkohlen, Torf, Erdpech, Erdtheer, Erdwachs (Zokerit) durch Destillation gewonnen werden. Fertiges natürliches Del, Rohpetroleum (29 a), hat sich wahrscheinlich, ebenso wie das Erdpech, Erdwachs, der Erdtheer, aus den Resten untergegangener vorweltlicher Thiere im Laufe vieler Tausende von Jahren gebildet. Es kommt an manchen Stellen der Erde so massenhaft vor, daß von diesen aus die ganze Welt damit versorgt werden kann. Die wichtigsten Petroleumlager sind die von Nordamerika und vom Kaukasischen Rußland, woselbst Quellen erbohrt sind, die ständig viele Meter hohe, dicke Strahlen Petroleum aus dem Innern der Erde emporsenden. Die Quellen in Rußland sind sogar so reich, daß es einstweilen kaum möglich ist, alles aus ihnen hervorsprudelnde Del zu verwenden. Auch in Deutschland hat man an einzelnen Stellen Petroleumquellen gefunden, so im Hannoverschen (Delheim bei Peine), im Elsaß bei Wörth, Hagenau, Pechelbronn und am Tegernsee in Südbayern, woselbst ein heiliger Mönch das aus der Erde quellende Del bereits vor mehreren Jahrhunderten zu Heilzwecken benützt hat. Ferner kommen solche Oele vor in Galizien, Aegypten, Persien u. s. f. Das russische Petroleum enthält verhältnißmäßig mehr dicke und schwerer siedende Kohlenwasserstoffe als das amerikanische, die deutschen Oele stehen durchschnittlich zwischen den russischen und amerikanischen, die galizischen scheinen den russischen mehr zu entsprechen als den amerikanischen. Aus dem Rohpetroleum werden eine große Anzahl von Produkten gewonnen, die man in drei Klassen einreihen kann: 1) leichte Oele, 2) Leuchtöle, 3) Schmieröle. Man erhält sie durch fraktionirte Destil-

lation. Da das Petroleum eine Mischung sehr verschiedener, bei verschiedenen Temperaturen siedender Oele ist, so kann man eine gewisse Trennung dieser Oele dadurch herbeiführen, daß man das Petroleum erst wenig und dann mehr und mehr erhitzt und die jedes Mal sich entwickelnden Dämpfe gesondert auffängt und durch Abkühlung verdichtet. Die zuerst übergehenden Dämpfe geben die leichten Oele (29a), die man auch Benzine nennt (Khitolen, Petroleumäther, Gasolin, Benzin, Ligroin, Rußöl), deren Dichtigkeit zwischen 0,6 etwa bis 0,78 liegt. Es dienen diese Oele zum Ausziehen von Pflanzenölen aus Samen, zur Entfettung von Stoffen, zum Reinigen von Wäsche und anderen Kleidungsstücken (als Fleckwasser), zur Bereitung von Delgas, zum Rußen und Einölen von Maschinentheilen, zum Verdünnen von Delfarben u. s. f. Sie sind leicht entzündlich und müssen darum mit Vorsicht behandelt werden.

Wenn die Wärme hoch genug gestiegen ist (über 120 Grad etwa), beginnen die schwereren als Leuchtöl (29a) zu verwendenden Oele, die Kerosene, überzugehen. Ihre Dichte schwankt zwischen 0,785 und 0,845, doch giebt es auch Leuchtöle russischer, ägyptischer und galizischer Herkunft, deren Dichtigkeit bis zu 0,875 geht, und andererseits solche aus amerikanischem Petroleum hergestellte, deren Dichtigkeit bis 0,780 und darunter herabgeht.

Durch weitere Destillation bei noch höheren Temperaturen werden die zum Leuchten nicht mehr tauglichen aber als Schmiermittel verwendeten Schmieröle (Lubricating, Paraffin-, Vaselin-, Vulkanöl 29b, Vaselin und Vaselin salbe 26i, parfümirt 31e) hergestellt. Diese sind konsistenter als alle anderen Oele, ihre Dichtigkeit variirt bis zu etwa 0,95.

Der Rückstand giebt das Petroleumpech (36), welches wie Asphalt verwendet wird. Außerdem werden aus dem Petroleum noch hergestellt Vaselin, Drucker schwärze (5h), Paraffin (26i) u. a. m.

Daß die verschiedenen Produkte des Rohpetroleums nach ihrer Gewinnung auch noch gereinigt (raffinirt) werden (mit Schwefelsäure und Natronlauge), ist hier nur zu erwähnen. Durch den Grad der Reinheit, den Gehalt an besonderen Oelen, Paraffin und Gasen unterscheiden sich die außerordentlich vielen Delarten von einander, die im Handel unter den verschiedensten Namen vorkommen. Unter Naphtha versteht man entweder Rohpetroleum oder leichte Oele. Zu bemerken ist noch, daß bei den Leuchtölen es besonders auch auf ihre gefahrlose Anwendbarkeit ankommt; ihre Entflammungstemperatur darf nach der Verordnung vom 22. Februar 1882 nicht unter 21° C. sinken, wenn sie nicht als feuergefährlich bezeichnet werden sollen.

80. Den vorstehend behandelten entsprechende Oele werden durch Destillation von Braunkohlentheer, sowie aus Erdtheer, Erd-

wachs (Dzokerit) hergestellt. Braunkohlentheer (36) wird durch trockene Destillation von Braunkohlen gewonnen. Er ist dickflüssig, erstarrt schon bei fünf Grad über Null und hat eine Dichtigkeit zwischen 0,820 und 0,870. Er giebt bei der fraktionirten Destillation leichte Oele (29a), Leuchtöle (29a), Schmieröle (29b) und besonders viel Paraffin (26i), außerdem noch manche andere Stoffe und als Rückstand Asphalt. Bergpech (36) und Bergtheer (36) (auch Asphalt genannt) kommen in kompakten mehr oder weniger weichen und flüssigen Massen vor (z. B. am Todten Meer, in Pechelbronn), oder von Gesteinen aufgesogen, die man alsdann bituminös nennt (wie bituminöser Kalk, Sandstein, Dolomit, Schiefer u. s. f.). Die Dichtigkeit der Asphalte ist größer als diejenige des Wassers, ihre Oele sind durchschnittlich etwas schwerer als die vorgenannten. Bei ihnen ist der Rückstand naturgemäß sehr groß. Endlich Erdwachs oder Dzokerit (auch Bergwachs, Restgil genannt) (roh 36, gereinigt oder raffiniert 26m) findet sich in England, Rußland, Ungarn, Persien u. s. f., ist weniger dicht als Wasser und giebt hauptsächlich Paraffin und schwere Oele.

6. Die Alkohole, Aether, Ester und Aldehyde.

81. Aus den Kohlenwasserstoffen kann man den größten Theil aller übrigen organischen Verbindungen ableiten, indem man sie mit anderen Elementen zusammengesetzt denkt, oder indem man der Reihe nach ein Verbindungsgewicht Wasserstoff nach dem anderen entfernt und andere Elemente an deren Stelle tretend sich vorstellt. Die Systematik ist ziemlich schwierig und ohne tieferes Eingehen auf die verschiedenen Ansichten über die Natur der chemischen Verbindungen nicht wohl darstellbar. Es kommt uns jedoch hierauf nicht an, sondern lediglich auf eine Kenntniss der wichtigsten organischen Körper. Einiges Leichtere und Interessante wird Erwähnung finden.

Schon die einfachste Verbindung der Kohlenwasserstoffe, die mit dem Sauerstoff, ist von großer Wichtigkeit. Kohlenwasserstoffe der ersten Gruppe mit einem Verbindungsgewicht Sauerstoff verbunden, also Dryde dieser Kohlenwasserstoffe, bilden die Alkohole. Da es eine große Zahl von solchen Kohlenwasserstoffen giebt, sind auch viele Alkohole vorhanden. Ihre Formeln lauten dem Obigen zufolge CH_4O , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, . . .

82. Von allen Alkoholen ist der an zweiter Stelle genannte $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ der weitaus wichtigste. Er ist der gewöhnlich so genannte Alkohol oder Weingeist (25b), chemisch führt er auch den Namen Methylalkohol. Zu seiner Fabrikation gehören solche Rohstoffe, welche die früher (Art. 48) genannten Zuckerarten bereits fertig enthalten, oder welche andere Stoffe besitzen, die in diese Zuckerarten verwandelt werden können, nämlich gewöhnlichen Zucker oder Stärke.

Stoffe der ersteren Art geben die Säfte vieler Pflanzen, wie Traubensaft, Aepfel- und Birnensaft, Pflaumensaft, Kirschsaft, Beerenjaft u. s. f. Stoffe der zweiten Art liefern die Zuckerfabriken in Gestalt der Melassen, das sind die mit einigem Gehalt an gewöhnlichem Zucker noch versehenen Reste der in diesen Fabriken auf Zucker verarbeiteten Rohstoffe (Zuckerrohrsaft, Rübensaft), sodann die Getreidearten, Kartoffeln u. s. f., welche Stärke in Zellen eingeschlossen enthalten.

Im Großbetrieb wird der Alkohol hauptsächlich aus Stoffen der zweiten Art gewonnen, es giebt also Melasse-, Korn-, Mais-, Kartoffelbrennereien u. s. f. Die Operation, deren es hier mehr bedarf, als beim Bearbeiten der Stoffe erster Art, besteht in der Umwandlung des gewöhnlichen Zuckers oder der Stärke in die vergährbaren Zuckerarten, was, wie bereits beschrieben (Art. 48), durch Hinzufügung von Malz zu der Melasse bezw. zu den, behufs Sprengung der die Stärke enthaltenden Pflanzenzellen zerkleinerten, gedämpften und aufgeweichten Getreiden oder Kartoffeln geschieht, oder durch Kochen mit Säuren bewerkstelligt werden kann. Die weiteren Operationen sind in beiden Fällen im Wesentlichen die nämlichen. Die die vergärenden Zuckerarten enthaltende Flüssigkeit, die Maische, wird mit dem nöthigen Ferment zur Hervorbringung der Gährung, mit Hefe, versetzt. Die Zuckerarten zerlegen sich dadurch in Alkohol und Kohlensäure (wobei zugleich etwas Glycerin und Bernsteinsäure entsteht), letzteres Gas entweicht in die Luft, der Alkohol bleibt in der Flüssigkeit zurück und wird, wenn es, wie beim Bier, der Zweck erheischt, in derselben belassen oder durch Destillation von ihr getrennt. Die erste Trennung durch Destillation ist keine vollständige, da stets Wasser mit übergeht, und außerdem eine Reihe anderer Stoffe, die in der Maische enthalten sind, mitgerissen werden. Von diesen den Alkohol soweit nöthig zu befreien, ist Aufgabe der Branntwein-Reinigungsanstalten, es geschieht dieses wesentlich durch mehrfach wiederholte Destillation. Was man zuletzt erhält, ist Alkohol, der nur noch mit sehr wenig Wasser vermischt ist, oder es sind die verschiedenen trinkbaren Branntweine (aller Art 25b), welche noch einige fremde Stoffe enthalten, deren Gegenwart nicht weiter stört oder sogar zum Hervorbringen eines besonderen Geschmacks erwünscht ist. Was von der Maische zurückbleibt, ist die in der Landwirthschaft zum Füttern u. s. f. verwendete Schlempe.

Die Fruchtsäfte gähren übrigens meist ohne Hinzufügung von Hefe, die hierzu nöthigen Organismen kommen ihnen in genügender Menge aus der Luft zu, so namentlich der Traubensaft, welcher vergohren Wein giebt.

83. Der Alkohol mischt sich mit Wasser in allen Verhältnissen. Dabei entsteht eine Zusammenziehung (Kontraktion), so daß zwei

gleiche Volumina von Wasser und Alkohol gemischt, nicht das doppelte Volumen Branntwein, sondern ein geringeres ergeben. So bilden 50 Liter Alkohol und 50 Liter Wasser nur 96,4 Liter Branntwein, und es bedarf zur Herstellung eines Branntweins von 60 Volumenprocenten nicht 40 sondern 43,7 Liter Wasser u. s. f. Die Stärke der Branntweine bemißt man nach ihrem Gehalt an Alkohol. Giebt man sie an in der Anzahl Liter Alkohol auf 100 Liter des Branntweins, so bezeichnet man diese Stärke als die Volumenprocente des Alkohols. Rechnet man sie nach der Anzahl Kilogramm Alkohol in 100 Kilogramm des Branntweins, so ist diese Stärke in Gewichtsprocenten ausgedrückt. Die Volumenprocente lassen sich in Folge der oben erwähnten Kontraktion nicht aus den Mischungsverhältnissen berechnen; es bedarf dazu stets erst der Kenntniß dieser Kontraktion, welche für die verschiedenen Branntweine verschieden groß ist. Dagegen sind die Gewichtsprocente unmittelbar aus den Mischungsverhältnissen zu entnehmen. Denn da Gewichte sich unter keinen Umständen ändern, ist das Gewicht einer Mischung stets gleich der Summe der Gewichte der einzelnen Bestandtheile; 50 Kilogramm Alkohol und 50 Kilogramm Wasser geben immer 100 Kilogramm Branntwein, ebenso 40 Kilogramm Alkohol und 60 Kilogramm Wasser u. s. f. Die Stärke eines Branntweins, der nach Gewichtsprocenten gemischt wird, ist also stets vorher angebbar, nicht dagegen, wenn er nach Volumenprocenten zu mischen ist. Der ganz reine Alkohol ist farblos, von angenehmem Geruch und brennendem Geschmack, und findet nicht allein zur Bereitung von Branntwein und Likör, sondern auch in der Technik vielfache Anwendung. Branntweine (25b) bestehen wesentlich aus Wasser und Alkohol, Liköre (25b1) enthalten auch Zusätze von Zucker und gewissen Essenzen, ihr Gehalt an trockenen Substanzen wird als ihr Extraktgehalt bezeichnet.

84. Von den anderen Alkoholen kommen viele, namentlich der Amylalkohol ($C_5H_{12}O$), in dem sogenannten Fuselöl des fuselhaltigen Branntweins vor und geben diesem im Uebermaaß den unangenehmen Geruch und Geschmack. In geringen Mengen bilden sie je nach ihrer Zusammensetzung geschätzte Beimengungen, die die verschiedenen Branntweine von einander charakteristisch unterscheiden. Der an erster Stelle genannte Alkohol CH_4O , mit nur einem Verbindungsgewicht Kohlenstoff, heißt auch Methylalkohol oder Holzgeist (5m), er wird vielfach dazu verwendet, den Branntwein, der zu gewerblichen Zwecken unter Steuererleichterung abgegeben werden soll, für den Genuß unbrauchbar zu machen, zu denaturiren.

85. Denkt man sich in einem Alkohol alle Verbindungsgewichte verdoppelt und dann zwei Verbindungsgewichte Wasserstoff und ein Verbindungsgewicht Sauerstoff, also kurz ein Verbindungsgewicht Wasser

wieder in Abzug gebracht, oder, was noch leichter zu behalten ist, einen Alkohol mit einem entsprechenden Kohlenwasserstoff der zweiten Klasse verbunden, so erhält man die sogenannten Aether. Der gewöhnliche Aether (5 a) kann auf diese Weise aus dem gewöhnlichen Alkohol abgeleitet werden, muß hiernach als Methyläther bezeichnet werden; das Doppelte des Alkohols giebt $C_4H_{12}O_2$, davon H_2O abgezogen bleibt $C_4H_{10}O$, welches die chemische Formel für diesen Aether ist. Dasselbe bekommt man, wenn man den gewöhnlichen Alkohol C_2H_6O mit dem entsprechenden Kohlenwasserstoff C_2H_4 der ersten Klasse vereinigt denkt. Dieser Aether ist noch leichter als Alkohol, dünnflüssig, entwickelt schon bei gewöhnlicher Zimmerwärme starkriechende Dämpfe, die sich leicht entzünden und siedet bei 35 Grad Wärme. Mit Alkohol mischt er sich in jedem Verhältniß und giebt in der Mischung von 1 Theil Aether und 3 Theile Alkohol die bekannten Hoffmannstropfen (wie Branntwein), mit Wasser nur sehr wenig. Er löst Fette, Oele, Harze und manche andere Stoffe.

86. Vermischt man Alkohole mit Säuren, so entstehen, wieder unter Abtrennung von Wasser, neue Körper, welche zusammengesetzte Aether oder Ester (5 a) heißen. Die Säuren können gewöhnliche anorganische Säuren sein, wie Salpetersäure, Schwefelsäure u. s. f., oder organische, wie Weinsäure und andere, die wir noch kennen lernen werden. So ist beispielsweise Salpetersäure-Methyl ester $C_2H_5NO_3$ (also $C_2H_6O + HNO_3 - H_2O$), Methylschwefelsäure $C_2H_5HSO_4$ (also $C_2H_6O + H_2SO_4 - H_2O$) u. s. f. Ester finden sich vielfach in Flüssigkeiten und scheiden sich aus diesen mit noch anderen Stoffen beim Schütteln mit Salz als Oelschicht aus. Kocht man Ester in Wasser und setzt stark basische Lösungen (Laugen) hinzu, so werden die Alkohole wieder ausgeschieden und die Säuren verbinden sich mit den Basen zu Salzen, welche, wenn diese Säuren organische sind, Seifen geben. Derartige Operationen heißen Verseifungen der Ester. Als Ester bezeichnet man übrigens auch die Verbindungen der Glycerine mit Säuren, die wir noch kennen lernen werden. Auch die Aether verbinden sich mit Säuren, unter Abspaltung von Wasser zu Estern, z. B. Schwefelsäure-Methyl ester $C_4H_{10}SO_4$ (also $C_4H_{10}O + H_2SO_4 - H_2O$).

87. Die Chemiker betrachten die Alkohole als bestehend aus HO, was sie Hydroxyl nennen, und einem Rest, das Radikal, so ist z. B. Methylalkohol = C_2H_5 (Radikal) + HO (Hydroxyl). Das HO enthält ein Wasserstoff weniger als Wasser, es ist also ungesättigt, und zwar einwerthig. Tritt an dessen Stelle eine andere, gleichfalls ungesättigte einwerthige Verbindung, so erhält man neue Körper. Auf diese Weise entstehen z. B. die Merkaptane (5 m), übelriechende Körper, die in Wasser sich nicht lösen. Sie sind Alkohole, welche an Stelle der Verbindung HO die gleichwerthige HS (Schwefelwasserstoff weniger H)

enthalten oder, was leichter zu behalten ist, in die an Stelle des Sauerstoffes Schwefel getreten ist. Das Merkaptan des gewöhnlichen Alkohols ist hiernach C_2H_5HS . Die sogenannten Amine (5 m) der Alkohole erhält man, wenn an Stelle von HO ein H_2N (also Ammoniak weniger Wasserstoff) tritt, z. B. das nach faulen Fischen riechende Methylamin CH_5N , das Aethylamin C_2H_7N . Die stechend riechenden und Blasen ziehenden Senföle gehen aus den Alkoholen hervor, wenn man HO durch NCS (Sulfochansäure weniger Wasserstoff) ersetzt. Gleiches gilt von den Aethern. Ein Theil dieser Verbindungen kann wieder Ester geben, und so steigt die Zahl der auf diese Weise abgeleiteten Körper in's Ungemeßene; zumal die Alkoholradikale sich auch noch vervielfachen können, wodurch auch solchen ungesättigten Verbindungen in sie der Eintritt gestattet ist, welche zwei-, drei- oder mehrwerthig sind.

88. Man kann nun, wie die Kohlenwasserstoffe der ersten Gruppe, auch die der zweiten mit Sauerstoff verbunden oxydirt denken; man bekommt dann die sogenannten Aldehyde (5 m), welche hiernach den Alkoholen entsprechen und zwei Verbindungsgewichte Wasserstoff weniger enthalten als diese. Das bekannteste Aldehyd ist das mit dem gewöhnlichen Alkohol auf gleicher Stufe stehende Aethylaldehyd (5 m), welches auch gewöhnlich als Aldehyd bezeichnet wird. Seine Formel ist hiernach C_2H_4O . Es tritt vielfach zusammen mit dem Alkohol auf und entsteht insbesondere aus diesem bei der Essigfabrikation. Es ist, wie der Alkohol, farblos, von angenehmem Geruch, flüßig und mit Wasser, Alkohol und Aether in beliebigen Verhältnissen mischbar. In größerer Menge eingeathmet, verursachen seine Dämpfe Brustkrämpfe und Athemnoth. Läßt man es an der Luft stehen, so oxydirt es sich zu Essigsäure. Das Paraldehyd (5 m) $C_6H_{12}O_3$ ist gewissermaßen ein dreifaches Aldehyd und wird vielfach als Schlafmittel benutzt.

Aus den Aldehyden leiten sich, wie aus den Alkoholen, wieder eine große Anzahl Körper ab.

89. Ersetzt man im Aldehyd 3 Wasserstoffe durch 3 Chlore, so bildet sich das Chloral (5 m) C_2HCl_3O , eine farblose durchdringend riechende Flüssigkeit. Mit Wasser zusammen giebt sie das Chloralhydrat (5 m), in der Medicin als Schlafmittel angewendet. Chloral weniger CO ist das, allerdings nicht ganz hierher gehörende, Chloroform $CHCl_3$ (5 a), der mächtige Helfer der Chirurgen. Jodoform CHI_3 (5 m) und Bromoform $CHBr_3$ (5 m) sind ähnlich zusammengesetzt und finden gleichfalls in der Medicin Anwendung.

c) Die fetten Säuren, fetten Oele, Fette und Seifen.

90. Wir haben oben die Essigsäure erwähnt. Sie gehört einer neuen Reihe von Körpern an, die aus den Aldehyden dadurch abzuleiten sind, daß man in diesen zwei Verbindungsgewichte Wasserstoff

entfernt und durch ein Verbindungsgewicht Sauerstoff ersetzt, und die man organische fette Säuren nennt. Es gehört dazu die Ameisensäure (5 m) CH_2O_2 , welche in den Ameisen, Brenneffeln, Fichtennadeln u. s. f. vorkommt, flüchtig und um $\frac{1}{4}$ dichter ist als Wasser, stark sauer riecht und auf der Haut Blasen zieht, die bekannte Wirkung der Brenneffeln. Sodann die

Essigsäure $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, die auch als ein Oxyd des gewöhnlichen Aldehyds angesehen werden kann. Sie bildet sich, wie bereits erwähnt, in der That aus diesem, wenn es an der Luft steht, durch Oxydation. Essigsäure in Wasser aufgelöst giebt den Essig (aller Art 25 d 1, d 2, Himbeereßig p 1, parfümirter 31 e). Technisch wird er nach zwei Methoden hergestellt, aus Branntweinen und anderen alkoholhaltigen Flüssigkeiten, wie Weine, Biere u. s. f., oder aus gewissen Produkten des Holzes. Die Essigbildung nach der ersten Methode ist eine Gährungserscheinung wie die gewöhnliche Alkoholbildung, veranlaßt durch ein Ferment und tritt besonders rasch ein, wenn viel Luft mit den alkoholhaltigen Flüssigkeiten in Berührung kommt. Man läßt deshalb diese Flüssigkeit aus einem Gefäß, dessen Boden siebartig durchlöchert ist, in Strahlen durch die Luft in ein anderes Gefäß fließen und sorgt für noch weitere Zertheilung dadurch, daß man dieses zweite Gefäß mit Hobelspähnen anfüllt, welche man noch mit etwas Essig vorher begossen hat. Das nöthige Ferment kommt aus der Luft und aus dem Essig, mit welchem die Hobelspähne befeuchtet sind. Die Luft giebt außerdem noch den erforderlichen Sauerstoff zur Oxydation des aus dem Alkohol, durch Abspaltung von zwei Verbindungsgewichten Wasserstoff sich bildenden Aldehyds. Wenn die Flüssigkeit die Hobelspähne verlassen hat, ist sie bereits sauer; um sie noch saurer zu machen, läßt man sie denselben Weg nochmals und, wenn nöthig, ein drittes und viertes Mal durchlaufen. Diese Art der Essigfabrikation heißt die Schnelleßigfabrikation. Man gewinnt dadurch, je nach der angewendeten Flüssigkeit, Essigsäure, welche noch mit verschiedenen anderen Körpern vermischt ist, z. B. Weinessig, welcher aus Wein bereitet, noch Weinsäure, Bernsteinsäure und gewisse Aetherarten enthält, die ihm den angenehmen Geruch verleihen, Spiritusessig aus Branntwein, der etwas Essigäther enthält, Obstessig aus Apfel- und Birnenwein, in welchem noch Apfelsäure vorkommt, Bier-, Malz- oder Getreideessig aus der ungehopften Bierwürze, dem in Folge dessen Dextrine, Phosphate u. s. f. beigemengt sind, Rübenessig aus Zuckerrüben hergestellt.

Die zweite Methode beruht auf der Zersetzung des Holzes. Unterwirft man nämlich Holz der langsamen Verkohlung wie in den Meilern (trockene Destillation), so daß zuletzt nur Kohle zurückbleibt, so entweichen neben Kohlenoxyd, Kohlenäure und Wasserstoff auch viele

leichte und schwere Kohlenwasserstoffe und deren Verbindungen mit Sauerstoff. Fängt man diese auf und verdichtet sie durch Abkühlung mit kaltem Wasser, so erhält man zwei Flüssigkeitsschichten; die obere Schicht giebt den Holztheer, welcher eine dicke ölige Masse bildet, und aus Paraffin, Kreosot, Naphthalin u. s. w. zusammengesetzt ist, die untere wässerige Schicht den gewünschten Holzessig in Wasser auflöst und sehr unrein. Der rohe Holzessig muß also noch gereinigt werden. Das Technische hierfür gehört nicht hierher. Besonders feiner Holzessig wird als Tafelessig bezeichnet. Essig mit sehr vieler Säure heißt Dopplessig oder Essigsprit oder Essigeffenz (25 d 1, d 2, p 1).

91. Die wasserfreie Essigsäure ist um etwa $\frac{1}{16}$ dichter als Wasser und siedet auch bei höherer Wärme, sie riecht und schmeckt stechend sauer und zieht auf der Haut Blasen, in der Kälte bildet sie weiße blätterige Krystalle. Sie hat große Neigung, mit Metalloxyden unter Abgabe von Wasserstoff Salze zu bilden, die man als essigsaure Salze oder Acetate (5 m) bezeichnet. Eines der bekanntesten ist das Kupferacetat, welches im sogenannten Grünspath (5 m) der kupfernen Gefäße enthalten ist, in welchen Essig zur Anwendung gelangt ist. Aus Kupferacetat und arseniger Säure stellt man das Schweinfurtergrün (5 m) her.

Eine Umsezung der Essigsäure mit Alkohol ist der angenehm und erfrischend riechende und schmeckende Essigäther $C_4H_8O_2$ (5 a).

92. Von den anderen fetten Säuren nennen wir noch die Butter-säure $C_4H_8O_2$, welche als Fett in der Butter vorkommt und eine farblose, unangenehm ranzig riechende Flüssigkeit bildet, die Valerian-säure ($C_5H_{10}O_2$), zur Fabrikation der sogenannten Baldriantropfen (5 a) verwendet, und aus den Wurzeln der Pflanze Valeriana officinalis gewonnen, die Stearinsäure oder Talgsäure ($C_{18}H_{36}O_2$), in thierischen Fetten und mit Palmitinsäure ($C_{16}H_{32}O_2$) (sämmtlich 26 i) die Masse der Stearinkerzen ausmachend, beide feste Körper, die Oleinsäure oder Delsäure ($C_{18}H_{34}O_2$) (26 c) in den fetten Oelen enthalten, eine farb-, geruch- und geschmacklose ölige Flüssigkeit, die durch Stehen an der Luft sich oxydirt, schnell gelb und „ranzig“ wird, nebst vielen anderen, deren Aufzählung ermüden würde.

Die fetten Säuren heißen, wie aus den vorstehenden Angaben bereits zu ersehen ist, „fett“, weil sie, mit Glycerin umgesetzt, die thierischen und pflanzlichen Fette, sowie die fetten Oele und Wachssarten bilden. Der Körper, durch dessen Umsezung mit ihnen diese Fette und Oele entstehen, also das Glycerin oder Delsüß (5 m, parfümirt 31 e) $C_3H_8O_3$, wird in der That aus solchen Fetten als Nebenprodukt bei der Herstellung der Stearinkerzenmasse gewonnen und bildet sich auch bei der Alkoholgährung in geringen Mengen,

weshalb es vielfach auch in Weinen, Likören u. s. f. von Natur enthalten ist. Es ist eine syrupartige süßschmeckende Flüssigkeit, welche etwa um $\frac{1}{4}$ dichter ist als das Wasser und schwer siedet. Es verdunstet unter gewöhnlichen Verhältnissen fast gar nicht, löst Kupferoxyd, Kalk, Baryt, Kupfervitriol u. s. f., und bildet eine große Zahl von anderen organischen Körpern. Die Umsetzungen mit fetten Säuren geben die als Glycerinester zu bezeichnenden Fette und Oele.

93. Zur Herbeiführung dieser Umsetzungen erhitzt man Glycerin mit fetten Säuren und erhält dann unter Abspaltung von Wasser neue, als Triglyceride bezeichnete Körper, wie Palmitin (26 i) $3(C_{16}H_{31}O)C_3H_5O_3$, Stearin (26 i) $3(C_{18}H_{35}O)C_3H_5O_3$, Olein (26 c) $3(C_{18}H_{33}O)C_3H_5O_3$, Margarin (26 h) $3(C_{17}H_{33}O)C_3H_5O_3$, Butyrin (25 f) $3(C_4H_7O)C_3H_5O_3$, Laurin (26 f) $3(C_{12}H_{23}O)C_3H_5O_3$. Diese Körper mit einander in verschiedenen Verhältnissen gemischt bilden die thierischen und pflanzlichen fetten Oele und Fette, und zwar richtet sich die Konsistenz hauptsächlich nach dem Gehalt an Olein, welches selbst flüchtig ist, und ein Fett um so flüssiger macht, je mehr von ihm darin enthalten ist. Ein entscheidender Unterschied in der Zusammensetzung der thierischen Fette und Oele gegen die pflanzlichen ist nicht vorhanden. Doch enthalten die thierischen ausschließlich Triglyceride, und zwar namentlich die drei erstgenannten (Butter noch 2% andere Triglyceride), die pflanzlichen dagegen neben dieser auch freie Fettsäuren.

Die fetten Oele und Fette (25 f, 26, parfümirt 31 d, e, 5 f) gehören zu den verbreitetsten Stoffen im Pflanzen- und Thierreich und finden sich bei Pflanzen und Thieren fast in allen Theilen ihres Körpers oft frei, oft aber auch in Zellen eingeschlossen. Bei den Pflanzen werden sie hauptsächlich aus den Delfrüchten (Samen, Knollen, Früchte u. s. f.) (9 d α , d β) durch Auspressen oder Ausziehen mittelst gewisser Flüssigkeiten (z. B. Aether, Schwefelkohlenstoff, Benzin) gewonnen. Die Rückstände (Delkuchen oder Delmehl) (26 g) finden gleichfalls noch Verwendung.

Bei den Thieren finden sich Oele und Fette im Knochenmark (96%), Fettgewebe (83%), Rückenmark (23%), in der Milch (1 bis 7%) u. s. f., und selbst im Schweiß (0,001%). In den lebenden Thieren ist das Fett flüchtig, weil dann die Temperatur hinreichend hoch ist. Oele und Fette dienen als Nahrungsmittel (sie werden durch den Bauchspeichel und die Galle verdaut), sodann zur Herstellung der Seifen, der Firnisse, zum Verdünnen von Farben, Schmieren von Maschinen u. s. f. Die Eigenschaften der Oele und Fette sind hinreichend bekannt, auch die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Oelen und den verschiedenen Fetten — nach ihrem Gebrauch (Speiseöle, Schmieröle, Firnißöle, Butter [Kunstbutter (wie Butter) oder Margarine

wird aus gereinigtem Fett durch Entziehung des Stearins und versehen mit Rahm und anderen Stoffen hergestellt], Talg, Fett, Schmalz, Lanolin u. s. f., oder nach ihrer Herkunft (Olivenöl, Leinöl, Baumöl, Klauenöl, Thran, Hammeltalg, Schweineschmalz, Knochenfett u. s. f.) — dürfte Jedem geläufig sein. Frisch sind fast alle Oele und Fette geruchlos; nur Thran riecht fischig, Kakaobutter nach der Kakaobohne, Palmöl nach Weichenwurzel; bei längerem Stehen an der Luft oxydiren sie sich, indem Fettsäuren und Glycerin entstehen und riechen ranzig. Auch ein charakteristischer Geschmack fehlt ihnen im frischen Zustande; doch schmeckt Thran fischig; ranzig schmecken sie widerlich. Die Farbe ist weiß bis gelb. Im Wasser sind Oele und Fette fast ganz unlöslich, leicht löslich dagegen in Aether, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, flüssigen Kohlenwasserstoffen, warmem Alkohol u. s. f. Dagegen lösen wieder Oele und Fette ihrerseits Schwefel, Selen, Phosphor, Grünspan, Bleisalze und Pflanzenalkaloide. Die Oele und Fette sind meist neutrale Körper oder doch nur schwach sauer. Schüttelt man Oele oder zerlassene Fette in Wasser gehörig durch, bis sie in winzige Tröpfchen zerfallen sind, so bilden sie mit dem Wasser ein gleichartiges Gemisch, befinden sich darin in Emulsion; in dieser Form befindet sich das Fett in der frischen Milch (37 a, 25 p 1, 25 o, Milchwein oder Kefyr, auch Kumys 5 a). Bleibt diese längere Zeit stehen, so sammeln sich die Fetttröpfchen an der Oberfläche und bilden daselbst eine Fettschicht, die Sahne oder den Rahm. Doch enthält Milch nicht allein Fett, sondern vornehmlich auch noch einen anderen Körper, das Kasein, welches später behandelt wird. Aus Fetten und Oelen unmittelbar werden Salben (5 m, doch Vaselinjalbe 26 i), wohlriechende Oele und Pomaden (31 d, e) hergestellt.

Im heftigen Verbrennen geben Glycerin, Fette und Oele den vom Ueberlaufen der Milch jeder Hausfrau bekannten abfcheulichen Geruch, welcher von einem dabei entstehenden neuen Gase, Akrolein C_3H_4O , herrührt. Langsam in glühenden Röhren verbrannt, erhält man von den Fetten ein Gemenge von Gasarten, welches als Delgas zum Beleuchten dient.

94. Behandelt man Fette und Oele durch Kochen mit Alkalien, nämlich mit Aeskali (KHO), Aeknatron (NHO) u. s. f., ein Verfahren, welches man Verseifen der Fette und Oele nennt, so entstehen Seifen, Kaliseife (Schmierseife) (31 a, 31 c), Natronseife (harte Seife) (31 b, 31 c) u. s. f., welche nichts anderes sind als Gemenge von neutralen Verbindungen der betreffenden fetten Säuren mit Kalium, Natrium u. s. f. unter Abspaltung eines Verbindungsgewichts Wasserstoff, also neutrale fettsaure Salze. Dabei werden die an die Fette und Oele gebundenen Bestandtheile des Glycerins frei und geben mit Bestandtheilen der Verseifungsmittel wieder Glycerin, welches entweder

bestehen bleibt und aus der Seifenlauge gewonnen werden kann, oder in Folge des besonderen Fabrikationsprocesses sich weiter zerlegt. Die Wirkung der Seifen beim Waschen beruht darauf, daß sie, im Wasser aufgelöst, durch dieses zerlegt werden, und zwar in zwei Theile, in ein Alkali, welches die Unreinigkeiten wegnimmt, und in freie fettsaure Salze, welche Fett aufnehmen. Kocht man Fette in Wasser mit Bleioryd, so erhält man ein Gemenge von Verbindungen der in ihnen enthaltenen fetten Säuren mit Blei, ihre Bleisalze, welche die Pflaster (5 m) abgeben, außerdem entsteht zugleich wieder Glycerin.

95. Endlich ist von dem Glycerin zu erwähnen, daß es bei Behandlung mit Schwefelsäure und Salpetersäure das furchtbare Sprengmittel Nitroglycerin oder Sprengöl (5 h), einen dickflüssigen, etwas gelblichen Körper, liefert. Dynamit (5 h) ist Kieselguhr oder Sägespähne mit Nitroglycerin getränkt.

96. Den Fetten und Oelen in ihrem Verhalten nahe, stehen die Wacharten, sie sind Gemenge von Alkoholen und gewissen Estern, und enthalten auch freie fette Säuren. Bei gewöhnlicher Temperatur fest oder nur wenig weich, werden sie in der Kälte brüchig, in der Wärme knetbar, schmelzen unter 100 Grad Wärme, sind leichter als Wasser, in diesem und in Alkohol unlöslich, in Aether löslich und brennen. Walrath (Spermaceti) (26 i) steht an der Grenze zwischen Fetten und Wachsen. Bienenwachs (26 m) ist das gewöhnlichste Wachs. Es giebt auch Pflanzenwaxse (26 m, Baumwachs oder Klebwachs 5 h), wie das Carnaubawachs.

97. Zu den fetten Säuren in Beziehung stehen das Aceton C_3H_6O oder beweglicher Essigsprit (5 m), eine bewegliche Flüssigkeit von aromatischem Geruch, welche mit Wasser, Alkohol, Aether in allen Verhältnissen sich mischt, das Propion C_3H_7O und andere Körper (5 m), welche bei der Oxydation fette Säuren geben und zum Theil in den ätherischen Oelen enthalten sind, ferner gewisse Stoffe, die auch ein Verbindungsgewicht Stickstoff enthalten und in den thierischen Säften vorkommen.

d) Nicht fette organische Säuren.

98. Wir betrachten noch eine Reihe anderer organischer Säuren, die nicht zu den fetten Säuren gehören. Zwei Verbindungsgewichte Wasserstoff weniger als das Glycerin hat die Milchsäure (5 m) $C_3H_5O_3$, sie befindet sich im Magensaft und bildet sich durch einen Gährvorgang aus Zuckerarten. Auf diese Weise entsteht sie in der Milch beim Sauerwerden. In besonderer Form ist sie in dem Saft des Muskelfleisches enthalten; sie bildet sich daselbst bei körperlicher Arbeit in größeren Mengen und verursacht wahrscheinlich das Gefühl der Ermüdung. Auch entsteht sie daselbst beim Eintritt der Todten-

starre. Ein milchsaures Eisen Salz (5 m) (Ferrolactat) findet in der Medicin Anwendung.

Oxalsäure oder Klee säure genannt (5 e) $C_2H_2O_4$ ist wohl die stärkste organische Säure und in ihren Salzen weit verbreitet in der Pflanzenwelt. Sie ist fest, krystallinisch, zerfällt sich bei höherer Temperatur und bildet ein sehr heftiges Gift. Die Salze, die sie mit Metallen und Oxyden giebt, heißen Oxalate; es gehören dazu besonders das Klee Salz (5 e) C_2KHO_4 und das oxalsäure Calcium $C_2CaO_4 + 2H_2O$, welches in den sogenannten Maulbeersteinen mit als Blasenstein auftritt. Bernstein säure (5 m) $C_4H_6O_4$, ein fester Körper, ist im Bernstein enthalten und auch sonst in der Natur ziemlich verbreitet. Sie bildet sich zugleich mit Glycerin bei der Alkoholgährung, findet sich demnach auch in den Extracten der Weine. Asparaginsäure (5 m) findet sich mit manchen anderen organischen Säuren in der Rübenzucker melasse und entsteht auch bei der Verdauung der Eiweißkörper durch den Bauchspeichel. Zwei Wasserstofftheile weniger als Bernstein säure hat die Fumar säure (5 m) und die ihr chemisch gleiche Malein säure (5 m).

Fumar säure mit einem Verbindungsgewicht Wasser, also Bernstein säure oxydirt gedacht, ist Apfelsäure (5 m) $C_4H_6O_5$, sehr sauer, stark hygroskopisch und deshalb, wenn auch an sich fest, gewöhnlich eine syrupartige Flüssigkeit darstellend. Sie ist im Saft der Äpfel, Birnen, unreifen Trauben, Johannis-, Stachel-, Himbeeren, Quitten, u. s. f. enthalten und jedenfalls eine der verbreitetsten pflanzlichen Säuren, wenn sie auch nicht immer frei, sondern meist in Salzverbindungen (mit Kalium und Calcium besonders) auftritt. Uebrigens giebt es eine Menge Säuren, welche chemisch dieselbe Zusammensetzung haben wie diese Apfelsäure, die sich jedoch physikalisch wesentlich von ihr unterscheiden,

99. Weinsäure (5 m), davon giebt es zwei Arten, Rechtsweinsäure und Linksweinsäure (Antiweinsäure), die beide dieselbe Zusammensetzung $C_4H_6O_6$ haben. Die Bedeutung der Unterscheidung in Links und Rechts wird später klar werden. Zusammen bilden sie die Traubensäure. Sie sind einzeln und zusammen frei oder in den Kalium- und Calciumsalzen, im Traubensaft, in den unreifen Vogelbeeren, im Ananas, in den Gurken u. s. f. enthalten und bilden Krystalle, die in Wasser und Alkohol löslich sind. Von ihren wichtigen Salzen nennen wir das neutrale weinsäure Kalium $C_4K_2H_4O_6$, welches als Tartarus tartarisatus (5 m) ein bekanntes Arzneimittel bildet. Sodann den Weinstein $C_4KH_3O_6$ (5 m) auch Cremor tartari genannt, harte, angenehm säuerlich schmeckende Krystalle abgebend, kommt besonders im Wein vor. Da er sich zwar in Wasser, aber nicht in Alkohol löst, fällt im Wein mehr und mehr davon aus, je weiter der Alkoholgehalt durch Gährung zunimmt, und lagert sich in

den Fässern und Flaschen als braune Kruste ab. Das ist der rohe Weinstein, Cremor tartari ist gereinigter Weinstein. Dieses Salz ist gleichfalls ein Arzneimittel, dient aber auch in der Metallurgie. Aus einer Lösung des Weinsteins, in welche man kohlensaures Natrium (Na_2CO_3) hineingethan hat, scheidet sich in Krystallen ein Kalium-Natriumtartrat, das Seignettesalz, ab, $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 + 4\text{H}_2\text{O}$, ein Bestandtheil der Fehling'schen Lösung. Brechweinstein (5 m) ist gleichfalls ein weinsaures Salz und enthält, wie das Seignettesalz, zwei Metalle (ist ein Doppelsalz) $\text{C}_4\text{KSbH}_4\text{O}_4$; er hat einen brechen-erregenden Geschmack und darf als Arzneimittel nur in geringen Mengen genommen werden, weil er ein heftiges Gift ist. In ihrem chemischen Verhalten der Weinsäure ähnlich ist die Zuckersäure (5 e) $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_8$, welche sich durch Einwirkung von Salpetersäure auf Zuckerarten und Stärke bildet. Dieselbe Zusammensetzung wie Zuckersäure hat die Schleimsäure. Citronensäure (5 m) $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ist frei in den Citronen, Stachelbeeren, Johannisbeeren und anderen sauren Früchten vorhanden. Sie ist fest und findet in der Färberei und Rattundruckerei als Aëhmittel Anwendung, ebenso zur Bereitung der Brauselimonade (25 e 1, e 2 β , Essenz und Pulver 25 p 1), Brausepulver (5 i) und bei manchen anderen Gelegenheiten.

100. Mehr des allgemeinen Interesses wegen nennen wir die Harnsäure $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$, ein weißes Pulver, welches im Wasser etwas löslich, und im Harn des Menschen und der fleischfressenden Säugethiere, sowie in den Auswurfstoffen vieler anderer Thiere enthalten ist. Sie bildet den Hauptbestandtheil der meisten Blasensteine und findet sich auch in den Gichtknoten (als harnsaures Calcium). Von ihr leiten sich eine Menge für die Biologie wichtiger Körper ab. Der Harnstoff selbst ist $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, stellt einen krystallinischen Körper dar, findet sich im Harn aller Thiere, doch auch im Blute und dem Glaskörper des Auges und wird aus dem Blute durch die Nieren ausgeschieden. Unter dem Zutritt von Fermenten aus der Luft, zerfällt sich der Harnstoff und giebt dadurch Veranlassung zur Fäulniß des Harns. Mit den beiden letztgenannten Verbindungen in Beziehung steht das Guanin $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}$, ein Bestandtheil des Guano (1 b), das Karnin $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_3$ und Kreatin $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$ im Muskelfleisch enthalten und farblose durchsichtige Krystalle bildend, das Theobromin (5 m) $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$, ein weißes Pulver im Kakao enthalten, das Caffein (5 m) oder Thein, ein ähnlicher Körper, $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$, wovon im Kaffee $\frac{1}{2}$, im Thee bis zu 6 Procent vorhanden ist, u. a. m. Die beiden letztgenannten Körper werden übrigens auch zu den Alkaloiden gerechnet.

101. Der aromatischen Reihe von Körpern gehören an: die Benzoesäure (5 m) $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$, welche Blättchen oder Nadeln bildet,

in heißem Wasser, Alkohol und Aether löslich, und in vielen Harzen und ätherischen Oelen, namentlich im Benzoeharz (36) enthalten ist. Brennt an der Luft und giebt Dämpfe, welche zum Husten reizen. Zimmtsäure $C_9H_8O_2$ (5 m) ist in verschiedenen Balsamen (Perubalsam) und im Zimmtöl vorhanden. Salicylsäure $C_7H_6O_3$ (5 m) krystallinisch, in heißem Wasser, Alkohol und Aether löslich, wirkt gährungs- und säulnißwidrig und tödtet Infektionskeime; deshalb äußerlich und innerlich als Arzneimittel angewendet. Findet sich auch in der Natur fertig vor, im rohen Nelkenöl (5 a) und in besonderen Verbindungen im Gaultheriaöl oder Wintergrünöl (5 a), einem „außerordentlich lieblich riechenden Oele“. Auch ihre Salze finden in der Medicin Verwendung. Anissäure (5 m) ist $C_8H_8O_3$, im Anisöl, Estragonöl, Fenchelöl (sämmtlich 5 a) enthalten. Gallussäure $C_7H_6O_5$ (5 m) kommt in den Galläpfeln (5 m), dem Sumach, dem Thee, Dividivi u. s. f. vor, bildet farblose Nadeln und findet in der Photographie Anwendung zur Reduktion von Gold und Silber aus ihren Lösungen.

102. Galläpfelgerbsäure, auch Digallussäure oder Tannin $C_{14}H_{10}O_9$ (5 m, Brauertannin 14) genannt, erscheint als amorphe Masse von zusammenziehendem Geschmack, löst sich in Wasser, Alkohol und Aether. Aus Tannin, arabischem Gummi und Eisenvitriol stellt man Tinte (5 h) her, indem dabei das Tannin mit dem Eisenvitriol zu gerbsäuren Eisensalzen sich umsetzt, welche schwarzblaue Niederschläge bilden, die durch das Gummi in der Lösung schwebend erhalten werden. Uebrigens bekommt die Tinte, je nach ihrer Verwendung, noch manche Zusätze, wie Zucker, Chininsulfat, schwefelsaure Indigolösung, einen Auszug von Krapp u. s. f. Tannin geht auch mit leimgebenden thierischen Membranen unlösliche Verbindungen ein, auf welchen, wie wir später sehen werden, die Lederfabrikation beruht. Diese Säure findet sich in den Galläpfeln, welche durch den Stich eines Insekts an Pflanzen hervorgebracht werden. Außer dieser Gerbsäure giebt es noch eine Anzahl anderer, wie Katechugerbsäure, Chinagerbsäure in der Chinarinde, Eichenrindengerbsäure, Quebrachagerbsäure u. s. f. Alle diese Gerbsäuren sind in den Gerbstoffen (5 m, Lohe 13 b, Fett 26 l, Dégras 26 l) enthalten und zeigen ganz dieselben Eigenschaften wie die hervorgehobene Galläpfelgerbsäure.

e) Die Kohlehydrate und Glukoside.

103. Wir kommen nun zu einer wichtigen Klasse von Körpern, der die Zuckerarten, Stärke, Cellulose u. s. f. angehören, und die wir als die der Kohlehydrate bezeichnen. Wir leiten diese Klasse von Körpern ein durch das Mannit, welches allerding's nicht ganz hierher paßt.

Wenn wir die Zahl der Verbindungsgewichte des Glycerins mit 2 multipliciren und dann 2 Verbindungsgewichte Wasserstoff in Abzug bringen, erhalten wir das Mannit (5 m) $C_6H_{14}O_6$, einen im Pflanzenreich sehr verbreiteten Stoff, der sich auch im Harz der Kirsch- und Apfelbäume findet. Den Namen hat dieser Körper von seinem Auftreten in dem Saft der Mannaesche, welcher eingetrocknet als künstliche Manna oder Mannazucker (5 m) in den Handel kommt. Es ist fest, süß und wird mit dem Saccharin gemischt.

104. Zuckerarten (sämmtlich, soweit nicht ausschließlich Apothekerwaare 25 x, Syrup und Syrupartiges, auch Melasse 25 u, Waaren 25 p 1) giebt es eine ziemlich große Anzahl, von denen mehrere genau die nämliche chemische Zusammensetzung zeigen, aber verschiedene physikalische Eigenschaften haben (Art. 41). Wir unterscheiden unter den Zuckerarten zwei Klassen, je nachdem sie die Formel $C_6H_{12}O_6$ oder die $C_{12}H_{22}O_{11}$ bezw. ein Vielfaches davon, haben.

105. Zu den Zuckerarten der ersten Klasse $C_6H_{12}O_6$ gehört 1. Traubenzucker auch Glykose oder Dextrose (Rechtzzucker) genannt, im Saft der meisten süßschmeckenden Früchte, wie Trauben, Feigen, Kirschen, aufgelöst enthalten. Er bildet sich auch bei gewissen Krankheiten im Harn des Menschen. Daß er beim Kochen von gewöhnlichem Zucker, oder von Stärke mit Säuren und durch Einwirkung der Diastase entsteht, ist bereits (Art. 48) erwähnt. Fabrikmäßig wird er in dieser Weise aus Stärke als Stärkezucker oder Kartoffelzucker hergestellt. Zuckerkouleur (25 x), zum Färben von Likören und Bier, wird jetzt meist aus Stärkezucker durch Erhitzen auf etwa 100 Grad Wärme gewonnen (Bierkouleur dextrinhaltig, Weinkouleur nicht dextrinhaltig).

Die gleiche chemische Zusammensetzung wie der Traubenzucker, nämlich $C_6H_{12}O_6$, hat auch 2. der Fruchtzucker oder Lävulose (Linkszucker); er kommt allein selten vor, sondern meist zusammen mit der Dextrose und anderen Zuckerarten, auch dem Rohrzucker. So enthält z. B. Honig eine Mischung von Dextrose und Lävulose, mit etwas überwiegender letzterer Zuckerart. Es ist nicht leicht, chemisch diese beiden Zuckerarten von einander zu unterscheiden, physikalisch haben sie jedoch getrennte Eigenschaften (beispielsweise krystallisirt die Dextrose, nicht aber die Lävulose), die auch zu ihrer Erkennung benutzt werden und bei der Lehre von den Lichterscheinungen Darlegung finden. Dextrose und Lävulose zu gleichen Theilen gemengt geben den Invertzucker, der einen farblosen süßen Syrup bildet und in Wasser und Alkohol löslich ist. Er findet sich im Honig, im Obst (z. B. Pfirsiche 1 %, Beeren 5 bis 7 %, Apfel und Birnen bis 8 %, Kirschen 9 %, Trauben bis 15 % u. s. f.), in Blüthen und Blättern, sodann auch in den Säften der Zuckerfabrikation.

106. Diese drei Zuckerarten sind gährungsfähig; doch hängt die Gährung von der Art des zugesetzten Ferments ab. Von der gewöhnlichen Alkoholgährung ist bereits die Rede gewesen (Art. 48). Hinzuzufügen ist nur noch, daß sie bei der Dextrose leichter eintritt als bei der Lävulose, so daß, wenn eine Mischung beider Zuckerarten vergährt, die Dextrose rascher schwindet als die Lävulose, letztere also mit fortschreitender Gährung mehr und mehr überwiegt. Fermente, die sich in saurer Milch und altem Käse finden, bringen die Milchjäuregährung hervor, wobei sich Milchsäure, Alkohol, Mannit, Kohlensäure, Butter säure und ein gummiartiger Körper bilden. Andere Fermente geben Butter säuregährung, wieder andere andere Gährungen, bei denen immer besondere Produkte auftreten.

Ferner besitzen diese Zuckerarten die Eigenschaft Kupfersalze, insbesondere Kupfervitriol, in Laugenlösungen (Art. 156, 158) unter Ausscheidung von rothem Kupferoxydul (Art. 182) zu zersetzen. Darauf beruht ihre Bestimmung mittelst der Fehling'schen Lösung. Letztere ist ein Gemenge zweier Lösungen, die eine enthält in 500 ccm Wasser 34,63 g Kupfervitriol (Art. 182), die andere besitzt 173 g Seignette salz (Art. 99) in 400 ccm Wasser gelöst und ist mit 100 ccm Natronlauge (Art. 158) vermischt, welch' letztere in diesen 100 ccm 51,6 g Natriumhydroxyd nachweisen soll. Kocht man diese Fehling'sche Lösung mit einer Lösung dieser Zuckerarten, so wird das Kupfervitriol zersetzt, und da dieses der Lösung die blaue Farbe verliehen hat, entfärbt sich die Lösung mehr und mehr. Aus der Menge der benutzten Fehling'schen und Zuckerlösung, sowie aus der Menge des abgeschiedenen Kupferoxyduls vermag man die Menge des in der Zuckerlösung enthaltenen Zuckers zu berechnen. Doch reduciren die verschiedenen Zucker die Lösung in verschiedenem Grade, es bedarf nämlich zur vollständigen Reduktion von 50 ccm Fehling'scher Lösung 0,2375 g vom Traubenzucker, dagegen 0,2572 g vom Fruchtzucker und 0,2470 g vom Invertzucker. Auch hängt die Reduktion von dem Gehalt der betreffenden Zuckerlösungen an Zucker ab. Obige Angaben beziehen sich auf solche Lösungen von Zucker in Wasser, welche etwa 1% Zucker enthalten. Auch die Kochdauer ist von Einfluß, sie ist für diese Zuckerarten auf zwei Minuten festgesetzt. Im Uebrigen unterscheidet man ein gewichtsanalytisches und maßanalytisches Verfahren; im ersteren fügt man zu der bestimmten Menge kochender Fehling'scher Lösung eine bestimmte Menge der Zuckerlösung hinzu und wägt das durch den Zucker gefällte Kupferoxydul, im zweiten läßt man in jene Lösung soviel Zuckerlösung fließen, bis alles Kupfervitriol zersetzt und die Flüssigkeit entfärbt ist. Das Nähere des Verfahrens gehört nicht hierher. Erwähnen will ich nur noch, daß außer dem Kupferoxydul auch noch andere Produkte, namentlich schwefelsaures Kalium und Salze mehrerer organischer Säuren sich dabei bilden.

107. Andere Zuckerarten der nämlichen Klasse sind die Laktose oder Galaktose, welche bei dem Kochen des später zu nennenden Milchzuckers mit Säuren neben Dextrose entsteht, ferner Mannitose, aus Mannit durch Befeuchtung mit Wasser und Verreiben mit Platinmoor (welches dabei nur die Umsetzung anregend wirkt) gebildet, Arabinoje, sehr süße Krystalle bildend. Inosit oder Fleischzucker ist im Thier- und Pflanzenreich sehr verbreitet, so im Muskelfleisch, in Lunge, Leber, Nieren, in den Schmetterlingspflanzen, unreifen Erbsen, Bohnen, den Blättern von Spargel, Eichen, im Traubensaft u. s. f. Er bildet große durchsichtige Krystalle, ist sehr süß und im Wasser löslich. Melitose hat die Formel der obigen Zuckerarten doppelt genommen und soll das eigentliche Produkt der Umsetzung der Stärke durch Diastase sein. Dambose hat nur die halbe Formel, nämlich $C_3H_6O_3$. Auch diese Zuckerarten sind der einen oder anderen Gährung fähig (Inosit jedoch nur der Milchsäuregährung) und zersetzen die Fehling'sche Lösung.

108. Wenn man die chemische Formel $C_6H_{12}O_6$ der vorgenannten Zuckerarten mit 2 multiplicirt und ein Verbindungsgewicht Wasser in Abzug bringt, gelangt man zu der chemischen Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ der zweiten Reihe von Zuckerarten; diese Reihe von Zuckerarten steht also zu der ersten Reihe in derselben Beziehung, wie die Aether zu den Alkoholen. Die wichtigste davon ist:

Der Rohrzucker (auch Saccharose genannt). Dieses ist der gewöhnliche Zucker, der im Saft fast aller süßen Früchte vorkommt, besonders reichlich in demjenigen des Zuckerrohrs, des Zuckerahorns und der Zuckerrübe. Er ist süßer als manche der früher genannten Zuckerarten und mischt sich mit Wasser fast in allen Verhältnissen, wogegen er in Alkohol und Benzin fast ganz unlöslich ist. Erhitzt man ihn über 160 Grad Celsius, so schmilzt er und giebt beim Erkalten eine glasartige Masse, die man gebrannten Zucker oder Gerstenzucker (25 p 1) nennt. Treibt man die Erwärmung bis 200 Grad, so verändert sich der Zucker und geht in den nicht mehr süß schmeckenden Karamel (25 x) über; bei noch stärkerem Erhitzen zerfällt der Zucker ganz in eine Reihe anderer chemischer Verbindungen, und es bleibt zuletzt nur Kohle zurück. Kocht man Rohrzucker mit verdünnter Schwefelsäure, Salzsäure, Salmiak, Chlorcalcium, Chlorzink u. s. f. oder läßt auf Rohrzucker die schon genannten Fermente einwirken, so zerlegt er sich unter Aufnahme von Wasser in Zuckerarten von der ersten Art, bildet Invertzucker. Man nennt dieses Verfahren Inversion. Der Rohrzucker geht mit Metalloxyden Umsetzungen ein, bei denen er Wasserstoff abgiebt und das Metall aufnimmt; er bildet dadurch Saccharate, wie Kalksaccharate, Strontiumsaccharate u. s. f. Diese Eigenschaft wird bei der Fabrikation des Rohrzuckers benutzt.

109. Ueber diese Fabrikation selbst kann an dieser Stelle nur

folgendes gesagt werden. Sie besteht in der Saftgewinnung, der Bearbeitung (Läuterung und Sättigung) des Saftes mit Kalk, Kohlensäure u. s. f., der Einkochung des Saftes und endlich der Krystallisirung. Der Saft wird aus dem Zuckerrohr (Zuckergehalt durchschnittlich etwa 14%) und der Zuckerrübe (Zuckergehalt durchschnittlich etwa 11%) durch Auspressen oder durch Auslaugen mittelst Wasser (Diffusionsverfahren oder Osmose) gewonnen. Er enthält dann neben dem Zucker noch eine Reihe anderer unerwünschter Stoffe, namentlich auch Stickstoffverbindungen und organische Säuren, welche im weiteren Verfahren zur Inversion in Invertzucker führen würden, welche die Krystallisirung hindert. Um den Saft von diesen Stoffen zu befreien, erwärmt man ihn zuerst stark, wodurch die Eiweißverbindungen gerinnen und thut Kalkmilch hinzu. Durch diese werden die Säuren neutralisirt und die schädlichen Stoffe theils zersezt, theils in neue schlammartige Massen umgewandelt. Außerdem freilich verbindet sich der Kalk mit einem Theile des Zuckers zu einem Calciumsacharat, Zuckerkalk. Die schlammigen Bestandtheile sinken zu Boden, der Saft wird von ihm abgelassen. Der Schlamm enthält aber noch eine Menge Saft, der ihm durch Auspressen in den Filterpressen entzogen und mit dem anderen Saft vereinigt wird. Das ist die Läuterung. Darnach kommt die Sättigung, Saturation. Der Saft enthält neben dem freien Zucker noch den Zuckerkalk und einige andere Stoffe. Zur Entfernung dieser Stoffe und zur Wiedergewinnung des Zuckers aus dem Zuckerkalk wird der geläuterte Saft mit Knochenkohle behandelt, indem man ihn durch Filter, welche mit dieser Kohle gefüllt sind, gehen läßt. Meist jedoch geschieht die Entkalkung besonders, dadurch daß man in den Saft Kohlensäure einleitet, welche das Calcium aus dem Sacharate entfernt und wieder in unlöslichen Kalk verwandelt, der zu Boden sinkt.

Vielfach wird die Saturation zugleich mit der Läuterung vorgenommen, indem in den ursprünglichen Saft von oben Kalkmilch und gleichzeitig durch Rohre von unten Kohlensäure eingeführt wird. Die Kalkmilch bringt die vorerwähnten Zersezungen hervor und bildet wieder Sacharat. Letzteres wird jedoch, indem es mit der aufsteigenden Kohlensäure zusammentrifft, sogleich wieder zersezt, so daß der Zucker gebunden und alsogleich wieder frei wird. Dieses ist die Schlammsaturation. Nach der Saturation folgt die Reinigung des Saftes mittelst Filtriren durch Kohlenfilter, wodurch nicht allein darin noch etwa enthaltener Kalk zurückgehalten wird, sondern auch einige weitere für die Zuckergewinnung vortheilhafte Zersezungen organischer Verbindungen bewirkt werden und der Saft zum Theil entfärbt wird. Die Kohle (feinvertheilte Knochenkohle) wird dadurch allmählig mit unorganischen und organischen Stoffen verunreinigt und muß wiederbelebt werden, was durch Lagern (Faulenlassen der organischen Verunreinigungen), Be-

handeln mit Salzsäure und Ausglühen geschieht. Der Saft heißt bis dahin Dünnsaft. Er wird nun durch Einkochen eines Theiles seines Wassers beraubt und dadurch zum Dicksaft. Nachdem er dabei eine gewisse Concentration erreicht hat, kommt eine nochmalige Reinigung und Entfärbung durch Filtriren über Kohlenfilter; der Dicksaft heißt dann auch Klärsel, Kochkläre. Hierauf erst folgt die weitere Einkochung behufs Auskrystallisirens des Zuckers. Diese Einkochung (sie geschieht jetzt in Vacuumpfannen, d. h. in Pfannen, welche zum Theil luftentleert sind) geht so lange vor sich, bis der Zucker thatsächlich auszufallen beginnt, auf Korn einkochen, oder nur so weit, daß der Zucker erst nach Erfaltung auskrystallisiren kann, blank kochen.

Der ausgekochte Saft, die Füllmasse, wird in die bekannten Zuckertütenformen gefüllt und krystallisirt dort aus. Der zurückbleibende Saft ist der grüne oder ungedeckte Syrup, er wird durch eine untere Oeffnung der Formen abgelassen. Von dem noch anhaftenden Syrup wird der Zucker durch das Decken befreit. Dieses geschieht jetzt durch Uebergießen mit Deckkläre, welche durch Auflösen von besserem Zucker in Wasser, oder durch Vermischen des oberen Theiles des bereits krystallisirten Zuckers mit Wasser gewonnen wird. Der letzte Rest des Syrups wird durch Absaugen mittelst Luftpumpen entfernt. Meist jedoch umgeht man das Uebergießen mit Deckkläre, indem man den anhängenden Syrup ausschleudert; man läßt den Zucker in den besonderen Kühlgefäßen auskrystallisiren und bringt ihn aus diesen in die Centrifugen. Letztere werden in rasche Drehung versetzt, wodurch der Syrup an die Wand geschleudert wird, und durch Oeffnungen in umgebende Gefäße fliegt. Der ausgeschleuderte Zucker kommt dann in die Formen, in welchen er zu den Hüten zusammenbackt.

Aus dem Syrup gewinnt man durch weiteres Einkochen, Krystallisiren und Ausschleudern einen ferneren Theil des darin enthaltenen Zuckers, der als zweites Produkt bezeichnet wird; aus dem dann übrig bleibenden Syrup ein drittes Produkt u. s. f. Was zuletzt übrig bleibt, heißt Melasse und enthält immer noch Zucker, etwa 50%, daneben Asparaginsäure, Glutaminsäure, Betain (ein Alkaloid), Dextrin, gewisse Eiweißstoffe u. s. f. Zur Gewinnung dieses Restes von Zucker hat man mannigfache Verfahren vorgeschlagen. Meist wird das Fällungsverfahren angewendet, welches in nichts anderem besteht, als in der Zuführung von Stoffen, wie Kalk, Baryt, Strontian u. s. f., mit denen er Saccharate bildet, die dann von der Melasse getrennt werden und von denen durch Behandlung mit anderen Stoffen der Zucker wieder abgetrennt wird. Doch benutzt man die Melasse vielfach auch als Rohstoff zur Herstellung von Branntwein, in den sogenannten Melassebrennereien oder zur Fabrikation von Syrup.

Je nach dem Grade der Reinheit unterscheidet man vom Zucker

feine Raffinade, Meliszucker, Kochzucker, Farinzucker u. s. f. Kandiszucker ist harter, in großen Krystallen krystallisirter Zucker, er wird aus dem vom Zuckerrohr gewonnenen Zucker hergestellt.

Die Aufgabe, den Zuckergehalt in den verschiedenen Säften, sowie in hergestellten Lösungen zu bestimmen, wird als Sacharimetrie bezeichnet. Von den hierbei angewandten Apparaten und Methoden wird später die Rede sein.

110. Die reinsten Zuckerarten, Raffinade, Krystallfarin, Kandis, Saftmelis enthalten 99,9% Zucker und neben 0,05% Wasser noch 0,05% andere Stoffe; die weniger reinen, Lumps, Farinmehl, Würfelzucker, gemahlener Zucker besitzen etwa 1% Verunreinigungen, darunter gegen 0,3% Invertzucker. Doch kommen auch Zucker in den Handel, welche viel stärker verunreinigt sind. Zucker aus Zuckerrohr enthält vielfach namentlich viel Invertzucker (bis zu 9%), solcher aus Rüben Invertzucker und Raffinose. Letztere Zuckerart, die Raffinose, ist eine Mischung verschiedener Zucker dieser Klasse, die man als Goffhyose (Baumwollsamenzucker), Mellitose, Mellitriose u. s. f. bezeichnet. Ihre chemische Formel ist $C_{18}H_{32}O_{16} + 5H_2O$, steht jedoch nicht ganz fest. Invertzucker und Raffinose finden sich selbstverständlich nicht bloß im fertigen Zucker, sondern auch in den verschiedenen Zuckerabläufen und namentlich in der Melasse. Die Raffinose nimmt mit fortschreitender Entzuckerung zu. Sie verhält sich ähnlich wie Rohrzucker, namentlich vergährt sie zu Alkohol und läßt sich invertiren.

Syrup ist im Allgemeinen ein Nebenprodukt der Zuckerfabrikation, namentlich ist der Kolonialsyrop, aus Zuckerrohr gewonnen, verbreitet. Es giebt auch Syrupe, welche aus Obst, Rüben, Mais, Möhren u. s. f. durch Auspressen und Eindampfen des Saftes hergestellt werden. Sie enthalten neben Rohrzucker besonders viel Invertzucker. Doch sind die Verhältnisse sehr schwankend.

111. Von den anderen Zuckerarten ähnlicher chemischer Zusammensetzung erwähnen wir nur noch den Milchzucker (5 m), er unterscheidet sich von dem Rohrzucker chemisch nur dadurch, daß er ein Verbindungsgewicht Wasser mehr enthält, so daß seine Formel eigentlich das Doppelte der Formel des Fruchtzuckers u. s. f. darstellt. Der Milchzucker kommt im Gegensatz zu den früher genannten Zuckerarten nur im Thierreich vor, er bildet mit Fett, Käsestoff (Casein) und Wasser die Milch der Säugethiere und findet in der Arzneibereitung ausgedehnte Verwendung.

112. Hierher gehören auch Körper von der Zusammensetzung $C_6H_{10}O_5$ und Vielfachen dieser Größe, die alle geruch- und geschmacklos sind, und durch Inversion in Zuckerarten verwandelt werden können. Wir nennen von der Zahl dieser Körper die Cellulose (die Cellulose des Handels 27b), welche die Wandungen aller Pflanzenzellen, überhaupt

die Pflanzenfaser und Holzfaser u. s. f. bildet. So ist Baumwolle und feines Filtrirpapier fast reine Cellulose. Diese chemisch reine Cellulose ist weiß, geschmack- und geruchlos und weder in Wasser, Alkohol, Aether, fetten und flüchtigen Oelen, noch in verdünnten Säuren und Alkalien löslich, wohl aber in concentrirter Schwefelsäure. Thut man zu Schwefelsäure, welche Cellulose aufgelöst enthält, Wasser hinzu, so scheidet sich eine flockige Masse ab, welche als Amyloid bezeichnet wird. Pergamentpapier (unbeschrieben 27 e, beschrieben 24 a) ist gewöhnliches ungeleimtes Papier, welches durch Eintauchen in Schwefelsäure oder eine Lösung von Chlorzink oberflächlich in Amyloid verwandelt ist. Es ähnelt dann in jeder Beziehung dem thierischen Pergament. Seine werthvollen Eigenschaften sind jeder Hausfrau hinreichend bekannt. Läßt man ferner auf Baumwolle, welche, wie bemerkt, fast reine Cellulose ist, Salpetersäure oder ein Gemisch von Salpetersäure mit Schwefelsäure einwirken, so erhält diese Baumwolle, ohne ihr Aussehen zu ändern, merkwürdige Eigenschaften, sie wird zur Schießbaumwolle (5 h) und explodirt durch Schlag oder Temperaturerhöhung, wobei sie ohne Zurücklassung von Kohle verbrennt. Mit Aether und Kampher behandelt giebt Schießbaumwolle das feste Celluloid (auch Waaren 13 d, 20 b 1 und Anm.), welches wie Horn zu bearbeiten ist und auch entsprechende Anwendung findet. Ähnlich wird die künstliche Seide bereitet (wie natürliche zu behandeln). Läßt man ferner reine Baumwolle in einer warmen Lösung von Kalisalpeter und Schwefelsäure etwa 24 Stunden stehen, so ist sie nachher in einer Mischung von Alkohol und Aether löslich. Die Lösung giebt nach Verdunsten der Flüssigkeit das Collodium (5 a, Collodiumwolle 5 h), dessen Anwendung in der Photographie und bei anderen Gelegenheiten nur erwähnt zu werden braucht. Colloidin (5 a) ist Collodium, dessen Alkohol nicht ganz verdunstet ist und sieht seifenartig aus. Aus der Cellulose bildet sich im weitern Wachsthum der Pflanzen, durch Verlust von Sauerstoff, als intrustierende Substanz das Lignin, welches im Holz und den hornartigen Kernen der Früchte enthalten ist. Die pflanzlichen Gespinnstfasern (2, 8) bestehen fast ausschließlich aus Cellulose event. mit eingelagertem Lignin, im Gegensatz zu den thierischen Gespinnstfasern (Wolle, Seide), welche hauptsächlich Eiweißstoffe enthalten.

113. In die nämliche Klasse gehört die Stärke (*Amylum*) (25 q 1 a, auch Mehl, Puder und Kleister). Sie besteht aus kleinen ovalen Körnchen, die aus verschiedenen chemisch ähnlichen Stoffen zusammengesetzt sind. In Alkohol und Aether ist Stärke unlöslich, in kaltem Wasser wenig löslich, in heißem Wasser geht sie in eine aufgequollene klebrige Masse, den Kleister, über, der von Jod blau gefärbt wird. In Salpetersäure aufgelöst, giebt auch Stärke einen ex-

pflösen Körper. Stärke findet sich in allen Pflanzenzellen, sie ist ein Bestandtheil des Mehles der Kartoffeln und vieler anderer pflanzlichen Nahrungsmittel. Arrow-Root ist Stärkemehl aus der westindischen Pfeilwurzel, Tapioca aus der Wurzel einer Jatropha Manihot genannten Pflanze, Sago Stärke aus dem Marke gewisser Palmarten. Das gewöhnliche Stärkemehl wird aus Kartoffeln, Reis und Weizen durch Zerreibung oder Zerreibung der Zellenhüllen, Auswaschung der freigewordenen Stärke und nachheriges Trocknen hergestellt, wofür es sehr viele Methoden giebt. Die käufliche Stärke enthält etwa 80% Stärkemehl.

Aus Stärkemehl wird Dextrin (auch Gommeline, Dampfgummi, Stärkægummi, Leiomomme genannt 25 q 1 a) durch Rösten bis zum Gelbbraunwerden, oder durch Einwirken von starkverdünnter Salpetersäure, nachheriges Trocknen und Erhitzen bis über den Siedepunkt des Wassers angefertigt. Dextrin löst sich in Wasser, findet als Gummi, sodann im Zeugdruck, Tapetendruck, in der Appretur, als Mundleim, zur Fabrikation des englischen Pflasters u. s. f. Anwendung. Es ist in der Kruste des Gebäcks, im Bier und in anderen Nahrungsmitteln vorhanden.

114. Wir erwähnen hier ferner als von ähnlicher Zusammensetzung die Pflanzenschleime, die gleichfalls Kohlehydrate sind, im Wasser aufquellen, im trockenen Zustande hornartige Massen bilden und im Pflanzenreiche sehr verbreitet sind (namentlich in Leinsamen, Flohsamen, gewissen Seealgen). Den Schleimen ähnlich ist das Bassorin (auch Baaren 13 g, mit Zucker wie Konditorwaaren). Sodann führen wir noch an die Pectinstoffe, welche im Marke fleischiger Früchte (z. B. Birnen) und Wurzeln vorkommen und mit Wasser Gallerten bilden.

Alle diese Stoffe mit Ausnahme der letztgenannten haben die Eigenschaft, durch Behandlung mit verdünnten Säuren oder durch Einwirkung gewisser bereits genannter Fermente Zuckerarten $C_6H_{12}O_6$ und andere ähnliche Stoffe zu geben, es bildet deshalb z. B. die Stärke den Ausgangspunkt für die Alkohol- und Bierbereitung, wovon früher schon die Rede gewesen ist.

115. Nicht weil sie mit diesen Stoffen chemisch gleichartig sind, sondern weil sie aus ihnen abgeleitet werden können und die nämliche Eigenschaft haben, erwähnen wir an dieser Stelle eine Reihe von Körpern, die man als Glukoside bezeichnet. So zerfällt das Glukosid Salicin (in Rinde und Blättern der Weiden und in einigen Pappelarten enthalten und in der Medicin als fiebertreibendes Mittel an Stelle von Chinin benutzt) $C_{13}H_{18}O_7$ durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure in einen Körper C_7H_6O (Saliretin) und Traubenzucker. Hierher gehört eine große Anzahl von Verbindungen

wie Aesculin (aus der Rinde der Roßkastanie), Quercitrin $C_{33}H_{30}O_{17}$, welches als Farbstoff im Quercitron (5 m) enthalten ist und aus der Rinde von *Quercus tinctoria* in Südamerika gewonnen wird, Coniferin im Cambiumsaft aller Coniferen, die Carminsäure (5 m) $C_{17}H_{18}O_{10}$, das ist der Farbstoff der Cochenille, der beim Kochen mit verdünnter Säure Carminroth (5 m) $C_{11}H_{12}O_7$ und eine Stärkeart giebt. Sodann Digitalin, ein insbesondere für die Herzthätigkeit höchst giftiger Stoff, der sich in den Blättern, Samen und Samenkapseln des Fingerhuts (*digitalis purpurea*) findet, aber auch als Arzneimittel Anwendung hat, und noch manche andere Giftstoffe, wie Antiarin (im javanischen Pfeilgifte). Einige dieser Körper enthalten auch Stickstoff, so das Amygdalin $C_{20}H_{27}NO_{11} + 3H_2O$ in den bitteren Mandeln. In Gegenwart eines in den Mandeln selbst vorhandenen Ferments zerfällt es in Bittermandelöl C_7H_6O (5 a), Blausäure CNH (5 m) und einen Zucker $C_6H_{12}O_6$, giebt also zur Entstehung des gefährlichsten Giftes, der Blausäure, Veranlassung. Gekocht verlieren die Mandeln ihr Ferment oder wenigstens dessen Wirkung. Sodann das Indican in den Pflanzen, welche Indigo liefern; gekocht mit verdünnten Säuren giebt es das Indigblau (5 m) und einen anderen Körper. Chitin $C_9H_{15}NO_6$ bildet bekanntlich das äußere Skelett und den Panzer der Krustaceen (Krebse, Hummern, Schildkröten u. s. f.) und findet sich auch in den Flügeln, Decken und in inneren Theilen der Fliegen, Käfer und Spinnen; es ist weiß, durchscheinend und giebt mit Schwefelsäure gekocht Ammoniak und Traubenzucker. Endlich das Cerebrin $C_{17}H_{33}NO_3$, ein Bestandtheil des Gehirns.

f) Wein und Bier.

116. Hier ist auch der Ort, zwei Getränke zu erwähnen, welche Stoffe aus der Zuckerreihe und anderen vorstehend genannten Verbindungen enthalten, oder aus solchen Stoffen und Verbindungen hergestellt werden.

Wein (25 e) enthält neben Wasser und Alkohol eine große Anzahl anderer Stoffe, nämlich weitere Alkohole, ätherische Oele, Glycerin, fette und andere organische Säuren (Essigsäure, Bernsteinsäure, Gerbsäure, Weinsäure, Apfelsäure), Zucker (Dextrose und Lävulose), Pektinstoffe, Farbstoffe, Fette, Eiweißkörper, weinsaure und gerbsaure Salze, unorganische Körper (Salze), Kohlensäure. Die Gesamtheit der beim Verdampfen des Weines bei 100 Grad zurückbleibenden Substanzen nennt man seinen Extrakt oder auch trockenen Extrakt, so daß im Wesentlichen Wein aus Wasser (durchschnittlich etwa 80 bis 90%), Alkohol (durchschnittlich 7—20%) und Extrakt (durchschnittlich etwa 1—4%) besteht. Nicht in jedem Wein sind auch alle vorge-

nannten Stoffe enthalten. So besitzen die gewöhnlichen Weine nur wenig Kohlensäure, welche dagegen in den mouffirenden in reichlicher Menge da ist; ferner haben die weißen Weine keine Farbstoffe, die dagegen den rothen zukommen, süße Weine haben viel Zucker, Likörweine viel Alkohol, leichte Weine viel Wasser u. s. f.

Die Weine entstehen aus dem Saft der Trauben (9 h, 25 h 2), dem Most (wie Wein, konzentriert 25 x, mit Zucker eingekocht 25 p 1), durch Gährung, das Ferment kommt aus der Luft. Most enthält den hierzu nöthigen Zucker (Traubenzucker und Fruchtzucker), außerdem den größten Theil der vorgenannten Stoffe. Alkohol, Glycerin, Bernsteinäure und Kohlensäure bilden sich bei der Gährung, Farbstoffe werden durch den entstehenden Alkohol aus den Trestern ausgezogen. Zugleich gehen noch einige andere chemische Umsetzungen vor sich, die zu behandeln zu weit führen würde. Die Rückstände der Gährung können noch weiter verarbeitet werden auf: petiotisirten Wein (indem man unter Zusatz von Zuckersirup nochmals gähren läßt), Tresterbranntwein, Essig, Grünspan, Futter, Dünger, Gerbstoff u. s. f. Zuckerarme und säurereiche Moste werden durch Zusatz von Zucker- und Marmorstaub (Chaptalisiren), oder von Zucker und Wasser (Gallisiren) verbessert, fertige Weine je nach den Verhältnissen durch Zusatz von Alkohol, Zucker, von die Säuren neutralisirenden Stoffen, Glycerin (Scheelisiren) und durch Mischen (Verschneiden) mit anderen guten Weinen. Das Pasteurisiren des Weines und Mostes dient zur besseren Haltbarmachung und besteht im Erwärmen bis zu etwa 60 Grad Wärme. Konzentriert werden Moste durch Austreiben des Wassers über offenem Feuer oder im luftverdünnten Raume. Verdorbene Weine werden schleimig oder sauer, bitter oder kahnig; es geschieht dieses durch Hinzutreten von organischen Keimen aus der Luft.

Obstweine oder Cider (25 e) werden durch Gährung von Obstsäften, wie Äpfeln, Beeren u. s. f., gewonnen und nach den verschiedenen Obstsorten unterschieden.

117. Bier (25 a, p 1) ist gleichfalls ein Gährungsprodukt, welches aus Wasser, Alkohol (3—7 Volumenprocenten) und Extraktstoffen (4 bis zu 20%) besteht. Zur Bereitung des Bieres gehören Wasser, Getreide (oder dieses vertretende Stoffe), Hopfen und Hefe. Bei dem Getreide kommt es auf den Gehalt an Stärke und Zucker oder einen Stoff, der die Stärke in Zucker verwandelt, an. Meist wird als solches Gerste genommen, welche Wasser, Stärke, Eiweißstoffe, Fett, Cellulose, Zucker, Dextrin und auch unorganische Substanzen enthält. Hopfen (14, 5 m) sind die weiblichen Blüthen der Hopfenpflanze; er enthält Gerbsäure, gewisse ätherische Oele, Harze u. s. f. Hefe (5 m, k, 25 c) ist eine aus organischen lebenden Zellen, die aus einem Eiweißkörper bestehen, welcher von einer Cellulosemembran umschlossen

ist, zusammengesetzte Masse, die Fermentwirkungen hervorbringen kann. Die Art der Hefe richtet sich nach der Natur der betreffenden Organismen. Die Fabrikation besteht darin, daß man diesen Organismen die Bedingungen einer geeigneten und reichlichen Vermehrung schafft. Sie entwickeln sich in zuckerhaltigen Flüssigkeiten, in denen zugleich Eiweißstoffe und gewisse (phosphorsaure) Salze vorhanden sind, und erregen dabei die Gährung. In der Technik unterscheidet man zwei Hefearten. Die Oberhefe, welche sich bei der Gährung gewisser Bierarten (z. B. der obergährigen Weizenbiere) an der Oberfläche abscheidet und in der Bäckerei als Bäreme zum Aufgehen des Teiges Anwendung findet, und die Unterhefe, die bei der Weingährung und der Gährung der bairischen Biere sich entwickelt. Jene besteht aus Zellen, die vielfach mit einander zusammenhängen, diese aus solchen, die sich mehr getrennt von einander halten und auch kleiner sind. Die Hefe, die in den Brennereien zur Benutzung kommt, ist eine Mischung dieser beiden Hefenarten. Im Folgenden ist der Einfachheit halber nur von der Herstellung des aus Gerste bereiteten Bieres die Rede. Man führt die Gerste erst in Malz (1 b, 9 f, 25 q 2, m 1) über, indem man sie in Wasser aufquillen und dann keimen läßt; dadurch bekommt sie den Stoff, der ihre Stärke in Zucker verwandelt (die Diastase). Das notwendige Unterbrechen des Keimens geschieht durch Trocknen und Darren des Malzes. Das Malz wird zerchrotet, durch allmähliges Zufügen von Wasser eingeteigt und durch weiteres Zuthun von Wasser unter Erhöhung der Temperatur, bis zur Maischtemperatur 70—75 Grad oder bis zum Kochen (nach dem Infusions- oder Dekoktionsverfahren), zur Bierwürze eingemaischt. Dabei wird die Stärke durch die Diastase in Zucker und Dextrin verwandelt. Zur Bierwürze thut man den Hopfen, welcher den Zweck hat, einerseits dem Biere die Bitterstoffe zu verleihen, sodann durch die in ihm enthaltene Gerbsäure die Eiweiß- und Schleim-Substanzen, welche durch die Temperaturerhöhung nicht gefällt sind, zu binden und niederzuschlagen und so die Gährung zu hemmen und zu regeln, endlich durch seine Oele und Harze auf den Geschmack und die Erhaltung des Bieres zu wirken. Die Maische wird sodann gekühlt und unter Zusatz von Hefe der Gährung überlassen. Die Gährung ist, je nachdem Oberhefe oder Unterhefe zur Anwendung kommt (oder — falls gar keine Hefe zugethan wird, was bei der Fabrikation gewisser Biere in Belgien der Fall ist, indem man sich mit den Keimen begnügt, die aus der Luft in die Würze gelangen — je nachdem sich dabei Oberhefe oder Unterhefe bildet) eine Obergährung oder Untergährung. Obergähriges Bier (norddeutsches Flaschen- und Weißbier, böhmische, elsassische, englische, belgische Biere) ist weniger haltbar, auf schnellen Konsum berechnet, und wird aus Würzen bereitet, die starken Zuckergehalt haben, wobei die

Fabrikation eine verhältnißmäßig rasche ist. Untergähriges Bier soll haltbar sein wie die bayrischen Biere, dieses gährt langsamer und stätiger als jenes. Das erste Gähren, die Hauptgähmung, geschieht unter starker Temperaturerhöhung und etwas turbulent bei Vermehrung der Hefezellen; die Nachgähmung ist ruhiger, Hefezellen werden in geringeren Mengen gebildet und das Bier klärt sich. Die letzte Gähmung ist die stille Gähmung. Nach Beendigung der Gähmung wird das Bier von der Hefe abgeschieden, es findet dann übrigens in dem fertigen Biere selbst eine weitere Nachgähmung statt.

g) Aetherische Oele, Harze, Firnisse, Lacke.

118. Um noch andere von Pflanzen herrührende Körper zu erwähnen, welche von Wichtigkeit sind, führen wir an: die ätherischen Oele (Wachholder- und Rosmarinöl 5c, Terpentinöl, Harzöl, Kautschucköl, Theeröl, Thieröl 5m, andere 5a), das sind meist Mischungen von chemischen Verbindungen von verwickelter Zusammensetzung, wie das Wachholderöl, Rosmarinöl, Zimmtöl, Citronenöl, Anisöl, Pfeffermünzöl, Rosenöl, Terpentinöl u. s. f. Sie werden aus den verschiedenen Theilen der Pflanzen meist durch Abdestilliren mit Wasser gewonnen und dienen zur Herstellung von Parfumes, Pomaden u. s. f. und als Zusatz zu Likörs. Sie sind in Wasser nur wenig löslich; die geringen Mengen, welche von ihnen in das Wasser übergehen, genügen aber meist, um diesem den charakteristischen Geruch zu verleihen. Die sogenannten destillirten Wässer (31d, e, 5a), wie das Orangenblüthenwasser, Bittermandelwasser u. s. f., sind derartiges parfümirtes Wasser. Die gewöhnlichen Parfumes (31d, e) sind Auflösungen der ätherischen Oele in Alkohol, so das eau de mille fleurs, die eau de Cologne, Elfenhauch u. s. f. Die Pomaden (31d, e, Puzpomade wie Seife) werden durch Schichtung von Fett mit den betreffenden Pflanzentheilen oder durch Hinzufügung der ätherischen Oele in Tropfen gewonnen. Die wohlriechenden Oele (31d, e) sind fette Oele mit solchen ätherischen Oelen vermischt. Zur Likörfabrikation verwendet man bei feinen Likören reine, bei weniger feinen (Aquavite) weniger reine ätherische Oele. Zugleich bekommen die Liköre einen Zusatz von Zucker; ist dieser Zusatz so groß, daß die Liköre ganz dickflüssig werden, so heißen sie Crèmes. Rattaffias enthalten Fruchtjäfte, Zucker und Alkohol. Im Uebrigen hat fast jeder Fabrikant besondere Zusätze und besondere Bereitungsart.

119. Läßt man ätherische Oele längere Zeit in der Luft stehen, so gehen sie in Harze (36, doch Bernstein 13a) über. Harze kommen jedoch auch in den Pflanzen fertig vor. Es gehören hierher das Colophonium, welches aus dem Terpentin gewonnen wird, das seinerseits aus der verletzten Rinde verschiedener Nadelhölzer

herausschwitzt, der Kopal aus verschiedenen Bäumen in West- und Ostindien, der Bernstein (13 a, in Staubform 5 m, als Räucherpulver 31 e), welcher von untergegangenen Baumgeschlechtern gebildet wurde, der Schellack, der Mastix, das Benzoe, Drachenblut u. s. f. Harze zum Theil in ihren Oelen gelöst nennt man Balsame oder Weichharze (36); dazu gehört der Terpentin, der Perubalsam, Copaivabalsam, Storax u. s. f. Endlich sind zu erwähnen die Schleimharze, welche aus Einschnitten in Bäumen als dicke milchige Säfte herausschießen und an der Luft verhärten. Asant (Stinkharz, Teufelsdreck), Asa foetida (36) dient als Arzneimittel. Das Kautschuck (17) oder Gummi elasticum ist ein besser bekanntes Schleimharz; es ist, wie sein zweiter Name schon besagt, sehr elastisch, sehr weich und schmilzt bei 200 Grad Wärme, wobei es in eine dicke schmierige Masse übergeht. In Wasser ist es gar nicht löslich, ebenso wenig in Alkohol, wohl aber in Aether, in leichten Steinkohlentheerölen und vor Allem in Schwefelkohlenstoff. Kautschuck hat die Eigenschaft, Schwefel in sich aufzunehmen, es vulkanisirt sich, wie man sagt; dadurch wird es viel widerstandsfähiger gegen Druck und Temperaturänderungen. Bei bedeutender Aufnahme von Schwefel wird der Kautschuck hornartig, heißt dann Hartgummi oder Ebonit und kann technisch wie Horn behandelt werden. Ein dem Kautschuck ähnliches Harz ist die Guttapercha (wie Kautschuck), bei gewöhnlicher Temperatur ist sie steif, wenig elastisch und wenig dehnbar, bei 50 Grad jedoch wird sie weich und kann in jede Form gebracht werden; darauf beruht ihre Anwendung zur Herstellung von ärztlichen Instrumenten, Knöpfen, Dosen, Rahmen und zum Ueberziehen von Drähten, welche Electricität leiten sollen, wie Telegraphendrähte.

120. Firnisse (5 f) sind gewöhnliche Oele, welche an der Luft durch Oxydation verharzen und dadurch verhärten. Firniß im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist Leinöl, welches zur Beschleunigung der Verharzung ohne weiteren Zusatz oder nach Hinzufügung von Bleiglätte, Braunstein oder anderen sauerstoffreichen Stoffen mehrere Stunden gekocht ist.

Lacke zum Anstreichen, Lackfirniß (5 a), werden durch Auflösen von Harzen und Balsamen in Firniß und Terpentinöl hergestellt. Andere Lacke sind Auflösungen der Harze in Branntwein, wieder andere solche in Terpentinöl. Manche erhalten noch besondere Zusätze an erdigen und anderen Stoffen (z. B. Siegellack, welches Kolophonium in Terpentinöl gelöst enthält und mit Mennige, Schwerspath u. s. f. vermischt ist). Esterlacke sind harzsaure Ester von dem Aussehen des Kolophoniums und in Benzin, Terpentinöl und fetten Oelen löslich.

Ritte (7 a, 36, 5 a, 5 h) sind vielfach Mischungen von Leinöl mit einem Stoff, der mit den Säuren des Oeles feste Verbindungen

eingeht, so besteht Glaserkitt aus Leinöl und Kreide. Andere Ritte sind Auflösungen von Harzen in Terpentin, welche unter Umständen noch mineralische Zusätze erhalten, so Schellackritte, Mastixritte u. s. f. Noch andere sind Auflösungen von Kautschuck in Terpentin oder Chloroform, wobei auch noch andere Harze zugesetzt werden können. Eine große Zahl weiterer Ritte wird unter Benutzung von Casein, Glycerin, Leim u. a. m. unter Zusatz von Gyps, Lehm, Kreide, Sand, Kalk durch Einrühren in Wasser oder Leinölfirniß u. s. f. hergestellt.

h) Die organischen Farben.

121. Nicht vollständig in das Gebiet der organischen Körper gehören die Farben (Maler-, Wasch- und Pastellfarben 5 a, andere 5 m; Farbholzertrakte 5 h, andere Farbstoffextrakte 5 m). Vielmehr ist ein Theil derselben unorganischen Ursprungs, so das Bleichromat, Berlinerblau u. s. f. Die Farben haften entweder nur auf der Oberfläche (sämmtlich 5 a), wie: Lackfarben (Verbindungen von Stärkemehl, Thonerde, Oxyden von Antimon, Baryum, Blei und Zinn mit den betreffenden Farben), Pastellfarben (Lack- und Metallfarben gemengt mit Porzellanerde, Tragant schleim, Seifen und Fett, als Farbstifte trocken angewendet), Anstrichfarben (mit Leimwasser oder Oelfirniß), dazu auch die gewöhnlichen Anstreichfarben und die Malerfarben, Tuschfarben (erdige Farben) und andere. Oder sie bringen in den zu färbenden und zu bedruckenden Stoff ein und werden mit dessen Substanz verbunden. Letzteres geschieht von selbst (durch Verdunsten des Lösungsmittels, durch in der Luft eintretende Oxydation), oder durch Anwendung gewisser Mittel, die man Weizen nennt und die aus Lösungen von Alaun, Aluminiumsulfat, Fetten, Gerbsäure, Albumin, Leim und vielen anderen Stoffen bestehen. Farben, welche undurchsichtig sind, heißen Deckfarben; Saftfarben oder Lasurfarben sind durchscheinend. Nicht alle Farben werden als solche angewendet, manche (namentlich die anorganischen in der Zeugfärberei und Zeugdruckerei) entstehen aus den zu ihrer Herstellung nöthigen Produkten erst auf dem zu färbenden Stoff.

Ein Theil der Farben ist unorganischen Ursprungs und wird später unter verschiedenen Artikeln behandelt, ein anderer organischen.

122. Die organischen Farben entstammen theils dem Thierreiche, theils dem Pflanzenreiche, theils werden sie aus dem Theer gewonnen. Aus dem Thierreich kommt heutzutage im Wesentlichen nur noch ein Farbstoff in Betracht, die Cochenille. Er besteht aus den getrockneten Weibchen einer Schildlaus, die auf gewissen Kaktuspflanzen in Mittelamerika, Algier, Südafrika lebt oder gezüchtet wird. Die feine Cochenille heißt auch Mestica (kommt aus Honduras), die weniger gute ist die Wald- oder wilde Cochenille. Sie erscheint in kleinen dunkelrothen

Körnchen, oft mit weißem Staube bedeckt. Der für die Farbe entscheidende Körper ist die Karminsäure, die wir bei den Glukosiden bereits kennen gelernt haben. Neben der Karminsäure findet sich auch ihr Spaltungsprodukt, das Karminroth. Der Karmin wird hieraus hergestellt, indem man die Cochenille mit siedendem Wasser auszieht, das abgessene Wasser mit Alaun versetzt und den darin sich bildenden Niederschlag auswäscht und trocknet. So oder ähnlich gewinnt man den Karminlack und den dazu gehörigen Kugellack. Andere ähnliche Farbstoffe werden von der Lackseide und von dem Kermes (wovon es im Handel auch mineralische und pflanzliche Arten gleicher Zolltarifnummer giebt) gewonnen. Der im Alterthum so hochgeschätzte Farbstoff der Purpurschnecke spielt in unserer Zeit keine Rolle mehr.

123. Die Pflanzenfarben (die hierzu gehörigen Stoffe wie Kräuter, Wurzeln, Hölzer u. s. f. 5 m) sind ziemlich mannigfaltig, auch sie enthalten vielfach als färbendes Element Glukoside, so daß die Farbstoffe aus ihnen durch Behandeln mit Säuren oder durch Gährung gewonnen werden. Doch sind die Farbstoffe manchmal auch fertig in ihnen vorhanden, wobei zu bemerken ist, daß sie nicht selten erst bei der Anwendung in der gewünschten Farbe hervortreten. Nicht in allen Fällen ist die chemische Zusammensetzung der Farbstoffe bekannt. Wir erwähnen nur die wichtigsten.

Das Indigo oder Indigoblau $C_{16}H_{10}N_2O_2$, aus dem Saft der Blätter gewisser Pflanzen (hauptsächlich Anilpflanze, jedoch auch in der *Isatis tinctoria*, im *Polygonum tinctorium*, *Nerium tinctorium* u. s. f. vorhanden) gewonnen, bildet sich, wie schon bemerkt, durch Kochen mit verdünnter Säure, aber auch durch eine Gährung. In letzterer Weise geschieht die Herstellung des Indigo des Handels, welches in beiden Indien, in Süd- und Mittelamerika, in Aegypten und anderweitig gewonnen wird. Man thut die Pflanzen in einen Gährbottich, übergießt sie mit kaltem Wasser und überläßt sie bei einer Temperatur von 30 Grad etwa 15 Stunden sich selbst. Sie gähren während dieser Zeit und das Wasser wird erst grün und dann blau. Nach Beendigung der Gährung wird das Wasser in einen anderen Bottich (Schlagbottich) abgelassen und daselbst mit Schaufeln und Stöcken geschlagen, so daß viel Luft hinein kommt. Dadurch scheidet sich das Indigo als Pulver ab und fällt später zu Boden. Das nun überflüssige Wasser wird abgelassen und das Indigo in Beuteln ausgepreßt und getrocknet. Dieses Indigo enthält neben fremden Bestandtheilen (Indigroth, Indigobraun, Indigleim u. s. f.) im Durchschnitt etwa 40 % Indigoblau. Indigopräparate sind Indigoblau, Indigotin, Indigokarmin (blauer Karmin), Purpurblau. Einen anderen blauen Farbstoff liefert das Campecheholz oder Blauholz (aus Centralamerika und den

Antillen) (mit anderen Farbhölzern 5 m). Blauholzextract gemischt mit essigsaurem Chromoxyd und anderen Stoffen ist ein Indigoersatz.

124. Von rothen Farbstoffen erwähnen wir zuerst den Krapp, welcher die Wurzel der in Süd-, Mittel- und Westeuropa (namentlich Elsaß und die Provence), Ostindien, Japan und anderweitig wachsenden Färberwöthe (*Rubia tinctorum*) ist. Im Handel ist die Wurzel (frisch 9 k, getrocknet oder gemahlen 5 m) von Rinde und Fasern befreit oder schon gemahlen und von gelbrother Farbe. Die anderen Namen, die sie je nach ihrem Ursprungsland führt, sind Lizari, Mizari, Röthe, Munjeet, Mongister, Majestowurzel, ostindischer Krapp. Nullkrapp ist ein mit Staub und Abfall verunreinigtes Krapppulver. Krapp enthält zwei Farbstoffe, das Purpurin und das Xanthin (Kuberthrinssäure) $C_{26}H_{28}O_4$, von denen das letztere das eigentlich färbende Element bildet und zu den vorhin behandelten Glukosiden gehört, indem es unter der Einwirkung eines Ferments, oder durch Kochen mit Säuren Mizarin $C_{14}H_8O_4$, womit wir uns bei den Theerfarbstoffen beschäftigen werden, und einen Zucker $C_6H_{12}O_6$ giebt. Zu den Krapppräparaten (5 m) gehört Krapplack, eine Verbindung von Mizarin und Purpurin mit basischen Thonerdesalzen, wird durch Behandeln des ausgewaschenen Krapps mit Alaunlösung, Natriumcarbonat oder Borax, Waschen und Trocknen gewonnen. Krappblumen sind gemahlener und gegohrener Krapp. Azale und Pincoffin sind gleichfalls Krapppräparate. Ebenso Garancin oder Krappohle, welches Krapp ist, aus welchem durch Behandlung mit Schwefelsäure die der Färberei fremden Bestandtheile entfernt sind und das Xanthin in Mizarin verwandelt ist, also gewissermaßen kondensirter Krapp. Ferner Garanceux, Colorin (ein weingeistiges, zur Trockene verdunstetes Extract des Garancins), endlich grünes Mizarin und gelbes Mizarin.

125. Weitere Färbemittel bieten mehrere Farbehölzer der Gattung *Caesalpinia*, nämlich das Roth- oder Brasilienholz, oder Fernambukholz, welches auch zur Fabrikation der rothen Tinte dient. Das Sandelholz (Ceylon und Ostindien) gelb und roth, der Safflor oder das Bürstenkraut aus den getrockneten Blättern der Färberdistel (Ostindien, Aegypten, Europa). Das aus dem letzteren gewonnene Carthamin oder Safflorcarmin ist $C_{14}H_{16}O_7$, dient in der Seidenfärberei und giebt mit Talc verrieben eine rothe Schminke (5 m, parfümirt 31 e). Orseille wird aus der Färberflechte gewonnen, indem diese mit Harn angerührt und der Fäulniß überlassen wird, wodurch die Flechte in eine teigartige röthliche Masse übergeht. Der Farbstoff darin ist das Orcein $C_7H_7NO_3$. Orseillearmin und Orseillepurpur sind besonders reine Orseille, Persio oder Gudbar entsprechen der Orseille. Sodann sind noch als rothe Pflanzenfarben

zu erwähnen das Drachenblut (3 b) (ein Harz), die Afkannawurzel u. s. f.

Gelbe Farbstoffe liefern das Gelbholz (gelbes Brasilienholz, Kubaholz, alter Justif), das Extract davon heißt Kubalextract; sodann das Fisetholz (ungarisches Gelbholz), der Orlean, kommt als steifer, in Amerika und den beiden Indien aus der Frucht der *Rixa orellana* hergestellter Teig, die Goldbeeren (Avignon Körner, persische Beeren, Kreuzbeeren aus der Levante, Angora, Südfrankreich) geben goldgelbe und olivengelbe Farbstoffe, das Quercitron, welches als Farbstoff das bei den Glukosiden schon erwähnte Quercitrin enthält. Quercitrin spaltet sich in Quercitin $C_{27}H_{18}O_{11}$ und Zucker, ersteres kommt als citronengelbes Pulver unter dem Namen Flaviv (5 m) in Handel. Braune Farben liefern die Rinde der Weiden, Eichen und Walnußbäume, sodann das Catechu, ein Extract aus dem Holze der *Areca* und *Acacia catechu* (Chemischbraun oder Havannabraun).

126. Hier ist auch der Ort, zwei Farbstoffe zu behandeln, die in der Technik der Färberei gar keine oder nur sehr unbedeutende Anwendung finden, aber als Reagentien auf Säuren und Basen dem Chemiker unentbehrlich sind und schon mehrfach erwähnt sind und noch erwähnt werden. Nämlich Lackmus (*Tournesol*) (5 m) zum Blauen des Kalks, Rothfärben des Champagners und zur Herstellung des Lackmuspapiers. Er wird aus denselben Flechten wie die Orseille und Persio und auf gleiche Weise (nur bei längerer Gährung und unter Hinzufügung von Potasche) gewonnen. Die gegohrene Masse wird mit Gyps und Kreide gemengt und in blauen Tafeln oder Würfeln in den Handel gebracht. Sodann die Curcuma (Gelbwurz) (5 m), Wurzel einer in Ostindien, Java u. a. Orten angebauten Pflanze, deren färbendes Element das Curcumin $C_{10}H_{10}O_3$ von gelber Farbe durch Laugen braun gefärbt wird. Lackmuspapier und Curcumapapier (5 m) werden durch Eintauchen von ungeleimtem Papier (Fließpapier) in einen weingeistigen Auszug von Lackmus und Curcuma hergestellt. Der größte Theil der organischen Farbstoffe wird aus dem Steinkohlentheer (36) gewonnen; sie bilden die Steinkohlentheerfarbstoffe.

127. Der durch trockene Destillation der Steinkohlen gewonnene Steinkohlentheer ist eine Mischung einer großen Zahl fester und flüssiger organischer Körper, zum Theil Kohlenwasserstoffe der in Art. 78 bezeichneten Gruppen, zum Theil Verbindungen von solchen mit Sauerstoff und Stickstoff. Sie gehören den aromatischen Verbindungen an und bestehen, um nur die allerwichtigsten zu nennen, aus Benzol (C_6H_6), Toluol (C_7H_8), Anthracen ($C_{14}H_{10}$), Naphthalin ($C_{10}H_8$), Phenol, das ist Karbolsäure (C_6H_6O), Anilin (C_6H_7N), Toluidin (C_7H_9N) (sämtlich 5 m) u. s. f. Der theoretisch interessanteste Be-

standtheil ist das Benzol, von dessen Zusammensetzung ausgehend man höchst merkwürdige und folgenreiche Ansichten über den Bau der organischen Verbindungen entwickelt hat. Es ist flüchtig, im Handel mit Toluol vermennt und siedet zwischen 80 und 120 Grad, je nach dem Gehalt an Toluol und sonstigen fremden Stoffen. Diejenigen Bestandtheile des Theers, welche hauptsächlich zum Herstellen von Farben dienen, sind das Anilin, das Phenol, das Naphthalin und das Anthracen. Das Anilin ist etwas schwerer als Wasser, siedet bei etwa 184 Grad, mischt sich mit Alkohol und Aether in jedem Verhältniß und wird entweder aus dem Theer unmittelbar hergestellt oder aus Benzol nach Ueberführung desselben in Nitrobenzol gebildet. Im Handel kommt das Anilin gemischt mit Toluidin als Anilinöl vor.

128. Die Anilinfarben werden durch Behandlung des Anilins mit verschiedenen Körpern gewonnen, so das Anilinroth oder Fuchsin durch Behandlung mit Zinnchlorid oder Salpetersäure, das Anilinviolett durch Behandeln mit Kaliumbichromat und Schwefelsäure und ähnlich das Anilinblau, das Anilingrün, das Safranin und die anderen Anilinfarben.

Das käufliche Phenol zur Herstellung der Phenolfarben ist gleichfalls ein Gemenge mehrerer Körper. Das Phenol selbst, die Karbolsäure, ist rein ein fester Körper, hat den bekannten starken Geruch, löst sich zum Theil in Wasser, bringt auf der Haut Brandwunden hervor, ist ein heftiges Gift für Thiere und Pflanzen und tödtet selbst die Fermente und schädlichen Organismen. Die neuere Chirurgie verdankt ihre außerordentlichen Erfolge dieser letzteren Eigenschaft der Karbolsäure. Der gleichen Eigenschaft ist die Dauerhaftigkeit geräucherter Fleischwaaren zuzuschreiben, da der Rauch Phenol mitenthält. Zu den Phenolfarben gehört die gelbe Pikrinsäure, das Phenylbraun, das scharlachrothe Corallin, das blaue Azulin u. s. w. Die Naphthalinfarben sind das Manchestergelb, das Magdalaroth, das Naphthalinviolett und das Naphthalinblau. Das Naphthalin ist ein fester Körper von starkem Geruch und brennendem Geschmack, es ist etwas leichter als Wasser und löst sich in diesem gar nicht.

Das Anthracen ist gleichfalls ein fester Körper, schmilzt erst bei Temperaturen über 200 Grad und liefert das Alizarin oder Anthracenroth.

Auch aus anderen auf Umwegen gewonnenen Produkten des Steinkohlentheers werden Farbstoffe hergestellt, so namentlich aus der uns schon bekannten Benzoesäure ($C_7H_6O_2$).

i) Pyridinbasen und Alkaloide.

129. Hieran schließen wir weitere Verbindungen, die sich im Steinkohlentheer befinden und im sogenannten Thieröl (5 m) und auch im „Vorlauf“ des Rohspiritus mit Essigsäure verbunden enthalten sind, nämlich die Pyridinbasen (5 m), welche als Denaturierungsmittel für Spiritus Anwendung finden. Sie haben sämmtlich ein Verbindungsgewicht Stickstoff; ihre Verbindungsgewichte Kohlenstoff wachsen von fünf stetig um je 1, die Verbindungsgewichte Wasserstoff gleichfalls von fünf um je 2. Die erste Pyridinbase ist das Pyridin selbst, C_5H_5N , eine farblose Flüssigkeit von stechendem Geruch, die sich mit Wasser in jedem Verhältniß mischt. Die folgende ist Picolin, C_6H_7N , von gleicher Zusammensetzung wie das Anilin, von gleichfalls scharfem Geruch und brennendem Geschmack. Die übrigen Pyridine heißen: Lutidin, Collidin u. s. f. Aehnliche Körper sind das Chinolin, C_9H_7N , und das Lepidin, $C_{10}H_9N$, welche beide mit Jod prachtvolle blaue Farbstoffe liefern, das Cyanin (5 m) des Handels; sie können auch als Reagentien auf Säuren und Basen benutzt werden, da ihre Lösungen in Alkohol auch durch die schwächsten Säuren entfärbt werden, während die entfärbten Lösungen, so lange sie noch eine Spur von Säure enthalten, durch Basen wieder blau gefärbt werden.

Gleichfalls ein Produkt des Steinkohlentheers ist das Saccharin oder Toluolsüß, $C_7H_5NSO_3$ (5 m), dessen Süßigkeit diejenige des Rohrzuckers im ganz reinen Zustande fast um das 500fache übertrifft. Als Ersatz für Zucker hat es sich allgemeiner nicht einführen können; den Zuckerkranken ist es aber ein willkommenes Verfüßungsmittel, da es für sie ganz unschädlich ist, während Kohlehydrate ihnen gefährlich werden können.

130. Eine merkwürdige Klasse von Körpern sind die Alkaloide (5 m), auf die wir schon früher hingewiesen haben. Sie enthalten alle Stickstoff, verbinden sich mit Säuren zu Salzen, bläuen geröthetes Lackmuspapier, haben also basische Eigenschaften, sind zum Theil heftige Gifte und finden als Arzneimittel weitgehende Anwendung. Das Gift der Schierlingspflanze, Coniin, $C_8H_{15}N$, ist eine ölige farblose Flüssigkeit, die betäubend riecht und brennend schmeckt. Das Nikotin, $C_{10}H_{14}N_2$, allen Tabakrauchern genügend bekannt, ist gleichfalls eine ölige farblose Flüssigkeit, von etwas größerer Dichte als das Wasser.

Eine ganze Menge von Alkaloiden enthält der durch Einrißen der halbreifen Samentapfeln von Papaver Somniferum gewonnene Milchsaft, das als wichtiges Arzneimittel und durch seinen Mißbrauch in orientalischen Ländern so berufene und verrufene Opium (5 m). Es gehören dazu das Morphin, $C_{17}H_{19}NO_3$, ein weißes Pulver, welches rein narlotisch wirkt und in größeren Mengen tödtlich ist. Es löst sich

theilweise in Alkohol und findet in den verschiedensten Morphiumpräparaten Verwendung. Ferner Codein, $C_{18}H_{21}NO_3$, Markotin, $C_{22}H_{23}NO_7$, weniger giftig als Morphin, Papaverin, $C_{20}H_{21}NO_4$, welches gar nicht giftig ist u. s. f.

Höchst segensreich sind die Alkaloide der Cinchoneen, sie kommen in der Rinde einiger Cinchonaarten vor, die man im Handel als Chinarinden bezeichnet. Wir nennen hier das Chinin, $C_{20}H_{24}N_2O_2$, in Wasser schwer, in Alkohol und Aether leicht löslich, bitter mit bitterem Nachgeschmack wirkt es sicher fiebervertreibend. Chinarinde ist deshalb ein Fiebermittel. Das in der Medicin am meisten gebrauchte Chinapräparat ist die Verbindung mit Schwefelsäure, in welcher das Chinin doppelt, die Schwefelsäure einfach vertreten ist, $2(C_{20}H_{24}N_2O_2)H_2SO_4$. Auch das salzsaure Chinin $2(C_{20}H_{24}N_2O_2)HCl$ findet in der Medicin Anwendung. Weniger sicher wirkt das zweite Chininalkaloid, das Cinchonin, welches chemisch dem Chinin gleicht und nur ein Sauerstoff weniger enthält als dieses. Nur um zwei Verbindungsgewichte Wasser reicher als das Chinin ist das Conchinin, welches als billiges Fiebermittel dient. Völlig gleich dem Conchinin ist das Cinchonidin. Aehnlich wirken die in der Neuzeit als Mittel gegen die Influenza so sehr in Aufnahme gekommenen Alkaloide Antipyrin, $C_{11}H_{12}N_2O$, Salipyrin, $C_{18}H_{18}N_2O_4$ und Antifebrin, C_8H_9NO .

Einen Gegensatz zu diesen wohlthätigen Alkaloiden bilden die verurtheilten Alkaloide der Strychneen, die ungemein giftig sind, aber in unendlich kleinen Mengen doch auch sammt ihren Verbindungen mit der Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure und Essigsäure als Arzneimittel Anwendung finden. Das Strychnin selbst, $C_{21}H_{22}N_2O_2$, ist in den sogenannten Brechnüssen (*nux vomica*) (5m), den in den Früchten des Krähenaugenbaumes enthaltenen Samenkörnern, die selbst sehr giftig sind und als Heilmittel benutzt werden, vorhanden. Es wird auch aus diesen Nüssen gewonnen. Es bringt schon in kleinen Mengen genossen Krämpfe hervor. Ein steter Begleiter des Strychnins und fast ebenso giftig wie dieses ist das Brucin, $C_{23}H_{26}N_2O_4$. Das Curarin, dessen chemische Formel nicht genügend bekannt ist, findet sich in dem Curare genannten Pfeilgift. Andere Alkaloide sind in den Ranunculaceen und Colchiceen enthalten; das Veratrin in der weißen Nießwurzel ist sehr giftig und erregt als Staub aufgenommen heftiges Niesen; das Colchicin findet sich in *Colchicum Autumnale*, erregt Erbrechen und Durchfall.

Weitere Alkaloide sind: das Atropin, $C_{17}H_{23}NO_3$, aus der Tollkirsche hergestellt oder dem Stechapfel, ist sehr giftig und bringt eine starke, nur langsam vorübergehende Erweiterung der Pupille hervor; wird auch dazu in der Medicin angewendet. Aus den Blättern einer in Südamerika wachsenden Pflanze, welche von den Indianern ge-

noffen werden, der Coka, wird das Cokain hergestellt, $C_{17}H_{21}NO_4$, es verursacht auch äußerlich angewendet, an der betreffenden Stelle Gefühllosigkeit. Eserin oder Phystigin, äußerst giftig und entgegengesetzt wie Atropin wirkend, nämlich die Pupille verengernd, findet sich in der Kalabarbohne, es ist $C_{16}H_{21}N_3O_2$. Berberin, $C_{20}H_{17}NO_4$, kommt aus der Wurzel der gewöhnlichen Berberis. Piperin, $C_{17}H_{19}NO_3$, ist in den Pfefferarten enthalten. Sinapin im Senfsamen, kommt zwar frei nicht vor, wohl aber in seinen Salzen. Betain findet sich im Saft der Zuckerrübe.

k) Eiweißstoffe.

131. Am Bau der thierischen Körper in großem Maßstabe betheiligt und auch im Pflanzenreiche weit verbreitet, sind die Eiweißkörper oder Albuminstoffe (5 m), auch Proteinstoffe genannt. Die Eiweißkörper kommen entweder in löslicher oder nichtlöslicher Form vor. Gelöst sind sie enthalten in den Säften des Thierkörpers (im Blut, im Chylus, in der Lymphe u. s. f.) und des Pflanzenkörpers. In nichtlöslicher Form und organisiert finden sie sich im Gewebe als Körnchen, Zellen, Fasern. Die löslichen können durch Kochen oder durch Behandlung mit Säuren und Fermenten in unlösliche übergeführt werden. Die Albumine bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel, in ziemlich gleichmäßigen Verhältnissen. Sie gehen mit den meisten Metalloxyden Verbindungen ein, werden durch Alkohol, Mineralsäuren, Gerbsäure gefällt und von kauftischen Alkalien sämmtlich gelöst, geben beim Verbrennen einen scharfen Geruch und sind zum Faulen sehr geneigt. Bei der Verdauung liefern sie die sogenannten Peptone (Art. 135). Sie sind ein wesentlicher Bestandtheil aller Nahrungsmittel. Getreidearten enthalten bis 12%, Hülsenfrüchte bis 25%, Fleische bis 20%, Käse bis 50%.

Im Thierkörper kommen folgende vor: das Serumalbumin in den Säften des Körpers gelöst enthalten, das Eieralbumin gleichfalls gelöst im Eiweiß (5 m, 37 a, b, 25 p 1). Das Casein oder der Käsestoff, in der Milch aller Säugethiere enthalten, wird durch Labmagen aus den Lösungen zusammengeballt, das Myosin findet sich in dem durch Todtenstarre geronnenen Muskelbündelinhalt und, im Leben, in den Muskelröhren. Blutfaserstoff oder Blutfibrin, im lebenden Blute und anderen Säften gelöst enthalten, gerinnt nach dem Tode und überhaupt, so oft Blut und entsprechende Säfte aus dem lebenden Körper herausgekommen sind, und bildet alsdann eine gelbliche oder grauliche elastische Masse von faseriger Struktur. Auch die Fleischfasern bestehen aus Proteinstoffen.

In der Pflanzenwelt kommen als solche Stoffe vor der Kleber oder Gluten (25 q 1 a), der sich in den Getreidearten findet, nament-

sich in dem Weizenmehl; er wird zu vielen besonderen Nahrungsmitteln (Maccaroni, Nudeln u. s. f.) (25 q 1 β, 25 p 1) und zur Herstellung von Leim (5 h) verwendet und besteht aus mehreren Proteinstoffen, die durch ein Bindemittel mit einander vereinigt sind. Ferner das dem Käsestoff entsprechende Legumin der Hülsenfrüchte, Mandeln u. s. f. und das Pflanzenalbumin, in allen Pflanzensäften gelöstes Eiweiß.

Den Eiweißstoffen nahe verwandt ist das Hämoglobin, welches sich in den rothen Blutzellen als färbender Körper befindet und Eisen enthält.

132. Dieselben Elemente wie diese Eiweißstoffe, nur etwas weniger Kohlenstoff, enthalten die als Albuminoide bezeichneten Proteine, Verbindungen, die sich in den Geweben der thierischen Körper finden. Dazu gehört der Leim (5 h), welcher zwar im Thierkörper im Allgemeinen als solcher nicht vorkommt, aber durch Behandlung der betreffenden Gewebe, die man als leimgebende Substanzen bezeichnet (Knorpel, Bindegewebe, elastisches Gewebe, Hornhaut), mit heißem Wasser entsteht. Glutin insbesondere, der eigentliche Knochenleim, ist der in dieser Weise aus dem Knochenknorpel, den Sehnen, dem Bindegewebe, den Thierhäuten, dem Hirschhorn, den Kalbsfüßen und den Fischschuppen hergestellte Leim.

133. Thierische leimgebende Membranen, wie Thierhäute, gehen, wie bemerkt, mit Gerbsäure unlösliche Verbindungen ein, die nicht mehr faulen, worauf die Lederfabrikation beruht. Indessen bewirkt die Lederfabrikation auch, daß das Zusammenkleben der einzelnen Gewebtheile der Haut aufgehoben wird, so daß sie faserig und geschmeidig erscheint. In dieser Beziehung haben gewisse Metalloxyde, wie Eisenoxyd, Chromoxyd, ferner fettsaure Metalloxyde, oxydirtes Fett, Pikrinsäure die gleichen Eigenschaften wie die Gerbsäuren. Sie führen deshalb mit dieser zusammen die Bezeichnung Gerbstoffe (5 m) und die Materialien, in denen sie enthalten sind, heißen Gerbematerialien (Rinden und Holzarten roh 5 m, geraspelt, zerkleinert u. s. f. 13 b, Abfallfette und Oele 26 e, Alaun 5 h u. s. f.) (Eichenrinde, Fichtenrinde, Tannenvinde, Quebrachaholz, Sumach oder Schmach, Galläpfel, Knoppern, Katechu, Kino, Alaun, Fette und Thranen u. s. f.). Die Gerberei mit den gerbsäurehaltigen Rinden, mit Gerberlohe (13 b), ist die Roth- oder Lohgerberei, die mit den mineralischen Materialien die Alaun- oder Weißgerberei, die mit den Fetten oder Thranen die Sämisch- oder Delgerberei. Da diejenige Schicht der Haut, welche in Leder übergeführt wird, die mittlere, die Lederhaut (Korium) ist, so muß vor dem Gerben diese durch Schaben und Reinigen und Anwendung noch anderer Mittel freigelegt werden, wobei zugleich die Fetttheile beseitigt werden. Im Uebrigen unterscheidet man, je nach der Anwendung und je nach der Thierart, von der die Haut stammt,

und auch je nach der benutzten Gerbart, verschiedene Sorten Leder (auch Ledergegenstände 21, sodann 17 e Anm. 2, 27 d, 40 b). In letzterer Hinsicht spricht man von Lohgarem, weißgarem und sämischgarem Leder. Lohgar sind das Sohlleder, das Schmal- oder Fahlleder, das poncirte, pantoffelte, gepresste Leder, der Fußen oder Fuchten, der Saffian, Maroquin oder das türkische Leder, der Korduan u. s. f. Weißgare Leder sind weiß und sehr weich und zart, sie werden aus Schaf-, Hammel- und Ziegenfell zu Zwecken der Glacéhandschuh-Fabrikation und Galanterie-Schuhwaarenbereitung, sodann aus Rinder- und Roshäuten zu Sattler- und Riemenarbeiten hergestellt. Sämischgare Leder werden bereitet aus Fellen von Hirschen und Rehen, Hammeln, Kälbern, Ziegen und dienen zur Anfertigung von Riemen, Koppeln, Bekleidungsgegenständen, waschledernen Handschuhen, Hosenträgern, Gamaschen, Bandagen. Hierher gehört auch das Rauh- oder Rauchleder. Pergament (21 a) ist nicht gegerbte, aber gereinigte und getrocknete Haut kleinerer Thiere, Chagrin ist Pergament mit schwacher Gerbung. Es giebt auch unechte Lederarten, die aus gewissen Abfallstoffen hergestellt werden.

134. Ein weiteres Albuminoid ist das Chondrin oder der Knorpelleim. Ferner das Keratin oder Hornstoff (13 a, d, f, g Anm. 1 u. 2), der sich in der Oberhaut, den Nägeln, Haaren, Federn, Klauen, ferner im Horn, Fischbein, in der Wolle u. s. f. findet. Hornstoff giebt keinen Leim. Sodann das Fibroin, ein Bestandtheil der Seide und der Herbsfäden; es ist getrocknet weiß, zerreiblich, geruch- und geschmacklos und in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich, löslich beim Kochen in kauftischen Alkalien, ebenso in concentrirter Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure. Seidenleim oder Sericin ist gleichfalls in Seide (auch Waaren 30) enthalten und geht durch Kochen mit Wasser unter hohem Druck in Lösung über. Endlich Schleimstoff oder Mucin macht Flüssigkeiten, in denen er sich befindet, zäh und kleberig.

135. Zu den Albuminoiden gehören auch Stoffe, welche außerordentliche Fermentwirkungen ausüben; sie sind im Wasser löslich, ballen sich beim Kochen nicht zusammen, verlieren aber dabei ihre Fermentwirkung. Rein sind sie nicht bekannt. Von den in thierischen Säften enthaltenen Fermenten nennen wir das Pepsin (5 m), welches im sauren Magenjaft enthalten ist und in Gegenwart von Säuren, insbesondere von Salzsäure, alle Eiweißstoffe in Peptone (5 m) verwandelt, das sind Stoffe, welche im Gegensatz zu den Eiweißstoffen, die diese Eigenschaft nicht besitzen, durch die Wände der Gefäße in diese hineingehen (diffundiren) können und dadurch in die Säfte des Thierkörpers gelangen, um an den verschiedenen Stellen zum Aufbau des Körpers verwendet zu werden. Ferner sind solche Fermente enthalten

im Speichel, im Saft der Pankreas und der Leber, welche gleichfalls zur Verdauung behilflich sind. Für die Technik von großer Wichtigkeit sind die Fermente gewisser Pflanzen. Das wichtigste davon, die Diastase ist uns schon bekannt. Sie entsteht bei der Reimung der Getreidekörner, insbesondere der Gerste und ist in den Keimen enthalten, sie zerlegt Stärke in Dextrin und Zucker. Ein anderes Ferment ist die Synamtase oder das Emulsin, von dem wir schon früher erwähnt haben, daß es in den süßen und bitteren Mandeln enthalten ist und das Amygdalin der bitteren Mandeln in Zucker, Blausäure und Bittermandelöl zerlegt.

Wir schließen damit die Betrachtung der organischen Verbindungen, soweit sie für uns von Interesse gewesen sind. Die Betrachtung der anderen Elemente und der aus ihnen und den bereits erwähnten zu erhaltenden Körper kann viel kürzer gefaßt werden, da die Verhältnisse bei ihnen einfacher liegen.

4. Die unorganischen Stoffe.

a) Die Halogene und ihre Verbindungen.

136. Wir erwähnen von den nicht metallischen Elementen zunächst die als Halogene bezeichneten, Chlor, Jod, Brom und Fluor. Sie bilden mit Wasserstoff starke Säuren und neigen außerordentlich dazu, Verbindungen mit anderen Elementen einzugehen. Sie kommen deshalb frei in der Natur nicht in nennenswerther Menge vor, doch sind sie in Verbindungen in großen Massen vertreten.

137. Chlor ist ein Gas, fast $2\frac{1}{2}$ mal so dicht wie Luft, hat eine blasse, grünlichgelbe Farbe, einen scharfen Geruch, wirkt eingeathmet zerstörend auf die Athmungsorgane und bleicht Farben. Die bekannteste seiner Verbindungen ist das Chlornatrium, NaCl, Kochsalz (25 t und Anm.). Andere Salze (Düngesalze 1 b Anm., sonst 5 m) des Chlors wie Chlorkalium, Chlormagnesium, Chlorcalcium u. s. f. kommen in den sogenannten Abraumsalzen (7 a) der Steinsalzbergwerke als Sylvin, Karnallit, Boracit u. s. f. vor. Die Eigenschaften des gewöhnlichen Kochsalzes sind genügend bekannt. Die der anderen Salze entsprechen denen des Kochsalzes, nur sind diese Salze bitter und für uns ungenießbar. Sie sind zugleich mit dem Kochsalz im Meerwasser in ungeheuren Mengen vorhanden, da das Meerwasser durchschnittlich drei und mehr Procent Salze enthält, und machen dieses zum Trinken unbrauchbar.

Die Verbindung des Chlors mit Wasserstoff, die Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure (5 m) ist gasförmig, etwa $1\frac{1}{2}$ Mal so dicht wie Luft, farblos und stark sauer. Die käufliche Salzsäure ist Wasser, welches dieses Gas absorbiert hat. Die Salzsäure kommt frei im

Magenfaft der Thiere vor und spielt bei der Verdauung eine große Rolle (Art. 135), daher ihre Anwendung in der medicinischen Praxis. Chlor mit Wasserstoff nur gemischt giebt das Chlorknallgas, welches im Dunkeln sich erhält, bei Tageslicht sich allmählig in Salzsäure umwandelt und im direkten Sonnenlichte, im elektrischen Licht oder Magnesiumlicht unter heftiger Explosion in Salzsäuregas übergeht. Die Salzsäure wird im Großbetriebe als Nebenprodukt, namentlich der Sodafabrikation, gewonnen. Mit Sauerstoff bildet das Chlor gleichfalls Verbindungen. Ebenso mit Schwefel, Silber u. s. f.

138. Das Jod (5 m) ist bei gewöhnlicher Temperatur ein fester metallglänzender, eisengrauer Körper; erwärmt giebt es einen schönen, betäubend riechenden, veilchenblauen Dampf (daher der aus dem Griechischen genommene Name). Es ist 5 Mal so dicht wie Wasser und am leichtesten daran zu erkennen, daß es verdünnten Stärkekleister selbst in geringsten Mengen blau färbt. Seine Verbindungen entsprechen ganz denjenigen des Chlors, es bildet gleichfalls eine Wasserstoffsäure und ebenso Salze und findet sich mit den Chlor- und den entsprechenden Bromsalzen im Meerwasser. Daß es in der Medicin in den Jodpräparaten (5 m) (Jodoform, Jodkalium, Jodzink u. s. f.) Anwendung findet, ist bekannt.

139. Das Brom ist eine stark gefärbte rothbraune Flüssigkeit von mehr als 3mal so großer Dichtigkeit wie das Wasser. Obgleich es erst bei etwa 60 Grad siedet, giebt es doch auch bei gewöhnlicher Temperatur rothbraune Dämpfe, welche etwa 5½mal so dicht sind wie die Luft und auf organische Substanzen wie das Chlor zerlegend und bleichend wirken. Es ist ein sehr gefährliches Gift. Frei kommt es auf der Erde nicht vor, aber mit anderen Körpern verbunden, wie schon bemerkt, im Wasser der Meere, namentlich in demjenigen des todtten Meeres, sodann in Soolquellen und in manchen Mineralquellen (Kreuznacher Salzsole, Adelsheids Quelle in Oberbayern), endlich in den Abraumsalzen, aus welchen es fabrikmäßig gewonnen wird. Seine Verbindungen entsprechen denen der schon genannten Halogene, sie finden mit denen dieser Elemente hauptsächlich Anwendung in der Medicin und Photographie, einige werden wir noch kennen lernen.

140. Fluor ist im freien Zustande ganz unbekannt, da es ein so heftiges Verlangen nach anderen Körpern hat, daß, so wie es entsteht, es sich auch sofort mit jeder in seiner Umgebung befindlichen Substanz, wenn es fein muß, mit der Wandung des umschließenden Gefäßes verbindet. Wahrscheinlich ist es ein Gas. Auf der Erde kommt es hauptsächlich in der Verbindung mit Calcium als Fluorcalcium oder Flußspath (CaFl_2) (7 a, Waaren 20 a, b 1, b 2, 33 g, h 1 α , h 1 β , h 2), ein schön in Würfeln oder Doppelpyramiden krystallisirendes Mineral vor. Wichtig ist insbesondere seine Verbindung mit Wasserstoff, welche die

zum Aetzen von Glas und Metallen dienende Flußsäure giebt (HF1). Diese ist ein Gas, welches von Wasser absorbiert wird, hat alle Eigenschaften einer Säure und gehört zu den gefährlichsten Körpern. Neuerdings wird zum Aetzen nicht allein diese gasförmige oder in Wasser aufgelöste Flußsäure (5 m) benutzt, sondern es dienen dazu auch gewisse flußsaure Salze (5 m), doch ist unter allen Umständen die Gegenwart von Wasser oder Wasserdampf erforderlich.

b) Schwefel.

141. Schwefel (auch Präparate 5 m, andere 5 h, d, 33 h 1 β, h 2, f) gehört zu denjenigen Körpern, die in zwei Gestalten vorkommen; in der einen bildet er einen festen, spröden Körper von blaßgelber Farbe, welcher in der Natur oft in schönen Krystallen erscheint, bei 111 Grad schmilzt und bei 400 Grad siedet und in einen braungelben Dampf übergeht. Die Schwefelblume, das ist pulverförmiger Schwefel, erhält man durch Einführen von kalter Luft in diesen Schwefeldampf. Den Stangenschwefel durch Einfüllen flüssigen Schwefels in entsprechende Formen. In der zweiten Gestalt erscheint der Schwefel, wenn man gewöhnlichen geschmolzenen Schwefel in kaltes Wasser tropfen läßt, er bildet dann eine gelbe durchsichtige und längere Zeit knetbare, gestaltlose Masse, die auch als amorpher Schwefel bezeichnet wird. In beiden Formen ist der Schwefel nahezu 2mal so dicht wie Wasser. Schwefelmilch ist ein Gemenge von Schwefelpulver mit Flüssigkeiten, z. B. Wasser.

Der Schwefel brennt bekanntlich mit blaßblauer Flamme und unter Entwicklung eines eigenthümlichen Geruches, welcher der Entstehung eines Schwefeloxydes zu verdanken ist, des Schwefeldioxydes (SO_2). Bei dem gewöhnlichen Verbrennen des Schwefels ist dieses die einzige Verbindung mit Sauerstoff, welche entsteht; sonst giebt es noch eine Reihe anderer Verbindungen mit Sauerstoff, von denen jedoch nur einige wenige für uns Interesse haben.

142. Die eben genannte ist also ein farbloses Gas von erstickendem Geruch, welches auf viele Pflanzen- und Thierstoffe bleichend wirkt, weshalb die Dämpfe brennenden Schwefels als Bleichmittel für Seide, Wolle, Stroh, Hopfen u. s. f. verwendet werden. Eine andere Verbindung hat die Formel SO_3 und heißt Schwefelsäureanhydrid oder Schwefeltrioxyd (5 m), sie ist bei niedrigen Temperaturen fest, jedoch schon bei Zimmertemperatur eine ölige Flüssigkeit, welche an der Luft dicke, weiße Dämpfe ausstößt und begierig Wasserdämpfe anzieht. Ein Tropfen davon in kaltes Wasser geworfen verursacht ein zischendes Geräusch, wie ein eingetauchtes glühendes Eisen, ein Tropfen Wasser in eine Flasche mit Schwefeltrioxyd gethan, bringt eine heftige Explosion hervor, welche mit einer Lichtentwicklung verbunden ist.

143. Diese beiden Oxyde in Verbindung mit Wasser geben die schweflige Säure H_2SO_3 und die Schwefelsäure H_2SO_4 . Wichtig für uns ist die zweite. Die Schwefelsäure, auch Oleum oder Vitriolöl genannt (5 m), ist eine farblose, ölige Flüssigkeit, welche etwa 1,85mal so dicht ist wie Wasser und auf pflanzliche und thierische Stoffe rasch zerstörend wirkt, weshalb sie mit großer Vorsicht gehandhabt werden muß. Ihre zerstörende Wirkung beruht auch darauf, daß sie außerordentlich begierig nach Wasser ist, sie entzieht in Folge dessen den organischen Verbindungen Sauerstoff und Wasserstoff, so daß von ihnen zuletzt nur die Kohle übrig bleibt, sie verkohlt diese Stoffe. Auch aus der Luft rafft sie alle Feuchtigkeit an sich, sie ist daher eines der besten Mittel zum Trocknen von Räumen und von Gasen. Sie mischt sich mit Wasser unter sehr starker Wärmeentwicklung in jedem Verhältniß und giebt dadurch die verschiedenen, verdünnten Schwefelsäuren, deren Stärke man nach Procenten des Gehalts an Schwefelsäure oder an den wasserfreien Bestandtheilen der Schwefelsäure, dem Schwefeltrioxyd, schätzt. Die im Handel als concentrirt bezeichnete Schwefelsäure ist noch wasserhaltig. Fabrikmäßig wird die Schwefelsäure durch Verbrennen von Schwefel oder von schwefelhaltigen Körpern, Schwefelkiesen, hergestellt. Es entsteht dabei zunächst ein Dampf, der Schwefeldioxyd SO_2 enthält, dieser wird in Kammern, die mit Bleiplatten ausgelegt sind (Bleikammern) zugleich mit Luft, Wasserdampf und Salpetersäuredampf geleitet. Dort entsteht die Schwefelsäure, auf eine bisher noch nicht genügend aufgeklärte Weise, indem sich die verschiedenen Dämpfe mit einander chemisch umsetzen, wobei die Salpetersäure zerlegt und wieder gebildet wird, so daß dieselbe Salpetersäure immer wieder gebraucht werden kann, bis sie durch allmählig eintretende anderweitige Verluste verloren gegangen ist. Die so entstandene Schwefelsäure ist stark mit Wasser verdünnt und enthält auch namentlich Verbindungen mit Blei. Da Schwefelsäure etwa bei 340 Grad siedet, Wasser schon bei 100, so kann das Wasser durch Destillation zum Theil entfernt werden. Die anderen Unreinigkeiten werden durch besondere Manipulationen fortgeschafft, oder auch, soweit sie bei der Anwendung der Säure nicht bedenklich sind, darin belassen. Diese so hergestellte Säure ist die gewöhnliche oder Englische Schwefelsäure.

Die sogenannte Nordhäuser oder rauchende Schwefelsäure enthält noch eine andere Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff und Wasserstoff, und hat ihren zweiten Namen davon, daß sie dicke, weiße Dämpfe von dem früher genannten Schwefeltrioxyd ausstößt. Die Schwefelsäure gehört zu den stärksten Säuren, die wir haben.

144. Von anderen Verbindungen des Schwefels ist der Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol (5 m) CS_2 , eine farblose sehr flüchtige Flüssigkeit, deren Dampf betäubend wirkt, schon öfter als Auf-

lösungsmittel genannt. Mit Wasserstoff bildet der Schwefel den nach faulen Eiern übelriechenden Schwefelwasserstoff (H_2S), welcher vielfach an Stellen, wo Fäulniß eingetreten ist, in vulkanischen Gegenden, in Bergwerken u. s. f., vorkommt. Silber- und Goldsachen laufen in Gegenwart von Schwefelwasserstoff an, daher man sie vor der Berührung mit Speisen, welche aus Eiern zubereitet sind, und welche geeignet sind dieses Gas zu entwickeln, zu bewahren pflegt. Die Verbindungen des Schwefels mit Metallen werden wir später betrachten. Daß Schwefel auch in manchen organischen Verbindungen, namentlich in den Albuminen und Albuminoiden vertreten ist, hat bereits Erwähnung gefunden.

c) Selen, Tellur, Bor, Antimon, Arsen.

145. Ganz ähnliche Eigenschaften wie der Schwefel hat das Selen (19 a). Es ist ein starrer Körper, dunkelbraun und glasig, brennt unter Entwicklung eines nach Rettig riechenden Dampfes und gehört zu den seltensten Körpern der Erde. Es ist darin sehr interessant, daß gewisse elektrische Eigenschaften (die elektrische Leitungsfähigkeit) bei ihm von der Art der Belichtung abhängen. Seine Verbindungen haben für uns wenig Interesse. Gleiches gilt von dem Tellur (19 a), welches in seinem Aeußeren den Metallen sehr ähnlich sieht. Vom Bor ist auch nur wenig zu sagen, es ist fest und tritt in zwei verschiedenen Formen auf. In Krystallform ist es außerordentlich hart, fast noch härter als Diamant und glänzt auch ähnlich wie dieser Körper. Seine bekannteste Verbindung ist die Borsäure (5 m), H_3BO_3 , ein krystallinischer Körper von bitterlichem Geschmack. Dampfförmig kommt die Borsäure vermischt mit vielen anderen Gasen aus Spalten der Erde in Italien, namentlich in den sogenannten Marenmen von Toskana heraus. Borax (5 m) ist das borsaure Salz des Natrium und hat die Formel $\text{B}_4\text{O}_7\text{Na}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$; er löst sich in Wasser zu einer etwas laugenartigen Flüssigkeit, krystallisirt aus dieser bei etwa 60 bis 70 Grad aus, findet sich in einigen Seen von China und anderen asiatischen Ländern, aus denen er als Tinkal (5 m) in den Handel kommt, wird aus Borsäure und kohlensaurem Natrium, namentlich in Italien hergestellt, dient in der Wäsche, um ihr beim Plätten Glanz zu verleihen, beim Löthen der Metalle, um diese an der Löthstelle von Oxydüberzügen zu reinigen, ferner mit schwefelsaurem Magnesium (Bittersalz) gemengt und in Wasser gelöst, um Gewebe zu durchtränken und sie so gegen Feuergefahr zu schützen. Der Borax wird auch als Flußmittel benutzt, indem seine Beimengung zu Metallen diese leichter schmelzen macht.

146. Vom Antimon oder Spießglanz (19 a) ist hervorzuheben, daß er völlig metallisch aussieht, beim Schmelzen sich entzündet und zu Antimonoxyd verbrennt, Sb_2O_3 . Das gewöhnliche Antimonerz

heißt Graupießglanzerz oder Antimonglanz (7 a) und ist eine Verbindung des Antimons mit Schwefel Sb_2S_3 . Zu Metallen gemischt, macht es diese glänzender und härter, mit Blei vermengt giebt es das zur Herstellung der Buchdruckerlettern dienende Schriftgießmetall (3 a, b, c), mit Zinn das Britanniametall (wie Kupfer), welches zur Herstellung von gewöhnlichem Hausgeräth, wie Löffel, Leuchter, Kannen u. s. f. angewendet wird.

147. Arsen (19 a) sieht gleichfalls metallisch aus, ist stahlgrau, mehr als $5\frac{1}{2}$ mal so dicht wie Wasser, erscheint in zwei Formen und giebt beim Erhitzen einen unangenehmen knoblauchartigen Geruch. Es brennt sowohl in Luft zu einem Arsenoxyd, als auch in Chlor zu Chlorarsen und ist selbst und mit allen seinen Verbindungen heftiges Gift. Das Arsen des Handels führt auch die Namen Arsenik, Fliegengift, Fliegenstein, Kobaltum u. s. f. Es kommt in der Natur frei und in Verbindungen vor, namentlich in Schwefelkiesen, Braunkohle, Steinkohle und in manchen Mineralquellen. Auch in vielen Legirungen, so im Messing, im Spiegelmetall, im Bleischrot u. s. f., ist es enthalten. Angewendet wird es in der Feuerwerkerei, Schrot- und Giftfabrikation. Die Verbindung mit Sauerstoff As_2O_3 , ein fester geruchloser und geschmackloser Körper, heißt gleichfalls Arsenik oder Giftmehl, Rattengift u. s. f. (5 m) und gehört zu den heftigsten Giften, die in der Natur vorkommen. Arsenik säure hat die Gleichung H_3AsO_4 , Arsenwasserstoff, ein knoblauchartig riechendes, außerordentlich giftiges Gas, die Gleichung H_3As . Realgar (5 m), ein Mineral, welches in Krystallen vorkommt und in der Feuerwerkerei zur Mischung des Weißfeuers dient, ist eine Schwefelverbindung des Arsens, As_2S_3 . Eine andere Schwefelverbindung As_2S_5 heißt Auripigment oder Opperment oder Raufgelb (5 m), hat eine schöne gelbe Farbe und wird als Malerfarbe benutzt, es enthält stets Arsenik.

d) Phosphor.

148. Phosphor (5 m) kommt in zwei durchaus verschiedenen Formen vor; der gewöhnliche Phosphor läßt sich mit dem Messer schneiden, ist durchsichtig und fast farblos und riecht knoblauchartig. Seine Dichte ist gegen 1,83, er schmilzt bei etwa 44 Grad, entzündet sich bei 60 Grad und verbrennt mit bläulichweißer Flamme; er ist aber überhaupt so leicht entzündlich, daß er durch schon oberflächliches Reiben ins Brennen geräth, daher seine Anwendung in den älteren Zündhölzern (5 d) zur Herstellung der Zündmasse (welche außerdem Gummi, Mennige u. a. m. enthält, je nach der Fabrikation). Seinen Namen hat er davon, daß er im Dunkeln leuchtet. Er verwandelt bei Gegenwart von Wasser den Sauerstoff der Luft in Ozon und ist ein heftig wirkendes Gift. Setzt man gewöhnlichen Phosphor unter Wasser

dem Tageslicht aus, so verliert er allmählig seine Durchsichtigkeit und bekommt eine rothe Farbe, dieses ist die zweite Form des Phosphors, der rothe Phosphor, der 2,1mal so dicht ist wie Wasser, von selbst nicht leuchtet, sich auch nicht leicht entzündet, gerade in denjenigen Flüssigkeiten, wie Schwefelkohlenstoff, sich nicht löst, in denen der gewöhnliche Phosphor sich löst und der vor Allem auch nicht giftig ist. Er entzündet sich gleichfalls durch Reiben und wird u. a. auch zur Herstellung der Reibfläche für die schwedischen Zündhölzer verwendet (die an der Spitze kein Phosphor haben, sondern Kaliumchlorat und andere Stoffe). Erwärmt man diesen Phosphor bis zu 260 Grad, so wird er zu gewöhnlichem Phosphor. Erwärmt man ihn zu 360 Grad so bekommt man die dritte Form des Phosphors, den schwarzen Phosphor, der noch dichter ist als der rothe.

Phosphor kommt frei in der Natur nicht vor, in großen Mengen aber in den phosphorsauren Salzen. Die Knochen der Thiere z. B. bestehen zu $\frac{2}{3}$ aus solchen Salzen.

Man kennt mehrere Säuren des Phosphors, die in der Technik Anwendung finden. Die gewöhnliche Phosphorsäure (5 m) hat die Formel H_3PO_4 ; sie ist eine syrupdicke Flüssigkeit, die sich im Wasser löst und verdünnt auch in der Medicin Anwendung findet. Phosphorwasserstoff H_3P ist dadurch merkwürdig, daß er in der einen Form selbstentzündlich, in der anderen Form nicht selbstentzündlich ist. Phosphor mit nur zwei Verbindungsgewichten Wasserstoff H_2P , giebt den flüssigen Phosphorwasserstoff, mit einem Verbindungsgewicht HP den festen. Die Verbindungen mit Schwefel, Chlor u. s. f. übergehen wir.

e) Silicium.

149. Endlich Silicium kommt gleichfalls in zwei Formen vor, krystallinisch dem natürlichen Graphit ähnlich, sehr hart, sehr widerstandsfähig gegen alle Säuren, selbst in der Weißglühhitze unveränderlich; sodann amorph als dunkelbraunes Pulver, welches beim Erhitzen sich leicht entzündet. Silicium gehört zu den am häufigsten vorkommenden Körpern auf der Erde, doch findet es sich nicht frei, sondern stets in Verbindung mit Sauerstoff. Es giebt aber nur eine solche Verbindung, das ist die Kieselerde SiO_2 . Krystallisirte Kieselerde ist der Bergkrystall, der zu den unveränderlichsten Körpern gehört, von keiner Säure angegriffen wird und sehr schwer schmelzbar ist. Er bildet schöne, wohl allen unseren Lesern bekannte Krystalle (auch Waaren 33 a, g, 20 a, b 1, b 2), die je nach der Färbung als Bergkrystall, Rauchtopas, Amethyst u. s. f. bezeichnet werden. Der gemeine Kieselstein oder Quarz (33 a, b, d) mit allen seinen Unterarten (auch Waaren 33, g, h, 20 a, b 1, b 2), wie Rosenquarz, Milchquarz, Katzenauge ist im Wesentlichen auch nur Kieselerde, ebenso der Hornstein,

Kieselschiefer, Jaspis, Feuerstein, Chalcedon, Onyx, Carneol, Chrysopras, Heliotrop, Moosachat u. s. f. Achat ist ein schichtenweise wechselndes Gemenge der vorgenannten Minerale und gehört mit diesen der nichtkrystallinischen Form der Kieselerde an. In welcher ungeheuren Mengen die Kieselerde vorkommt, ist leicht zu er-messen, wenn wir sagen, daß fast aller Sand und der ganze Berge zusammensetzende Sandstein aus Quarzkörnchen besteht, und daß in ganzen Landstrichen der Boden aus Quarz gebildet ist.

150. Es giebt auch mehrere Verbindungen der Kieselsäure, deren Salze als Silicate bezeichnet werden. Feldspath, Hornblende, Augit, Granat, Thonschiefer, Gneis, Granit (auch Waaren 7 a, 33 a, b, d, d Anm., g, 20 a), bestehen aus solchen Silicaten. Kieselsäure und Silicate kommen auch in der Asche fast aller Pflanzen vor, namentlich in denen der Gräser, in den Halmen der Getreidearten, im Bambusrohr u. s. f. Im Thierreich bilden sie die Panzer vieler kleiner Thierchen, die man mit dem allgemeinen Namen Infusorien bezeichnet, Infusorienerde (7 a) oder Kieselguhr ist eine massenhafte Ansamm-lung derartiger Panzer verwester Infusorien.

151. Daß das Glas (auch Gegenstände 10, sodann 2 d Anm. 3, 13 g, 15 a 2, 20 c 2, c 3, 33 g, 1 a) größtentheils aus Kieselerde und Silicaten besteht, ist bekannt. Hergestellt wird es durch Zusammen-schmelzen von Kieselerde (Sand) mit verschiedenen Metalloxyden, nament-lich mit Kaliumoxyd (Kali), Natriumoxyd (Natron), Calciumoxyd (Kalk), Bleioxyd (Mennige), Zinkoxyd (als Zinkweiß), Wismuthoxyd u. s. f. Die verschiedenen Glasforten unterscheiden sich von einander nach dem Vor-herfischen des einen oder anderen Oxydes. Bouteillen- und Fenster-glas ist hauptsächlich ein Calcium- und Magnesiumsilicat, das weiße böhmische Glas ein Calcium- und Kaliumsilicat, das französische Glas ein Calcium- und Natriumsilicat, Spiegelglas ist häufig eine Mischung der beiden letztgenannten Glasarten, Krystallglas ist ein Kalium- und Bleisilicat, ebenso Flintglas; Kronglas enthält dagegen kein Blei; stark bleihaltig ist Emaille, welche einen Zusatz von Zinn-oxyd enthält, Straß ist eine Glasart, die zur Herstellung von künstlichen Edelsteinen dient, Wasserglas (5 l) ein in Wasser lösliches, kiesel-saures Alkali, welches zum Ueberziehen von leicht feuerfangenden oder der Witterung ausgesetzten Gegenständen dient und in Folge seiner Fähig-keit zu binden und zu kleben als mineralischer Leim Anwendung findet. Die Färbung der Gläser wird durch Zusatz von gewissen Stoffen be-wirkt, wie Eisenoxyd und Kupferoxyd zur Rothfärbung, Chromoxyd zur Grünfärbung, Braunstein zur Violettfärbung u. s. f. Bleihaltige Gläser sind leicht, Kaligläser am schwersten schmelzbar.

f) Die Metalle und ihre Verbindungen.

152. Wir sind damit an das Ende der nichtmetallischen Elemente gelangt und haben gesehen, daß diese einander vielfach sehr unähnlich sind. Die zur zweiten Klasse der Elemente gehörigen Körper, die Metalle, sind dagegen einander sehr ähnlich. Alle haben den bekannten Glanz, der als Metallglanz bezeichnet wird, alle sind bis auf eines, das Quecksilber, fest, alle sind ohne Veränderung in Flüssigkeiten unlöslich, alle sind undurchsichtig, alle haben auch die nämlichen elektrischen und Wärmeeigenschaften, die wir später noch kennen lernen werden.

Im Einzelnen kommen zwischen den Metallen jedoch auch erhebliche Unterschiede vor. So sind zunächst die Dichten außerordentlich mannigfaltig. Das leichteste Metall, Lithium, ist nur so dicht wie die am wenigsten dichten Flüssigkeiten, nämlich nur wenig mehr als $\frac{1}{2}$ mal so dicht wie Wasser, Gold dagegen ist mehr als 19mal, Platin gar mehr als 21mal so dicht wie Wasser.

Wiewohl sie alle schmelzbar sind, sind ihre Schmelztemperaturen von einander sehr verschieden. Quecksilber, welches ja schon gewöhnlich flüssig erscheint, also geschmolzen ist, wird erst bei fast 40 Grad unter Null fest, so daß seine Schmelztemperatur 40 Grad unter derjenigen des Wassers liegt. Zinn dagegen schmilzt bei 235 Grad über Null, Silber bei 1000 Grad, Gold bei 1250 Grad, Platin bei so starken Hitzeegraden, wie sie nur schwer und durch besondere Mittel zu erreichen sind.

Auch die Härte der Metalle ist sehr verschieden, einige sind so weich, daß man sie mit dem Messer schneiden oder gar mit der Hand kneten kann, wie Kalium und Natrium, andere wieder sind sehr hart, oft härter als Glas. Sie sind theils geschmeidig und dehnbar, so daß man sie zu den feinsten Blechen auswalzen und ausschämmern, oder zu den feinsten Drähten ausziehen kann, wie Gold, Blei, Eisen, Silber u. s. f., theils aber auch spröde und brüchig wie Glas, z. B. Stahl. Auch ihre Festigkeit ist außerordentlich verschieden, ein Eisendraht reißt erst bei dem mehr als 20fachen angehängten Gewicht wie ein Bleidraht von gleicher Länge und Dicke. Die Farbe der Metalle ist im Allgemeinen silberweiß oder silbergrau, doch ist Kupfer roth, Gold gelb, Aluminium und Silber fast völlig weiß. Alle Metalle lassen sich poliren und spiegeln alsdann.

153. Wenige der Metalle kommen in der Erde als solche vor, z. B. Gold, Silber, Platin, Kupfer, Quecksilber, sie heißen dann gediegen oder regulinisch, und ein gediegener Metallklumpen wird als Regulus bezeichnet. Die meisten sind an andere Elemente gebunden, sind vererzt, wie man sagt, und werden erst aus den Erzen (7a, soweit nicht anders genannt) durch den Hüttenprozeß und die

Metallurgie gewonnen. Sie kommen in den Gesteinen der Erde vor und bilden Schichten oder Gänge, die man als Erzgänge bezeichnet. Die Erze, aus denen die Metalle gewonnen werden, sind hauptsächlich Oxide, Schwefelmetalle, Chlormetalle und Salze. Aus den Oxiden bekommt man die Metalle durch Erhitzen mit Kohle, wobei die Kohle dem Oxid den Sauerstoff entzieht, um damit Kohlenäure zu bilden, wobei das Metall frei wird. Die Kohle ist das Reduktionsmittel, und das Metall ist reducirt, wie man sagt, es fließt geschmolzen ab und wird in Formen aufgefangen. Schwefelmetalle werden geröstet oder abgeschwefelt, wodurch sie in Oxide übergehen, die wieder mit Kohle reducirt werden. Die Schlacken (7 a, Steine 33 a) in den Schmelzöfen sind geschmolzene Gesteinstücke, innerhalb deren die Erze sich befanden, oder geschmolzene Zuschläge, um den Reduktionsproceß zu beschleunigen und zu regeln. Neuerdings werden manche Metalle auf elektrolytischem Wege gewonnen, namentlich wird jetzt das Aluminium in großen Massen in dieser Weise hergestellt.

154. Die Metalle verbinden sich mit einander chemisch unmittelbar nicht; wenn mehrere Metalle in einer Verbindung vorkommen, so ist das auf indirektem Wege durch Einwirkung verschiedener ihrer Verbindungen auf einander bewirkt. Die Metalle können sich aber in einander auflösen. Lösungen von Metallen, welche durch Quecksilber bewirkt werden, nennt man Amalgame (wie Kupfer). So giebt es Zinkamalgame, Goldamalgame, Silberamalgame, Zinnamalgame zum Belegen der Spiegel u. s. f. Die Metalle können aus den Amalgamen wiedergewonnen werden durch starkes Erhitzen, indem dabei das Quecksilber verdunstet und das Metall zurückbleibt. Darauf beruht die Anwendung vieler Amalgame zur Herstellung von Metallniederschlägen, wie zum Vergolden, Versilbern, was als Feuervergoldung, Feuerversilberung u. s. f. bezeichnet wird. Die Amalgame sehen durchaus metallisch aus.

Mischungen anderer Metalle mit einander geschehen nur im geschmolzenen Zustande und geben die Legirungen (edle mit edlen oder unedlen wie edle, Silberstahl wie Stahl; ferner unedle: Blei mit Antimon, Zink, Zinn, Arsen wie Blei; Eisen mit Arsen, Chrom, Mangan, Silicium, Wolfram, sowie Meteorstahl wie Eisen; Zink mit Blei, Zinn wie Zink; Zinn mit Blei, Antimon, Zink [ausgenommen Britanniametall] wie Zinn, alle übrigen wie Kupfer), welche gleichfalls durchaus Metalle sind. Am bekanntesten sind die Legirungen des Kupfers mit Zinn, Zink, Blei, Aluminium u. s. f. Bronze besteht zu etwa 91 Theilen aus Kupfer und etwa 9 Theilen aus Zinn, durch einen geringen Zusatz von Phosphor bekommt man die Phosphorbronze, mit etwas Gold die Goldbronze. Glockenmetall enthält etwa 78 Theile Kupfer und 22 Theile Zinn, Kanonenmetall ist ähnlich wie Bronze zusammen-

gesetzt, Statuenbronze enthält außer Kupfer und Zinn noch Zink und Blei. Messing ist eine Legirung von Kupfer und Zink, die im Durchschnitt etwa 30% Zink enthält. Tomback, rothes Messing, enthält nur 15% Zink. Neusilber oder Argentan ist eine Legirung von Kupfer, Zink und Nickel, Alfenid ist versilbertes Neusilber; ähnlich verhält es sich mit vielen anderen Kupferlegirungen. Die Legirungen des Bleies geben das Schnellloth der Klempner (Zinn und Blei zu gleichen Theilen), das Schriftgießmetall und manches andere. Radium, Blei, Zinn und Wismuth bilden eine eigenthümliche Legirung, die man als Wood'sches Metall bezeichnet, welches schon bei 70 Grad schmilzt. Silber wird hauptsächlich in seiner Legirung mit Kupfer verarbeitet. Unsere Münzen bestehen aus einer solchen Legirung, deren Gehalt an Silber gesetzlich festgestellt ist. Gold wird gleichfalls nicht rein verwendet, sondern in der Legirung mit Kupfer und Silber. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß von vielen Chemikern die Amalgame und Legirungen als wirkliche chemische Verbindungen betrachtet werden, doch sind es jedenfalls solche, bei denen die metallischen Eigenschaften bestehen bleiben.

155. Anders verhält es sich mit den unzweifelhaften chemischen Verbindungen mit den Nichtmetallen, es kommen hier hauptsächlich in Betracht:

a) Die Verbindungen mit Sauerstoff, die Metalloxyde; ausnahmslos starre Körper, meist unlöslich in Wasser, ohne jedes metallische Aussehen, vielmehr größtentheils von erdiger Beschaffenheit. Alle Metalle bilden Oxyde und zwar vielfach von sehr verschiedenem Gehalt an Sauerstoff, so Mangan allein sechs Oxyde. Die Oxydbildung erfolgt vielfach unter ganz gewöhnlichen Verhältnissen, z. B. allein durch Liegen in feuchter Luft, die Metalle rosten, wie man sagt, so Eisen, Zink, Kalium, Natrium u. s. w. Manche Metalle gehen dabei allmählig vollständig in Rost über, wie Eisen, andere dagegen bekommen nur eine Haut von Rost, welche sie gegen weiteres Verrosten schützt, wie Zink. Die edlen Metalle rosten nicht. Die Oxydbildung wird beschleunigt, wenn die Metalle in der Luft geglüht oder geschmolzen werden. Einige Metalle zersetzen in Folge ihrer Vorliebe für den Sauerstoff das Wasser, sobald sie mit ihm nur in Berührung kommen; dieses geschieht bei Natrium und Kalium mit außerordentlicher Heftigkeit. Andere wieder oxydiren sich erst in Säuren, doch bilden sie dabei sofort mit einem Bestandtheil der Säuren Salze, vielfach unter gleichzeitiger Zerlegung des Lösungsmittels der Säuren, namentlich, wenn letztere verdünnt sind. Dieses findet z. B. statt bei der Auflösung von Zink in verdünnter Schwefelsäure nach der chemischen Gleichung $H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$; der frei werdende Wasserstoff kann aufgefangen werden und wird in der That vielfach, wo man seiner bedarf, so gebildet. Daß man die

Metalle aus den Oxyden durch Glühen wiedergewinnen kann, ist bereits erwähnt. Es kann dieses geschehen durch Glühen der Oxyde allein, namentlich bei den edlen Metallen wie Gold, Silber, Platin, Quecksilber, oder durch Glühen mit einem Reduktionsmittel, wozu vorzugsweise Kohle und Wasserstoff dient, z. B. Bleioxyd und Kohle geglüht geben reines Blei und Kohlenoxydgas, Kupferoxyd und Wasserstoff geglüht geben reines Kupfer und Wasser u. s. f.

b) Halogenverbindungen. Verbindungen der Metalle mit Chlor entstehen vielfach ohne jeden Anstoß, werden auch bewirkt durch Auflösen der Metalle in Salzsäure oder bei den edlen Metallen, Gold, Platin, in Königswasser. Sie sind meist starr, einige auch flüchtige Flüssigkeiten. Jedes Metall kann mehrere Verbindungen mit Chlor eingehen, welche als Chloride, Chlorüre u. s. f. bezeichnet werden. Mehnlich sind die Verbindungen mit den anderen Halogenen.

c) Schwefelmetalle. Die meisten Metalle verbinden sich mit Schwefel, entweder durch Verbrennen im Schwefeldampf oder durch Glühen eines Metalloxyds mit Schwefel, oder durch Glühen eines schwefelsauren Metallsalzes mit Kohle, oder durch Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf Metalloxyde u. s. f. Diese Verbindungen sind starr, vielfach sehr lebhaft gefärbt, kommen häufig in den Gesteinen vor und besitzen meist Metallglanz. Durch Glühen, Rösten werden sie in Oxyde verwandelt, aus denen das Metall dann durch Reduktion gewonnen werden kann.

d) Mit anderen nichtmetallischen Elementen kommen gleichfalls Verbindungen vor, doch sind von größerer Wichtigkeit nur die Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff im Roheisen und Stahl. Namentlich gering ist die Neigung des Wasserstoffs zu den Metallen. Seltenerweise verhalten sich die Verbindungen des Wasserstoffs mit den Metallen wie Metalllegirungen.

e) Salze. Sie sind, wie bereits bemerkt, Umsetzungen von Säuren mit Basen, durch welche der Wasserstoff der Säuren ganz oder zum Theil durch Metalle oder ihnen ähnliche Körper ersetzt ist. Es giebt folgende Arten von Salzen. Haloidsalze, in denen der übrig gebliebene Säurebestandtheil eines der Halogene ist, dazu gehört z. B. das Kochsalz, das ist Chlornatrium, sodann das ihm sehr ähnliche in den Staßfurter Salzlagern vorkommende Chlorkalium, das Chlorlithium, Chlorbarium, Fluorcalcium oder Flußspath, Jodkalium, Bromkalium, Eisenchlorür, Eisenjodid u. s. f. Die anderen Salze sind solche, welche aus der Umsetzung von Basen mit Sauerstoffsäuren entstehen, z. B. K_2SO_4 schwefelsaures Kalium, $CaSO_4$ schwefelsaurer Kalk oder Gips, $ZnSO_4$ schwefelsaures Zink. In allen diesen Salzen sind die Wasserstofftheile der Schwefelsäure durch das Metall des betreffenden Oxydes ersetzt. So ist auch der Borax ein Salz des Natriums, welches durch

Umsetzung mit Vorfäure entstanden ist. Nach den Säuren unterscheidet man salpetersaure Salze, schwefelsaure, phosphorsaure, arsensaure, antimonsaure, chlorsaure, bromsaure, jodsaure, kohlen-saure, kiesel-saure, bor-saure und Salze der organischen Säuren, wie die der Essig-säure, Oxal-säure u. s. f. Bilden die nämlichen Elemente mehrere Säuren, so giebt es auch mehrere entsprechende Salze; so unter den schwefel-sauren Salzen eigentlich schwefelsaure, schweflig-saure, unterschwefel-saure und unterschweflig-saure, also vier Arten von Salzen. Aehnlich giebt es drei Arten von phosphor-sauren Salzen, zwei von salpeter-sauren u. s. f.

Manche Salze enthalten statt des Sauerstoffs der Säure eine entsprechende Zahl von Verbindungsgewichten Schwefel, sie heißen dann Sulfo-salze; so entspricht dem arsen-sauren Salz K_3AsO_3 das Sulfo-salz K_3AsS_3 .

Die Salze sind entweder sauer oder neutral oder basisch. Ein und dasselbe Metall bildet mit derselben Säure bald saure, bald neutrale, bald basische Salze. So ist $HKSO_4$ ein saures Kalium-salz, K_2SO_4 ein neutrales, $HClZnO$ ein basisches Salz. Ein Salz wird sauer sein, wenn in der Umsetzung mit der Basis die Säure vorherrscht, basisch, wenn das mit der Basis der Fall ist und neutral, wenn keines von beiden vorherrscht. Starke Säuren und schwache Basen geben also saure Salze, schwache Säuren und starke Basen basische, gleich starke Säuren und Basen neutrale Salze.

Es giebt auch Salze, in denen zwei Metalle vertreten sind, sie heißen Doppelsalze. Dazu gehören besonders die Alaune wie Kalium-Aluminium-Sulfat $KAlS_2O_8$.

Die Salze sind meist starre Körper, krystallisiren größtentheils und sind manchmal auch gefärbt, sie schmecken rein salzig, wie Kochsalz, oder daneben etwas bitter, wie Kalium-salz, oder sehr bitter, wie die Magnesium-salze. Andere wieder schmecken süß, noch andere metallisch. Die meisten Salze lösen sich in Wasser, einige sind sogar so begierig nach Wasser, daß sie an der Luft zerfließen, indem sie aus ihr alle Feuchtigkeit an sich ziehen, z. B. Chlorcalcium.

Wenn Salze aus einer wässrigen Lösung auskrystallisiren, verbinden sie sich vielfach mit bestimmten von der Temperatur und anderen Umständen abhängigen Mengen Wasser. Man nennt dieses Wasser Krystallwasser und muß es in den chemischen Formeln der krystallisirten Salze berücksichtigen. So ist der gewöhnliche Alaun nicht krystallisirt ein Doppelsalz, von der Formel $KAlS_2O_8$, dagegen ist noch die Größe $12H_2O$ hinzuzufügen, wenn es sich um Alaunkrystalle handelt. Ebenso ist Zinkvitriol nicht krystallisirt $ZnSO_4$, krystallisirt $ZnSO_4 + 7H_2O$. Geht das Krystallwasser den Krystallen verloren, so zerfallen sie meist zu Pulver; bei manchen Krystallen geschieht das erst durch starke

Erhitzung, bei anderen dagegen schon unter gewöhnlichen Umständen. Diese verwittern, wie man sagt. Nicht alle Salze nehmen Krystallwasser beim Krystallisiren auf.

Nach diesen allgemeinen Auseinandersetzungen können wir uns in Bezug auf die einzelnen Metalle kurz fassen. Man theilt sie in Gruppen ein, deren jede besonders ähnlich sich verhaltende Metalle umfaßt.

156. Die Alkalimetalle, nämlich Kalium, Natrium, Lithium, Rubidium, Cäsium. Sie haben ihren Namen davon, daß ihre Oxyde Alkalien heißen. Enthalten die Oxyde auch Wasserstoff — solche Oxyde heißen allgemein Hydroxyde — so nennt man sie kaustische Alkalien. Letztere sind die stärksten Basen, haben einen ätzenden, laugenhaften Geschmack, zerstören alle organischen Gewebe, färben in Lösung rothes Lackmuspapier blau und Kurkumapapier braun; daher man diese Reaktion alkalisch nennt, auch wenn man sie an anderen Basen trifft. Diese Metalle selbst sind in gewöhnlicher Temperatur sehr weich, in der Kälte hart, spröde und alle sehr leicht.

157. Kalium (19a) hat die Dichtigkeit 0,865, ist silberweiß, schmilzt schon bei etwa 62 Grad, ist äußerst begierig nach Sauerstoff, so daß es sofort anläuft und erhitzt verbrennt. Es muß deshalb unter Petroleum aufbewahrt werden, welches bekanntlich keinen Sauerstoff enthält.

a) Wichtig ist die Verbindung mit Sauerstoff und Wasserstoff KHO, Kalihydrat, Aetzkali oder Aetzstein (5g) genannt. Es ist ein weißer, harter Körper, der an der Luft zerfließt und in Wasser unter starker Erhitzung sich löst. Die wässrige Lösung heißt Kalilauge (5g). Die Stärke der Kalilauge wird nach dem Gehalt an Aetzkali bestimmt. Diese Lauge bildet sich von selbst, wenn man Kalium auf Wasser wirft, die Bildung geht jedoch etwas stürmisch vor sich.

b) Von den Salzen nennen wir vor allem das Kaliumkarbonat K_2CO_3 ; im Handel kommt es mit vielen anderen Salzen vermischt unter dem Namen Pottasche (5k) vor, welche im Haushalte, in der Seifenfabrikation und in der Glasfabrikation angewendet wird. Sie wird aus der Holzasche nach Behandlung mit Wasser, in welchem das in der Asche enthaltene kohlenfaure Kalium sich löst, durch Eindampfen und durch Glühen (Kalciniren) gewonnen oder fabrikmäßig aus dem in Staßfurt gegrabenen Chlorkalium hergestellt. Doch kann sie auch aus Feldspath, den Salzen des Meerwassers oder aus Tangen u. s. f. angefertigt werden.

c) Ein anderes wichtiges Salz ist das salpetersaure Kalium oder Kalisalpeter (5m), KNO_3 , von scharfem Geschmack, farblos, durchsichtig und in Wasser löslich. Der Salpeter findet sich namentlich in heißen Ländern, nach der Regenzeit aus der Erde ausgewittert

und kommt in den Handel als ostindischer oder prismatischer Salpeter. Künstlich gewonnen wird er in den Salpeterplantagen, indem man stickstoffhaltige, faulende thierische Stoffe, wie Harn, Jauche, thierische Abfälle mit Hauschutt oder Holzasche, oder verwittertem Feldspath vermischt und Jahrelang der Einwirkung der Luft überläßt. Was man durch Auslaugen dieser Salpetererde bekommt, ist ein Gemenge von mehreren Salzen, aus denen man das gewünschte Salz durch Abdampfen und mehrfaches Umkrystallisiren gewinnt.

d) Salpeter wird bekanntlich hauptsächlich zur Fabrikation des Schießpulvers (5 m, Patronen 19 d 2, 27 f 2, f 3) angewendet; ungefähr 75% davon sind Salpeter, 12% Schwefel, 13% Kohle. Doch benutzt man es auch bei der Herstellung von Salpetersäure, Schwefelsäure, Feuerwerken und in der Medicin.

e) Chlorsaures Kalium oder Knallsalz (5 m, in Hülsen 5 h) KClO_3 dient zum Füllen von Zündhütchen (19 d 2) zusammen mit Schwefel oder Schwefelantimon und anderen Stoffen und zur Herstellung der schwedischen Zündhölzchen (5 d). Chlorkalium KCl kommt in den Abraumsalzen vor, ebenso Bromkalium, sie dienen zur Fabrikation von Pottasche, Brom u. s. f. Jodkalium (5 m) und Bromkalium (5 m) sind bekanntlich auch Arzneimittel.

f) Schwefelkalium K_2S giebt mit schwefelsaurem Kalium K_2SO_4 die Schwefelleber (5 m) der Apotheken und dient durch Vermischen mit Salzsäure zur Herstellung der Schwefelmilch.

g) Erhitzt man Quarz mit kohlensaurem Kalium, so erhält man Kieselsaures Kalium, das sogenannte Wasserglas (5 l), dessen Eigenschaften schon angegeben sind.

h) Ein fürchtbares Gift ist Cyankalium (5 e) KCN , ein starrer, farbloser, alkalisch reagirender Körper. Hierher gehört auch das rothe und gelbe Blutlaugensalz (5 e), Ferridcyankalium $\text{K}_6\text{Fe}_2\text{C}_{12}\text{N}_{12}$ und Ferrocyankalium $\text{K}_4\text{FeC}_6\text{N}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$. Das letztere findet in der Technik ungemein vielseitige Anwendung zur Herstellung von Cyankalium, in der Färberei, Fabrikation von Schieß- und Sprengstoffen u. s. f. und wird durch Glühen von thierischer Kohle (aus Blut, Horn, Leder, Wolle) mit Pottasche hergestellt. Berlinerblau (5 m) (neutrales und basisches) wird durch Lösung von gelbem Blutlaugensalz in einer Lösung von Eisenchlorid bezw. einer anderen Eisensalzlösung erhalten und als Aquarellfarbe, zum Färben von Wollstoff, Seide u. s. f. und in der Zeugdruckerei verwendet.

158. Außerordentlich ähnlich dem Kalium verhält sich das Natrium (19 a), es ist etwas dichter als dieses, nämlich 0,97mal so dicht wie Wasser und schmilzt bei höherer Temperatur. Es verbrennt an der Luft erhitzt und rafft überall Sauerstoff an sich.

a) Natron (5 m) ist Natriumoxyd Na_2O , Natronlauge (5 g)

ist eine wässrige Lösung des Natriumhydroxyd NaHO , oder Natronhydrat, Meßnatron, Natronäpfstein (auch Seifenstein) und hat dieselben Eigenschaften wie die Kalilauge.

b) Von den Salzen entspricht dem Kaliumcarbonat das Natriumcarbonat Na_2CO_3 , das ist Soda (5k, calcinirt 5i), eine krystallinische feste Masse, die im Wasser leicht löslich ist. Soda findet sich in den sogenannten Natronseen, in Ungarn und Armenien, und kann auch aus der Asche gewisser Pflanzen gewonnen werden, das ist die natürliche Soda. Fabrikmäßig wird es nach dem Leblanc'schen Verfahren ungefähr in folgender Weise hergestellt: Man behandelt Kochsalz mit Schwefelsäure, dieses giebt schwefelsaures Natrium und Salzsäure, welche als Nebengewinn gesondert aufgefangen wird. Die Gleichung ist $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$. Das schwefelsaure Natrium bringt man in Glühöfen, die Sodaöfen, und fügt Kohle und kohlensaures Calcium hinzu; dabei gehen zwei Veränderungen vor sich, erst entsteht durch Einwirkung der Kohle auf das schwefelsaure Natrium, Schwefelnatrium und Kohlenoxyd nach der Gleichung $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} = 4\text{CO} + \text{Na}_2\text{S}$. Sodann wird das Schwefelnatrium, durch das kohlensaure Calcium in kohlensaures Natrium, das ist die gewünschte Soda und Schwefelcalcium verwandelt, nach der Formel $\text{Na}_2\text{S} + \text{CaCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS}$. Alles zusammen bildet eine geschmolzene nach dem Erkalten steinharte Masse, aus welcher die Soda durch Wasser ausgelaugt wird. Wird das Wasser durch Verdampfung entfernt, so krystallisirt die Soda aus. Diese Fabrikation ist ausführlicher behandelt, weil sie als eklatantes Beispiel für chemische Umsetzungen für viele andere stehen kann und weil die Sodafabrikation mit den wichtigsten Zweig der chemischen Industrie bildet. Sodafabriken stellen auch unter Benutzung des gewonnenen Chlornasserstoffs Salzsäure und Chlorkalk her und fabriciren auch Schwefelsäure. Das neuere Ammoniak-Sodaverfahren kann an dieser Stelle nicht auseinander gesetzt werden. Angewendet wird Soda wie Pottasche, dessen Fabrikation aus Chlorkalium übrigens dieselbe ist, wie die der Soda aus Chlornatrium.

c) Ersetzt man in der Soda ein Bindungsgewicht Natrium durch ein Bindungsgewicht Wasserstoff, so bekommt man das bekannte doppelkohlensaure Natron NaHCO_3 oder Natrium bicarbonicum (5i). Es findet sich auch in vielen Mineralwässern, namentlich in den Sauerlingen und Stahlquellen.

d) Ein anderes medicinisch wichtiges Salz ist das schwefelsaure Natrium oder Glaubersalz (5m) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$, von bitterlichsalzigem Geschmack und abführender Wirkung. Es kommt gleichfalls in vielen Mineralwässern vor, bildet aber auch ganze Gebirgsmassen.

e) Das Analoge zum Kalisalpeter ist der Natronsalpeter (5m), auch Chile-, Peru- oder kubischer Salpeter NaNO_3 genannt.

Anwendung findet er hauptsächlich zur Bereitung der Salpetersäure; für Pulver eignet er sich nicht, weil er Wasser aus der Luft anzieht. Er wird an der Grenze von Chile und Peru, woselbst er viele Quadratmeilen Landes bedeckt, durch Einsammeln gewonnen. Der Rohsalpeter muß erst gereinigt werden. Ueber das borsaure Natrium, den Borax, ist bereits gesprochen worden.

f) Das kiesel-saure Natrium giebt wieder ein Wasserglas (5 l). Das Chlornatrium das Kochsalz NaCl (25 t, 25 t Anm.) und seine Gewinnung als Steinsalz, aus Salzseen und aus dem Meerwasser ist genügend bekannt. Es giebt auch hier eine Schwefel-leber (5 m).

159. Das Lithium (19 a) und seine Verbindungen haben eben-sowenig wie die noch fehlenden Alkalimetalle (19 a) mit ihren Ver-bindungen besonderes Interesse. Zu erwähnen ist nur, daß einige Lithiumverbindungen sich in Mineralwässern finden (Karlsbad, Baden-Baden, Rissingen, Kreuznach) und daß ihnen besondere Heilwirkungen zugeschrieben werden.

Mit den Alkalimetallen viele Aehnlichkeit hat die früher schon be-handelte, frei allerdings nicht vorkommende Verbindung NH_4 Ammo-nium, welche mit Quecksilber sogar ein Amalgam bildet.

160. Metalle der alkalischen Erden. Deren sind drei, Ba-ryum, Strontium und Calcium; sie sind hart, deh- und hämmerbar, laufen in feuchter Luft leicht an, verbrennen erhitzt mit starker Licht-entwicklung zu Oxyden, Schwefel- und Chlorverbindungen und zersetzen das Wasser auch bei gewöhnlicher Temperatur. Frei kommen sie in der Natur nicht vor. Die Oxyde heißen alkalische Erden. Die Hydroxyde, kauftische alkalische Erden genannt, sind gleichfalls starke ätzende Basen, doch nicht in dem Maße wie die kauftischen Alkalien.

161. Baryum (19 a) ist bisher nur als gelbes metallisches Pulver dargestellt, Baryumoxyd BaO heißt manchmal auch Baryt (5 m) und kommt frei in der Natur nicht vor. a) Baryumhydroxyd, Barythydrat, Aegbaryt, kauftischer Baryt (5 m) ist BaH_2O_2 ; in Wasser gelöst giebt es das Barytwasser, eine laugenhaft wirkende und ebenso schmeckende Flüssigkeit, die man nicht an der Luft stehen lassen darf, weil sie aus dieser Kohlensäure anzieht, wodurch das Aeg-baryt in kohlen-sauren Baryt (7 a, künstlicher 5 m) übergeht. Letz-terer bildet ein weißes erdiges Pulver, ist giftig und findet sich in der Natur krystallisirt als Witherit (7 a).

b) Schwefel-saurer Baryt BaSO_4 heißt krystallisirt Schwerspath (7 a, künstlicher 5 h), ist gleichfalls ein weißes erdiges Pulver, wird in großer Menge als weiße Farbe unter dem Namen Barytweiß, Per-manentweiß, Blankfixe (5 h), vermischt mit Bleiweiß als Genuesser, Hamburger, Holländisches, Venetianisches Weiß verkauft. Da dieser

Baryt in Wasser unlöslich ist, geben Baryumsalze in Schwefelsäure gethan einen flockigen Niederschlag. Hierauf beruht die Anwendung löslicher Baryumsalze zur Entdeckung der Schwefelsäure und umgekehrt der Schwefelsäure zur Entdeckung des Baryums.

c) Andere Salze sind (5 m, 5 h) salpetersaurer Baryt, chromsaurer (Barytgelb oder Permanentgelb), phosphorsaurer, Chlorbarium BaCl_2 , letzteres sehr giftig.

162. Strontium (19 a), $2\frac{1}{2}$ mal so dicht wie Wasser, schön goldgelb, entzündet sich erhitzt und verbrennt zu Strontiumoxyd, auch Strontian (5 n) geheissen SrO . Kohlensaures Strontium oder kohlenaurer Strontian, Strontianit (natürlicher 7 a, künstlicher mit anderen Strontiumpräparaten 5 n) SrCO_3 wird, wie schon früher bemerkt, in der Zuckerfabrikation im Strontianitverfahren verwendet, kommt auch natürlich in größeren Massen vor und ist ein weißes, dem kohlenfauren Baryt ähnliches Pulver. Schwefelsaures Strontium SrSO_4 heißt auch Cölestin (natürlich 7 a, künstlich 5 n) und löst sich in Wasser mehr als das schwefelsaure Baryt, sieht letzterem aber ganz ähnlich. Die Strontiumsalze färben die Flammen roth und werden deshalb in der Feuerwerkerei verwendet.

163. Calcium (19 a) ist das wichtigste der drei Metalle, denn es kommt in Verbindungen in ungeheuren Massen auf der Erde vor. Es ist hellgelb, sehr dehnbar, in trockener Luft ziemlich beständig und zersetzt das Wasser unter starker Erwärmung schon bei gewöhnlicher Temperatur, es verbrennt erhitzt in der Luft und in Halogengasen.

a) Calciumoxyd CaO oder Kalk oder Kalkerde (7 a) führt, weil es aus dem kohlenfauren Kalk durch Brennen gewonnen wird, auch den Namen gebrannter Kalk. Er wird durch Brennen der Kalksteine (7 a) in den Kalköfen, wodurch die Kohlenensäure vertrieben wird, gewonnen. Uebergießt man gebrannten Kalk mit Wasser, so erhält man das Kalkhydrat oder den kaustischen Kalk oder Aetzkalk (7 a) CaH_2O_2 , einen laugenhaft wirkenden Körper, der sich in Wasser in geringen Mengen löst. Die Lösung heißt Kalkwasser und bildet, wie schon erwähnt, ein vorzügliches Reagens für Kohlenensäure, indem diese das Kalkhydrat wieder in kohlenfauren Kalk, der in Flocken zu Boden fällt, verwandelt. Es zieht auch Kohlenensäure aus der Luft an. Kalkmilch ist Kalkwasser mit einem Ueberschuß von Kalkhydrat, letzterer senkt sich allmählig zu Boden und läßt das Kalkwasser zurück. Gelsächter Kalk (7 a) ist Kalkhydrat, der durch reichliches Uebergießen des Kalkes mit Wasser gewonnen wird, wobei bekanntlich eine starke Erhitzung entsteht. Er ist der wesentlichste Bestandtheil des Mörtels (7 a), der außerdem noch Sand und andere Stoffe enthält und die Eigenschaft hat, an der Luft zu erhärten, die seine Verwendung bestimmt. Magerer Kalk ist solcher Kalkstein, der verhältnißmäßig

wenig kohlensauren Kalk enthält, aber viel Kieselsäure und Thonerde, er wird zur Herstellung des auch in Wasser erhärtenden Wassermörtels, auch hydraulischer Kalk oder Cement (in seinen vielen Abarten) genannt (7 a, Waaren 33 a, d, d Anm., f, h 1 β, h 2, f), verwendet. Ersetzt kann er werden durch eine Mischung aus Kalk und Thonerde.

b) Der kohlensaure Kalk hat die Formel CaCO_3 , ist in Wasser unlöslich, so lange darin keine Kohlenäure enthalten ist; seine Benutzung zur Herstellung von Kalk ist schon erwähnt. Er gehört zu den verbreitetsten Körpern auf der Erdoberfläche. Marmor (auch Gegenstände 7 a, 33 a, b, c, d, d Anm., f, h 1 a, 24 b), Urkalk (7 a), Kreide (7 a, 5 o, 5 a), Kalkstein (7 a), die Tropfsteine vieler Höhlen, der Kalksinter (7 a), die Muscheln (13 a, d, g, 5 m), Perlmutter (13 d, 20 h 1 Anm., 20 b 1, b 2, b 3, c 2), Austernschalen (13 a), Eierschalen, Perlen (13 a, g, 33 g, 20 a), Korallen (13 a, 33 a, g, 20 a) bestehen größtenteils aus kohlensaurem Kalk. Auch die Knochen der Wirbeltiere enthalten ihn. Krystallisirt kommt dieser Kalk vor unter dem Namen Kalkspath (7 a), besonders geschätzt als Isländischer Doppelspath (7 a). Der Arragonit (7 a) ist eine andere Krystallform des kohlensauren Kalks.

c) Schwefelsaurer Kalk CaSO_4 , Gips (auch Gegenstände, natürlicher 7 a, künstlicher 5 m, 24 b, 33 f, h 1 β) kommt gleichfalls viel in der Natur vor und heißt wasserfrei Anhydrit, als Gebirgsmasse Gipsstein, im krystallinischen Zustand Alabaster (auch Gegenstände 7 a, 33 a, f, 20 b 2, 24 b), Marienglas, Gipsspath, Fraueneis (wie Gips). Gips erhitzt verliert sein Krystallwasser, benetzt gewinnt er dasselbe wieder und wird dabei hart, darauf beruht die Anwendung des gebrannten Gipses zur Herstellung von Gipsabgüssen (33 h 1 β) und Stuckarbeiten (33 h 1 β). Mauerfalspeter, der aus den feuchten Stellen von Mauern auswittert, ist salpetersaurer Kalk.

d) Der Bleichkalk (5 h) ist eine Mischung von zwei Chlorfalsen des Kalciums, nämlich vom unterchlorigsauren Kalcium CaCl_2O_2 und Chlorfalcium CaCl_2 , wozu noch Kalciumhydroxyd kommt. Er heißt auch Chlorfalk (5 h) und wirkt bleichend und desinficirend. Hergestellt wird er durch Behandeln von gelöschtem Kalk oder Kalkwasser mit Chlor. Da die Sodafabrikation, wie wir gesehen haben, auch Salzsäure liefert und aus dieser durch Braunstein das Chlor entwickelt werden kann, wird Chlorfalk vielfach neben der Soda fabricirt. Chlorfalk mit etwas Essig befeuchtet giebt Chlor, darauf beruht seine Anwendung als Desinfektionsmittel.

e) Chlorfalcium (5 m) ist eine poröse Masse von äußerster Begierde nach Feuchtigkeit, daher es zur Entfeuchtung von Räumen und zum Entwässern von Flüssigkeiten, z. B. von nicht ganz wasserfreiem

Alkohol, benutzt wird. Auch ist es ein vorzügliches Mittel, um Kältemischungen herzustellen, denn mit Schnee gemischt, bringt es eine Kälte von fast 50 Grad unter Null hervor. Fluorkalcium ist das bekannte Mineral Flußspath (7 a), welches in Form von Würfeln oder Doppelpyramiden krystallisirt und glasartig auszieht, doch auch ganz undurchsichtig sein kann; es leuchtet nach Erwärmen im Dunkeln.

f) Phosphorsaure Kalk (7 a) $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ kommt als Phosphorit, Apatit, Koproilit, Islandguano vor und findet sich besonders auch in den Knochen der Thiere. Die Asche der gebrannten Knochen, die Knochenerde (5 m, Knochen selbst 1 b, 13 a, d, g) besteht zu $\frac{1}{2}$ aus diesem phosphorsaurem Kalk, zu $\frac{1}{2}$ aus kohlensaurem Kalk. Das aufgeschlossene Knochenmehl (5 m) dagegen ist ein Gemenge von saurem phosphorsaurem Kalk $\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8$ und Gips und dient ebenso wie Knochenerde als Düngmittel. Calcium bildet auch mit vielen organischen Säuren Verbindungen, so giebt es essigsauren, citronensauren, carbolsauren, holzsauren (Rothsalz), oxalsauren u. s. f. Kalk (sämmtlich 5 m).

164. Metalle der Magnesiumgruppe, nämlich Magnesium, Beryllium, Zink und Cadmium. Sie zerlegen Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht, ihre Hydroxyde sind in Wasser unlöslich, ihre Sulfate leichtlöslich, sie sind meist silberweiß.

165. Magnesium (19 a) ist dehnbar und hämmerbar, verhältnißmäßig leicht und verbrennt mit außerordentlichem, bläulichem Glanz zu Magnesiumoxyd. Ein brennender Magnesiumdraht von $\frac{1}{3}$ Millimeter Dicke leuchtet so hell wie 75 Stearinkerzen, daher seine Anwendung für glänzende Lichteffekte und in der Photographie. Rein kommt es in der Natur nicht vor, es wird aus dem Chlormagnesium durch Behandlung mit Kalium oder Natrium, oder durch Electrolyse gewonnen.

a) Magnesiumoxyd MgO heißt Magnesia oder Bittererde, oder Talkerde (natürliches 7 a, künstliches 5 m); es bildet ein feines, weißes Pulver, ist fast ganz unlöslich in Wasser, reagirt schwach alkalisch und wird durch Glühen von kohlensaurem Magnesium gewonnen, findet in der Medicin als Arzneimittel und als Gegengift bei Arsenitvergiftung Anwendung. Es läßt sich durch Glühen mit Kohle zu Metall nicht reduciren. Auch das Magnesiumhydroxyd MgH_2O_2 erfährt als Magnesia alba (5 m) mit dem Magnesiumoxyd gemischt Anwendung. Die Magnesiumsalze finden sich in den Gesteinen, Mineralien und in der Asche der Thiere und Pflanzen. Die löslichen von ihnen wirken abführend.

b) Es gehören hierher: das kohlensaure Magnesium (natürliches 7 a, künstliches 5 m) Magnesit MgCO_3 , das schwefelsaure Magnesium oder Bittersalz (5 m) $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$, welches wasserklar, krystallinisch, bittersalzig und in Wasser leicht löslich ist. Bitterquellen, wie Epsom in England (daher auch der Name Epsomsalz),

Saidschütz, Sedlitz, Pilna in Böhmen, enthalten solches Bittersalz natürlich; künstliches Bitterwasser (5 m) kommt aus Friedrichshall und Riffingen. Der Kieferit (7 a) der Staßfurter Salzlager enthält gleichfalls schwefelsaures Magnesium, ebenso der kainit (7 a). Andere Salze sind phosphorsaures Magnesium, kieselsaures Magnesium, letzteres bildet in verschiedenen Formen die Minerale Olivin (33 a, g, 20 a) (im Basalt und in Meteorsteinen), Serpentin, Speckstein, Meerschäum, Talk (eine Gebirgsart, läßt sich mit dem Messer schneiden), Talk-schiefer und Topfstein (sämmtlich 7 a, 33, 20 b 1).

c) Wichtig sind auch die Doppelsalze des Magnesiums. Bitterspath, der Hauptbestandtheil des Dolomits in Tyrol, ist $MgCO_3 + CaCO_3$, also kohlen-saures Magnesium-Kalcium. Kieselsaures Magnesium-Kalcium findet sich in den Gesteinen Augit und Hornblende, auch im Asbest (Amianth, Erdflachs u. s. f.) (auch Gegenstände 7 a, b 1, b 2, c, d, e).

d) Von den einfachen Salzen mit den Halogenen nennen wir das Chlormagnesium $MgCl_2$, ein leicht zerfließendes Mineral, welches im Meerwasser, in Salzjoolen und vielen Mineralquellen vorkommt. Mit Chlorkalcium zusammen bildet es den Karnallit (7 a), mit Chlorkalcium das Tachhydrit (7 a), mit Magnesiumborat den Boracit (7 a) oder Staßfurtit der Staßfurter Salzlager. Brom- und Jodmagnesium kommen ähnlich vor wie das Chlormagnesium.

166. Ueber das Beryllium (19 a) ist wenig zu sagen. Die Beryllerde ist BeO . Die Edelsteine Beryll, Chrysoberyll und der Smaragd (sämmtlich 33 a, g, 20 a) gehören hierher, sind jedoch complicirte Verbindungen des Berylliums mit Kieselsäure und Aluminium.

167. Das dritte Metall dieser Gruppe, das Zink (42), ist genügend bekannt, es schmilzt bei 360 Grad, verwandelt an der Luft seine bläulichweiße Farbe in Grau, verbrennt bis zum Sieden erhitzt mit weißem Licht zu Zinkoxyd, kommt gediegen nicht vor und wird aus seinen Erzen (Galmei und geröstete Zinkblende) gewonnen.

a) Zinkoxyd (5 m) ZnO ist unlöslich in Wasser und bildet mit Säuren Salze, es wird fabrikmäßig hergestellt und dient als Zinkweiß, Zinkblume, Zinkstaub, Zinkasche u. s. f. für Bleiweiß. Auch findet es in der Medicin Anwendung.

b) Die Zinksalze sind giftig. Wir erwähnen das schwefelsaure Zink oder Zinkvitriol (5 m) $ZnSO_4 + 7H_2O$, bildet schöne, große, durchsichtige Krystalle und entsteht auch in verdünnter Schwefelsäure durch Auflösen von Zink. Fabrikmäßig wird es aus Zinkblende durch Glühen und Auslaugen hergestellt. Kohlen-saurer Zink, Zinkspath oder Galmei (7 a) $ZnCO_3$ bildet mit das wesentlichste Zinkerz. Zinkblüthe enthält dieses Salz nebst Zinkhydroxyd und Wasser. Zinkglas oder ebenfalls Galmei ist kieselsaurer Zink.

c) Chlorzink (5 m) ist ein leicht zerfließlicher Körper, der ägend wirkt, findet in der Medicin als Nahrungsmittel und wegen seiner giftigen Eigenschaften auch zur Konservierung anatomischer Präparate, ferner zur Imprägnierung von Eisenbahnschwellen Anwendung. Schwefelzink ZnS ist die Zinkblende (7 a), die als Zinkerz dient.

168. Radmium (19 a) wird zur Herstellung der Radmiumpräparate (5 m) mit Quecksilber legirt, also als Amalgam, zum Plombieren der Zähne angewendet. Seine Verbindungen haben für uns wenig Interesse.

169. Die nächste Gruppe, welche die Metalle Cerium, Lanthan, Yttrium, Erbium, Didymium (alle 19 a) enthält, hat einstweilen nur wissenschaftliche Bedeutung.

Wir gehen gleich zu einer der wichtigsten Gruppen, zu der Eisengruppe, über, der die Metalle Aluminium, Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Wolfram, Uran, Indium und Molybdän angehören. Physikalisch sind sie von einander recht verschieden, chemisch aber einander nahe verwandt.

170. Das Aluminium (auch Gegenstände 19 a, b, d 3, 20 b 2) wird unseren Lesern jetzt genügend bekannt sein. Es ist ein silberweißes Metall, nur etwa $2\frac{1}{2}$ mal so dicht wie Wasser, legirt sich mit mehreren anderen Metallen, ist verhältnismäßig beständig, wird mit Ausnahme der Salzsäure von verdünnten Säuren nur wenig angegriffen, löst sich jedoch in kausischen Alkalien auf. Es wird jetzt in großen Massen auf elektrolytischem Wege hergestellt, läßt sich leicht dehnen und hämmern und beliebig verarbeiten. a) Das Aluminiumoxyd ist die weitverbreitete Thonerde (künstlich 5 h) Al_2O_3 , kristallisiert bildet sie die drei bekannten Edelsteine Saphir, Rubin und Korund (sämmtlich 33 a, g, 20 a), welche nächst dem Diamant und dem Bor die härtesten Körper geben. Orientalischer Topas und orientalischer Amethyst sind gelbe und violette Abarten des Rubins. Auch gestaltlos kommt die Thonerde vor, eine Abart davon ist der Schmirgel (7 a, 2 d 2, d Anm. 3, 13 d, f, g, 21 c).

Die Aluminium- oder Thonerdesalze gehören zu den verbreitetsten Stoffen auf der Erde und setzen große Gesteinsmassen zusammen, namentlich kommen sie in Doppelsalzen vor. Der Türkis (33 a, g, 20 a), der als Edelstein Anwendung findet, ist ein solches Aluminiumsalz.

b) Von der größten Wichtigkeit ist das kiesel-saure Aluminium, da es in vielen Gesteinsarten, sodann im Thon, Lehm, Porzellan, Cement u. s. f. enthalten ist. Thon (auch Gegenstände 7 a, 38, 1 a) besteht hauptsächlich aus diesem Salz, dazu noch aus Calcium-, Magnesium-, Eisen- und anderen Salzen und auch aus organischen Stoffen. Reinstes Thon ist das Kaolin oder die Porzellanerde, eine weiße, weiche, sich fettig anfühlende Masse. Es gehören außer-

dem zum Thon Pfeifenthon, Fayencethon, Ziegelthon, Töpferthon u. s. f., die sich von einander nur durch die Menge fremder Beimischungen unterscheiden. Fetter Thon ist solcher, der mit Wasser vermergt sich kneten und in beliebige Form bringen läßt. Magerer Thon, bei dem das in geringerem Maaße der Fall ist. Mergel (7 a) ist Thon mit vielem kohlensauren Kalk vermischt; hierher gehört auch die Dckererde (7 a), Walkerde (7 a), Sienischeerde oder Siegelerde, auch Bolus genannt (7 a) u. s. w. Auch das Ultramarin (5 b) oder der Lasurstein enthält hauptsächlich kiesel-saure Thonerde, außerdem Natrium, Calcium und Schwefel. Er kommt als blauer und grüner Ultramarin in den Handel.

c) Die Doppelsalze des Aluminiums bilden die Klasse der Thonerde-Doppelsilikate und diejenige der schwefelsauren Doppelsalze oder Alaune. Die ersteren enthalten die Feldspathe (7 a) und Glimmer (33 a, f, h 1 β , h 2), welche den Hauptbestandtheil des Granits, Gneißes, Porphyrs und anderer Gebirgsarten (Zolltarif als Steine) bilden; als zweites Metall ist dabei Kalium oder Natrium vertreten, sodann die Granate (33) und die Zeolithe (33), die Kryolithe (7 a) (die auch zur Sodafabrikation dienen) u. s. f. Zu den anderen Doppelsalzen, den Alaunen, gehören der gewöhnliche oder Kali-Alaun (5 h), in welchem das zweite Metall Kalium ist, $AlSO_4KSO_4 + 12H_2O$. Er bildet gewöhnlich eine regelmäßige Doppelpyramide, kommt jedoch auch als kubischer Alaun in Würfeln vor. Hergestellt wird er in den Alaunwerken aus Thon, Schwefelsäure und schwefelsaurem Kalium, oder durch Auslaugen alauhaltiger Erden, Alaunstein (7 a), römischer Alaun (7 a), welche in vulkanischen Gegenden vorkommen, oder aus Alaun-schiefer (7 a), aus Kryolith u. s. f. Andere Alaune enthalten an Stelle des Kaliums Natrium oder eines der anderen Alkalimetalle oder die als Ammonium bezeichnete und schon behandelte Verbindung NH_4 . Die Alaune finden in der Färberei und Zeugdruckerei Anwendung, indem ihre Thonerde die Verbindung des Farbstoffes (pflanzlichen Ursprungs) mit der Pflanzenfaser vermittelt, sodann in der Papierfabrikation, Weißgerberei u. s. f. u. s. f.

d) Die Thonerde, welche ein Dryd ist, hat die Eigenschaft sich unter Umständen wie eine Säure zu verhalten; deshalb tritt sie mit manchen anderen Dryden, welche mehr basischer Natur sind, zu Verbindungen zusammen, die man Aluminate nennt. Dahin gehören das Kalium-Aluminat $AlOKO$, Natrium-Aluminat $AlONaO$, Spinell (33 a, g, 20 a) Al_2O_4Mg , Chrysoberyll (33 a, g, 20 a) Al_2O_4Be u. s. f. Thonerdesoife (5 h) ist eine Verbindung von Thonerde mit Palmitinsäure.

171. Eisen (auch Gegenstände 6, Abfälle 1 a) ist fast silberweiß,

zieh- und hämmerbar, in der Hitze auch zusammenschweißbar, schwer schmelzbar und am zähesten von allen Metallen. In feuchter Luft rostet es, ebenso im lufthaltigen Wasser. In verdünnten Säuren löst es sich auf unter Bildung eines schwefelsauren löslichen Salzes, in concentrirten dagegen bleibt es erhalten, es wird in ihnen passiv, wahrscheinlich indem sich daselbst sehr schnell eine schützende Haut bildet. Eisen, welches verarbeitet wird, enthält immer unabsichtliche und absichtliche Beimengungen von Schwefel, Phosphor, Arsen, Mangan, Aluminium, namentlich aber von Kohlenstoff, Stickstoff und Silicium. Es erscheint in der Praxis als Gußeisen, Schmiedeeisen und Stahl.

a) Gußeisen auch Roheisen enthält neben anderen Stoffen in geringen Mengen noch 3—5% Kohlenstoff, chemisch gebunden oder beigemischt. Seinen Namen führt es davon, daß es sich leichter gießen läßt als die anderen Eisensorten; doch ist es spröde und deshalb nicht schmiedbar. Spiegeleisen oder Spiegelfloß, auch weißes Eisen und graues Eisen sind Abarten davon, von denen letzteres das weniger dichte und harte ist. Ersteres enthält allen Kohlenstoff chemisch gebunden, letzteres zum größten Theil in Form von Graphitschuppen beigemischt. Halbirtes Roheisen ist eine Mischung beider, die vornehmlich zum Gießen Verwendung findet. Weißes Eisen kann zum Gießen nicht gebraucht werden, es dient aber zur Herstellung von Schmiedeeisen und Stahl durch den Frischproceß (Frischroheisen). Graues Eisen geht durch Schmelzen und rasches Abkühlen in weißes, dieses durch Schmelzen und sehr langsames Abkühlen in graues über.

b) Schmiedeeisen, Stabeisen, Frischeisen oder geschmeidiges Eisen ist reiner als das Roheisen und enthält neben sehr geringen Mengen Mangan und Silicium etwa 0,2—0,8% Kohlenstoff. Es ist sehr schwer schmelzbar, aber leicht zu schmieden und zu schweißen (letzteres beruht darauf, daß glühende Theilchen Schmiedeeisen an einander kleben und durch Hämmern untrennbar mit einander vereinigt werden). Ferner ist es sehr hart und zähe und von faseriger Beschaffenheit. Der vom Schmiedeeisen bei dem Hämmern abspringende Hammer-schlag besteht aus Theilen der durch den Schlag abspringenden Oxidhaut, die sich im Glühen auf dem Eisen bildet. Schwefel beigemischt macht es rothbrüchig (in der Rothgluth Brüchig), Phosphor kaltbrüchig (in der Kälte Brüchig), Silicium faulbrüchig (überhaupt spröde). Calcium benimmt ihm die Schweißbarkeit, es wird hadrig. Schmiedeeisen wird aus Roheisen hergestellt, indem man aus diesem im Frischproceß oder Frischen den größten Theil Kohlenstoff und die fremden Beimengungen durch Oxidation in der Luft entfernt (deutscher, schwedischer Proceß oder Herdfrischung, indem man das geschmolzene Roheisen tropfenweise durch Luft fallen läßt; englischer

oder Puddelproceß durch Einrühren von Luft; Bessmer-Proceß durch Einblasen von Luft von unten nach oben).

c) Stahl enthält mehr Kohlenstoff als Schmiedeeisen, aber weniger als Roheisen, nämlich je nach der Sorte 0,6—1,9%, außerdem noch Stickstoff, Mangan u. a. m. Feinkörnig und einer der homogensten Körper, ist er spröder und härter als Schmiedeeisen. Taucht man glühenden Stahl plötzlich in Wasser (Ablöschen), so wird er sehr hart, spröde und elastisch, gehärteter Stahl; er verliert die Härte zum Theil, wenn er wieder erwärmt und langsam abgekühlt wird. Darauf beruht das Anlassen des Stahls. Charakteristisch dabei sind seine Farbenveränderungen. Hergestellt wird er aus den Eisenerzen als Rennstahl (natürlicher Stahl, Cementstahl, Gußstahl aus Erzen), durch Entkohlung von Roheisen, als Frischstahl (Herdfriechstahl, Puddelstahl oder Flammenfrischstahl, Bessmerstahl, Glühstahl, Uchatiusstahl, Martinstahl, Salpeterfrischstahl, Heatonstahl, Gußstahl, Erzstahl; die drei ersten durch Entkohlung vermittelt Luft, wie bei dem Schmiedeeisen, die anderen durch Glühen oder Entkohlung vermittelt gewisser Substanzen), sodann durch Rohlung des Schmiedeeisens als Rohlungstahl (Cementstahl, Gußstahl), endlich durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen als Flußstahl. Andere Stahllarten sind Wolframstahl, der etwas Wolfram enthält, Damascenerstahl, indischer Wootz u. s. f. Die verschiedenen Stahlsorten haben verschiedene Eigenschaften und erfahren dementsprechend verschiedene Anwendung. Die Technik gehört jedoch nicht hierher.

Eisen kommt zwar gediegen vor, aber nur selten; namentlich enthalten die Meteorsteine Eisen. In Verbindungen ist es jedoch sehr weit verbreitet; selbst in den organischen Substanzen, namentlich im rothen Farbstoff des Blutes (Hämoglobin) und im grünen der Blätter (Chlorophyll) findet es sich. Die Rohstoffe für seine Gewinnung, seine Erze, sind seine Verbindungen mit Sauerstoff und anderen Körpern.

d) Oxyde des Eisens giebt es vier. Eisenoxydul FeO kommt für sich allerdings nicht vor, aber in Salzen, nämlich: Kohlen-saures Eisenoxydul FeCO_3 , Spatheisenstein oder Sphärosiderit (5 m) ist in kohlen-säurehaltigem Wasser leicht löslich und findet sich auch in den Stahlquellen (Pyrmont, Spaa, Schwalbach u. s. f.) vor. Eisen-vitriol (5 m) oder schwefel-saures Eisenoxydul $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ ist ein bekanntes Mineral, welches in der Färberei zum Schwarzfärben, in der Fabrikation der Nordhäuser Schwefel-säure, in der Tintenfabrikation, in der Heilkunde und bei vielen anderen Gelegenheiten Anwendung findet. Rein ist es blaßblaugrün. Es findet sich in der Natur in Höhlen des Thon- und Kohlen-schiefers und wird fabrikmäßig aus Verbindungen des Eisens mit Schwefel hergestellt, indem diese geröstet und dann ausgelaugt werden; aus der Lauge aber krystallisirt das

Eisenvitriol aus. Vielfach wird Eisenvitriol auch durch Verwitternlassen von Schwefeleisenverbindungen oder durch Kochen von Eisenfrisch und Puddelschlacken mit Schwefelsäure hergestellt.

e) Ein zweites Oxyd des Eisens ist das eigentliche Eisenoxyd Fe_2O_3 (natürliches 7 a, künstliches 5 m) oder Rotheisenstein oder Eisenglanz, auch Glaskopf, Eisenrahm, Eisenocker, Blutstein, oder je nach seinen Beimengungen von Kiesel Erde, Thon und Kalkverbindungen Kiesel Eisenstein, Thoneisenstein und Minette u. s. f. genannt. Eisenglanz ist metallglänzend, undurchsichtig, kommt in Kry stallen vor und hat schwarze, graue oder röthlichbraune Farbe. Roth eisenstein ist gestaltlos, weniger dicht als Eisenglanz und dunkelroth oder stahlgrau. Künstliches Eisenoxyd ist ein feines braunrothes Pulver, welches auch Englischroth, Polirroth, Bergroth, Caput Mor tuum heißt. Eisenoxyd ist in Feuer und Wasser sehr beständig und selbst in Säuren nur schwer löslich, und kommt in der Natur in der einen oder in der anderen Gestalt sehr häufig vor. Das natürliche (7 a) dient zur Eisengewinnung, das künstliche (5 m) zum Färben und Poliren. Das Hydrat des Eisenoxyds ist der Eisenrost; frisch bereitet ist dieses das sicherste Gegengift gegen Arsenikvergiftung, wie überhaupt das Eisen durch seine Verbindung mit Giften diese un schädlich macht. Die Salze des Eisenoxyds sind farblos, oder gelb oder roth gefärbt. Ferrochankalium bildet in ihren Lösungen, wie schon früher bemerkt, Berlinerblau (neutrales $\text{Fe}_7\text{C}_{18}\text{N}_{18}$ und basi sches $\text{Fe}_3\text{C}_6\text{N}_6$) (5 m), Gerbsäure einen schwarzblauen Niederschlag, der zur Tintenbereitung dient. Es gehören hierher schwefelsaure Salze (Vitriolocker), phosphorsaure, welche im Raseneisenstein oder Sumpferz (7 a) enthalten sind, kiesel saure, im Gelbeisenstein (7 a) und Eisensinter, sodann Doppelsalze wie Eisenaun (5 m), welches außerdem Kalium enthält und ein schwefelsaures Salz bildet u. s. f. Eisenmennige (5 m, mit Del oder Firniß 5 f), welches zum Anstreichen dient, ist eine Mischung von Eisenoxyd, Thon und Wasser.

f) Das dritte Oxyd ist physikalisch sehr merkwürdig, es ist das Eisenoxydorydul Fe_3O_4 oder Magneteisenstein (7 a); der letztere Name besagt schon, worin die Merkwürdigkeit dieses Körpers besteht, er ist ein natürlicher Magnet (Art. 392). Er ist undurchsichtig, kommt krystallinisch vor, läßt sich zu Pulver zerreiben, bildet an einzelnen Stellen der Erde, wie in Schweden und Norwegen, mächtige Lager und ist eines der besten Eisenerze. Während der Rotheisenstein beim Streichen über eine rauhe Fläche einen rothen Strich giebt, bekommt man durch den Magneteisenstein einen schwarzen.

g) Die Haloidsalze des Eisens (5 m) sind das Eisenchlorür FeCl_2 , eine weiße in Wasser lösliche Verbindung, das Eisenchlorid Fe_2Cl_6 , gleichfalls in Wasser löslich. Entsprechend sind die Verbin-

dungen mit Jod, Brom und Fluor, sie werden größtentheils in der Heilkunde angewendet.

h) Von den Verbindungen des Eisens mit Schwefel (7 a), deren es drei giebt, Einfach Schwefeleisen FeS , Aunderthalb Schwefeleisen Fe_2S_3 , Zweifach Schwefeleisen FeS_2 , hat nur das letztere, als eine der am häufigsten vorkommenden Verbindungen, Bedeutung. Es ist der Eisenkies oder Schwefelkies, auch Strahlkies, Wasser- kies u. s. f. (7 a), welcher in messinggelben, metallglänzenden Würfeln von großer Härte oder strahlig krystallisirt und in der Glühhitze Schwefel abgiebt, worauf seine Benutzung zur Herstellung von Schwefel beruht. Er verwittert als Strahlkies sehr rasch, wobei er sich stark erwärmt, kommt in Steinkohlen- und Braunkohlenlagern vor, denen er durch die letztere Eigenschaft Selbstentzündlichkeit verleiht und verwandelt sich leicht in Eisenvitriol.

172. Nickel (auch Gegenstände 19 a, b, d 3, 20 a, b 1, b 2) hat mit dem Eisen physikalisch und chemisch große Aehnlichkeit, es ist jedoch dichter als dieses, grauweiß mit einem Stich ins Gelbe, läßt sich walzen, hämmern und ziehen und gehört zu den selteneren Mineralien. Gewonnen wird es aus dem Kupfornickel (Rohnickelkies) (7 a), welches aber kein Kupfer enthält, sondern neben Nickel Arsen, ferner aus dem Antimonnickel (Weißnickelkies) (7 a), Nickelkies oder Haarkies (7 a) u. s. f. Auf galvanoplastischem Wege wird es auf andere Metalle niedergeschlagen. Es ist viel beständiger als Eisen und wird deshalb vielfach zur Herstellung von Legirungen (19 a, b) (Neusilber oder Argentan, Packfong, Arsenid u. s. w.), sowie zum Ueberziehen anderer Metalle verwendet. Außerdem dient es zu Münzen. Die Verbindungen des Nickels haben für uns kein besonderes Interesse, Kupfornickel ist NiAs , Nickelantimonglanz ist $\text{NiS}_2 + \text{NiSb}_2$, Chlornickel NiCl_2 , Nickelocker $\text{Ni}_3\text{As}_2\text{O}_8$. Die Nickelsalze (5 m) sind übrigens gefährliche Gifte, das Gleiche ist der Fall mit den Zink- und Kupfersalzen, weshalb Neusilber sich nicht zur Herstellung von Gßgeräthen eignet.

173. Kobalt (19 a), gleichfalls ein selteneres Metall ist stahlgrau, hart und spröde, kommt frei in der Natur nicht vor, wohl aber an Arsen und Schwefel gebunden. Hergestellt wird es aus dem Speiskobalt (7 a) CoAs_2 , und Kobaltglanz (7 a) $\text{Co}_2\text{As}_2\text{S}_2$. Die Kobalterze im gerösteten Zustande heißen Safflore oder Zaffer. Sie bestehen hauptsächlich aus den Oxyden des Kobalts vermischt mit Arsen, Nickel, Mangan u. s. f. und dienen zur Herstellung der Kobaltfarben (5 m), wie der Smalte, des Kobaltultramarin, Kobaltgelb, Kobaltviolet, Kobaltbronze, Sächsischgrün, welche ihrerseits zum Färben von Papier, Leinwand, Glas, Emaille und in der Porzellan- und Glasmalerei Verwendung finden. Beispielsweise ist Smalte feingemahlenes Glas, welches durch Schmelzen mit Kobaltoxydul CoO blau-

gefärbt war. Ferner wird Kobaltgelb durch Mischen einer Lösung des Kobaltoxydul mit salpétrigsaurem Kalium hergestellt u. s. f. Zu erwähnen ist noch das Chlorkobalt CoCl_2 , welches die sympathetische Tinte (5 h) giebt. Kobaltspeife (19 a) ist ein Nebenprodukt der Smaltesfabrikation, besteht aus Nickel, Kobalt, Eisen, Schwefel, Arsen u. s. f. und dient zur Nickelgewinnung.

Die drei Metalle Eisen, Nickel und Kobalt kommen vielfach zusammen vor, sie sind alle drei stark magnetisch. Namentlich wird Eisen zur Herstellung von Magneten (15 a 2, 6 e 3 β) benutzt (Art. 392).

174. Chrom (19 a) ist darin ein sehr merkwürdiges Metall, daß es je nach seiner Herstellungsweise besondere Eigenschaften hat. Aus seinem Oxyde durch Kohle reducirt, ist es stahlgrau und von so großer Härte, daß es Glas schneidet und noch schwerer schmelzbar als Platin ist. In anderer Weise kann es jedoch als hellgraues, aus kleinen Krystallen bestehendes Pulver gewonnen werden, welches im Sauerstoff verbrennt. Noch in anderer Weise dargestellt, bildet es regelmäßige Krystalle, die nicht einmal von Königswasser, welches doch selbst Gold löst, angegriffen werden. Das Erz, aus dem Chrom hauptsächlich gewonnen wird, ist der Chromeisenstein (7 a) oder Chromit, eine Verbindung von Chromoxyd mit Eisenoxydul $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, ein Mineral, welches hauptsächlich in Norwegen und Nordamerika vorkommt und als Ausgangspunkt für die Herstellung der Chrompräparate (5 m), die zum Färben und Malen dienen, benutzt wird.

a) Chromoxyd Cr_2O_3 wird in der Glasfärberei, Porzellan- und Glasmalerei als Chromgrün verwendet, in der Natur färbt es den Smaragd, auch dient es als Schleifmaterial und als Druckfarbe für gewisse Banknoten. Die entsprechenden Salze sind grün oder violett gefärbt, im durchscheinenden Lichte roth. Das schwefelsaure Chrom giebt in Wasser gelöst eine violette Farbe, die beim Erwärmen in grün übergeht. Chromalaun (5 m) ist ein schwefelsaures Doppelsalz mit Kalium, das ganz dem gewöhnlichen Alaun entspricht, aber violett oder schwarzroth ist. Das Doppelsalz Chromeisenstein oder Chromit (7 a) ist bereits erwähnt. Chromsäure CrO_3 giebt carmoisinrothe Prismen, zerfällt leicht in Sauerstoff und Chromoxyd und wirkt schrumpfend und erhärtend auf thierische Gewebe. Das Hydrat davon, die eigentliche Chromsäure, ist CrH_2O_4 . Diese und die Doppelchromsäure $\text{Cr}_2\text{H}_2\text{O}_7$, sind nur aus ihren Salzen (5 m) bekannt.

b) Die Chromsauren Alkalien sind gelb, die doppelchromsauren orangeroth. Dahin gehören Kaliumchromat CrK_2O_4 , von basischen Eigenschaften; in der Theerfarbenindustrie zur Herstellung von Anilinviolet, Anilingrün und Mizarin, aus Anthracen, und auch in der Färberei selbst verwendet. Bariumchromat CrBaO_4 , ist gelbes Ultramarin. Bleichromat CrPbO_4 oder Rothbleierz ist die schönste als Chrom-

gelb oder Königsgelb bekannte Malerfarbe. Denkt man sich Bleichromat mit Bleioxyd verbunden, so erhält man das Chromroth oder Chromzinnober. Kaliumdichromat ist orangeroth und findet zur Herstellung von gelben und rothen Farben, außerdem in der Medicin Anwendung. Zinchromat ist eine ähnliche Verbindung mit Zink und giebt das Zinngelb. Die Salze mit den Halogenen, wie Chromchlorür CrCl_2 , können zum Theil gleichfalls in der Farbenindustrie Verwendung finden. Uebrigens kommt Chrom als solches in der Natur nicht vor.

175. Mangan (19 a) ist so hart, daß es Glas und Stahl ritzt und ist sehr schwer schmelzbar; beim Erhitzen oxydirt es. Gewonnen wird es hauptsächlich aus den unter den Namen Braunstein (7 a) oder Mangansuperoxyd oder Weichmanganerz (7 a) bekannten, doch auch aus den anderen Oxyden. Es ist schon bei anderen Gelegenheiten erwähnt, daß das Mangan sich durch die stattliche Reihe seiner Oxyde auszeichnet, da es deren nicht weniger als sechs giebt, die zum Theil saure, zum Theil basische Eigenschaften haben, zum Theil indifferent sind.

a) Manganoxydul MnO ist hellgrün, unlöslich und verändert sich leicht an der Luft. Künstlich hergestellt bildet es smaragdgrüne, diamantglänzende Krystalle. Ein hierher gehöriges Salz ist das mit der Kohlen Säure gebildete MnCO_3 , welches als Manganspath (5 m) (Dialogit) bekannt ist und in vielen Mineralquellen vorkommt. Ferner schwefelsaures Manganoxydul, kiesel saures u. s. w. Manganoxyd ist Mn_2O_3 , es heißt auch Braunit oder Hartmanganerz (7 a) und ist von braunschwarzer Farbe. Das Hydrat davon wird als Manganit oder Graubraunsteinerz (7 a) bezeichnet. Manganoxyduloxyd Mn_3O_4 findet sich als Hausmanit (7 a) oder Glanzbraunstein.

Mangansuperoxyd MnO_2 ist der Braunstein (7 a), der im Handel meist mit den anderen Manganerzen vermenget ist. Er ist das wichtigste Manganerz, dient auch zur Vereitung von Sauerstoff, sodann bei der Fabrikation von Chloralkali, Brom, Jod, zum Färben und Entfärben von Glas, Steingut, Seifen, sowie zur Darstellung des als Desinfektionsmittel bekannten übermangansauren Kalis (5 m). Vermischt man Braunstein mit Salzsäure und erwärmt beides, so erhält man eine Verbindung des Mangans mit Chlor MnCl_2 , sodann noch Wasser und Chlor selbst; ähnlich kann man Chlor mit Hilfe des Braunsteins aus Kochsalz und Schwefelsäure entwickeln.

Das folgende Oxyd MnO_3 kommt selbst nicht vor, ein Salz davon aber ist das Kaliummanganat (5 m) MnK_2O_4 , welches zur Darstellung von Sauerstoff dient. Uebermangansäure ist MnHO_4 . Das hier wichtige Salz ist das schon genannte Desinfektionsmittel Uebermangansäures Kalium (5 m) MnKO_4 , es bildet lange dunkelrothe

Nadeln und wird aus Braunstein, Kalilauge und Kaliumchlorat hergestellt.

b) Chlormangan $MnCl_2$ (5 m) dient gleichfalls als Desinfektionsmittel. Manganglanz MnS oder Manganblende (7 a) ist eine Schwefelverbindung des Mangans.

176. Uran (19 a) gehört zu den schwersten und seltensten Metallen. Das Uranoxydul (5 m) UO wird als schwarze Farbe in der Porzellanmalerei gebraucht. Uranoxyd (5 m) U_2O_3 färbt Glasflüsse grünlich-gelb, Natriumuranat $U_2Na_2O_7$ oder Urangelb (5 m) die Glasflüsse gelb mit grünem Reflex. Die merkwürdige Eigenschaft dieser so gefärbten Gläser, unter gewissen Einwirkungen von Licht, Wärme und Elektrizität zu phosphoreszieren, wird später (Art. 308) behandelt werden. Uranoxyduloxyd oder Uranpecherz oder Uranpechblende (7 a) U_3O_4 ist das häufigste Uranerz.

177. Noch schwerer als Uran ist Wolfram (19 a); es ist spröde, sehr schwer schmelzbar, an der Luft beständig und sehr selten. Seine Verbindungen haben für uns wenig Bedeutung, doch ist hervorzuheben, daß es im Wolframstahl diesem seine besondere Härte verleiht. Auch sind die Legierungen von Wolfram und Eisen fast ganz unmagnetisch. Vom Molybdän (19 a) ist gleichfalls nicht viel zu sagen; es ist silberweiß, spröde, läuft an der Luft an, ist sehr selten und außerordentlich schwer schmelzbar. Das Erz davon Molybdänglanz (7 a) ist eine Schwefelverbindung MoS_2 von der Farbe des Graphits.

Auch das Indium (19 a) ist nur zu erwähnen. Es ist gleichfalls sehr selten, sieht dem Platin ähnlich und ist weicher als Blei.

178. Die nächste Gruppe ist die des Zinns. Sie enthält außerdem noch Titan, Zirconium und Thorium.

Das Zinn (auch Gegenstände 43, 20 b 1) ist weich, kann zu den feinsten Blättern ausgeschlagen werden (Zinnfolie oder Staniol), schmilzt schon bei 228 Grad, ist von kristallinischer Struktur, sehr beständig an der Luft und in Wasser und giebt beim Biegen ein knirschendes Geräusch, welches als Zinngeschrei bezeichnet wird. In den Handel kommt es als Blockzinn, Stangen-zinn oder in dünnen Blättern als Kollzinn und auch als Bruchzinn. Zinn dient zur Herstellung von Ueberzügen auf leicht rostende Metalle, z. B. Eisen, Kupfer, Messing, zu Legierungen von Kanonen-, Glockenmetall, Bronze, Kompositionsmetall, Britanniametall (mit Blei, Antimon oder Zink wie Zinn, sonst wie Kupfer), zur Anfertigung von Hausgeräthschaften (mit Blei), der Folie, welche zum Verpacken von Chocolate, Thee, Käse u. s. f. und zum Belegen der Spiegel (mit Quecksilber) benutzt wird. Das Schlag-silber oder unechte Blatt-silber ist Zinn mit etwas Zink vermischt. Zinnasche (5 m) ist Zinnoxyd, erhalten durch Glühen von Zinn, und zum Poliren von Metall und Glas angewendet, sowie in der Emaillefärberei.

Gemortes oder geflammtes Zinn wird durch Behandlung von Zinn mit Säure erhalten.

a) Von den Verbindungen des Zinns ist das Zinnoxyd bereits genannt. Das Zinndioxyd SnO_2 ist der Zinnstein (7 a), das wichtigste Zinnerz, aus dem das Zinn durch Glühen mit Kohle gewonnen wird. Es ist nicht schmelzbar und macht, Glasflüssen zugesetzt, diese weiß und undurchsichtig (Milchglas und Email). Von dem Hydrat, dem Zinnhydroxyd SnH_2O_3 und den zugehörigen Zinnsalzen (Stannate) (5 m) macht man in der Färberei Gebrauch, so vom zinnsauren Natrium SnO_3Na_2 , welches als Präparirsalz zum Weizen in der Rattendruckerei benutzt wird.

b) Chlorzinn (5 m) SnCl_2 in Verbindung mit 2 Verbindungsgewichten Krystallwasser giebt ein gleichfalls in der Färberei benutztes Zinnisalz. Es wird durch Auflösen von Zinnspähen in Salzsäure hergestellt, ist in Wasser leicht löslich und dient in Lösung auch, um gewisse Metalle aus ihren Salzen zu reduciren, z. B. Silber und Quecksilber. Aehnlich wird die zweite Verbindung mit Chlor, das Zinnchlorid SnCl_4 in der Verbindung mit Salmiak als Pinkisalz (5 m) in der Rattendruckerei angewendet. Komposition oder Rosirisalz ist eine Verbindung dieser beiden Salze, die zu gleichen Zwecken dient. Die Verbindungen mit den anderen Halogenen sind denen mit dem Chlor analog. Von den Verbindungen mit Schwefel nennen wir nur das Zinnarsulfid SnS_2 , es führt den Namen Musivgold (5 m) und wird zum Bronciren verwendet. Hergestellt wird es durch Glühen eines Zinnamalgams mit Schwefel und Salmiak. Die gleiche Verbindung kommt auch im Zinnkies (7 a) vor.

179. Titan (19 a) findet sich zwar nicht gediegen vor, ist jedoch in vielen Mineralien, so im titansauren Eisenoxydul, welches als Titaneisen (7 a) oder Titan-eisenerz bezeichnet wird, enthalten. Außerdem findet es sich in den Mineralien Anatas, Rutil, Brookit als Titandoppeloxyd, welches noch dadurch interessant ist, daß es in drei verschiedenen Krystallgestalten auftritt. Im Uebrigen ist das Titan ein graues, dem Eisen ähnliches Pulver.

Zirkon (19 a) ist ein noch feltenerer Körper, als schwarzes Pulver bekannt und kommt als Silikat in dem Mineral Hyacinth (33 a, g, 20 a) vor.

180. Vom Thorium ist nichts zu sagen, ebensowenig von den Metallen der nächsten Gruppe Vanadium, Tantal und Niobium (sämmtlich 19 a).

181. Wichtig sind wieder die Metalle der Bleigruppe, Blei, Kupfer, Wismuth, Thallium.

Das Blei (auch Gegenstände 3) kommt selten gediegen vor, häufig jedoch im Bleiglanz und Spießglanzbleierz, sodann im Weißbleierz,

Grünbleierz, Vitriolbleierz oder Anglesit, Gelbbleierz, Rothbleierz oder Krokot. Es ist sehr weich, beliebig auswalzbar und dehnbar, von Natur bläulichweiß, an der Luft aber bläulichgrau und schmilzt bei 335 Grad. Es oxydirt sich an der Luft und auch in Wasser, wenn man dieses häufiger mit der Luft in Berührung bringt, jedoch nur dann, wenn das Wasser keine Salze enthält. Trink- und Brunnenwasser oxydirt Blei im Allgemeinen nicht. Schwefelsäure löst Blei so wenig, daß man sie bei gewöhnlichen Temperaturen in Gefäßen aus Blei aufbewahren kann; Salpetersäure und organische Säuren dagegen oxydiren das Blei. Das letztere namentlich ist von Wichtigkeit; da die Verbindungen des Bleies Gifte sind, so muß man es vermeiden, Speisen in Gefäßen aufzubewahren, welche einen größeren Procentsatz Blei enthalten. Aus seinen Oxyden wird das Blei durch Glühen mit Kohle und kalkhaltigen Zuschlägen reducirt; aus dem Bleiglanz durch Schmelzen mit Eisen und Kohle oder durch Röstung an der Luft und nachheriges Schmelzen mit Kochsalz.

a) Mit Sauerstoff giebt es vier Verbindungen des Bleies, Bleiunteroxyd (5 m) Pb_2O , das ist das Oxyd, welches beim gewöhnlichen Anlaufen des Bleies entsteht; Bleioxyd PbO , ein citronengelbes oder röthlichgelbes Pulver, welches in Wasser unlöslich, in Essig aber löslich ist. In den Handel kommt es als Bleiglätte, Lithargyrum (3 a) oder als Massicot (5 m); das letztere ist gelbes Bleioxyd, das erstere mit Kieselerde, Kupferoxyd und anderen Mineralien verunreinigtes. Es findet bei der Bereitung von Mennige, der Herstellung von Krystallglas, Flintglas und Straß, in der Töpferei zur Glasur, in der Glas- und Porzellanmalerei als Flußmittel, ferner zur Bereitung von Firnissen und Pflastern, zum Färben von Horn und Haaren u. s. f. Anwendung. Da Bleiglanz vielfach Gold und Silber enthält, welche in das reducirte Blei übergehen, wird dieses Blei durch Schmelzen auf Treibherden zu Bleiglätte oxydirt, wobei die edlen Metalle zurückbleiben. Die hierher gehörigen Bleisalze sind farblos bei farbloser Säure, zum Theil in Wasser löslich und zum Theil mit den Eigenschaften von Säuren, meist jedoch mit denen von Basen, begabt. Aus ihren Lösungen wird das Blei durch hineingestelltes Zink, Cadmium oder Zinn in Baumform als Bleibaum gefällt. Sie sind sehr giftig und verursachen, in den Körper aufgenommen, die als Bleikolik bekannte Krankheit. Das kohlen-saure Blei $PbCO_3$ kommt als Weißbleierz (7 a) in der Natur vor; eine Verbindung davon mit Bleihydroxyd PbH_2O_2 ist das Bleiweiß (5 m, mit Barytweiß vermischt 5 h, mit Del, Glycerin oder Firniß 5 a) $2PbCO_3 + PbH_2O_2$, die bekannte weiße Malerfarbe. Gewonnen wird es durch Einwirkung von Essigsäure, Luft und Kohlen-säure auf Blei, oder auch nach anderen Methoden. Es ist im reinen Zustand blendend weiß, kommt jedoch im Handel viel-

fach mit anderen Stoffen, wie Schwerspath, Gips, Thon, Kreide u. s. f. verunreinigt vor.

b) Bleivitriol (5 m) ist $PbSO_4$. Bleisilikate sind der Hauptbestandtheil der bleihaltigen Gläser und der Glasur (10 a) der Töpferwaare. Grün- und Braunbleierz (7 a) enthalten phosphorsaure Bleie. Bleiüberoxyd PbO_2 kommt in der Natur als Schwerbleierz vor; es wird auch als Bleisäure bezeichnet und findet in der organischen Chemie vielfach Anwendung. Das nächste Dryd ist die bekannte Mennige (5 m) oder Minium Pb_3O_4 , welches ein schönes, ziegelrothes Pulver darstellt und durch Erhitzen von Bleioxyd (Massicot) erhalten wird. Das Pariserroth (5 m) ist besonders reine Mennige und wird durch Glühen von kohlensaurem Blei gewonnen. Es dient als Farbenmaterial, zur Herstellung von Ritt (5 h), in der Glasfabrikation, Töpferei u. s. f. Bleizucker (5 m) ist essigsaures Bleioxyd und findet in der Färberei und bei der Darstellung von Farbmateriellen, sowie bei der Firnißbereitung Verwendung.

c) Chlorblei $PbCl_2$ in Verbindung mit Bleioxyd giebt die Malerfarbe Kaffelergelb (5 a), erhalten durch Glühen von Mennige mit Salmiak. Schwefelblei PbS ist das am häufigsten vorkommende Bleierz, der Bleiglanz (7 a) (Glasurerz, Hafnererz). Selenblei $PbSe$ kommt gleichfalls in der Natur vor (Clausthal im Harz).

182. Kupfer (auch Gegenstände 19, 20 b 1) hat die bekannte besonders charakteristische, als Kupferroth bezeichnete Farbe. In trockener Luft ist es beständig, in feuchter dagegen überzieht es sich mit einer grünen Schicht. Die Bildung dieser Schicht wird gefördert durch organische Säuren, durch Fette und fette Oele, Ammoniak, verdünnte Alkalien und Kochsalzhaltiges Wasser. Die Verbindungen des Kupfers sind gleichfalls heftige Gifte; es gilt daher von ihnen das nämliche, was vom Blei gesagt ist. Kupfer kommt in der Natur auch gediegen vor, meist jedoch in Erzen (7 a). Aus diesen wird es durch Glühen mit Kohle und Flußmitteln, falls es sich um Dryde handelt, oder durch Rösten der Erze und nachheriges Glühen mit Kohle gewonnen. Weil diese Erze meist mit anderen Erzen verunreinigt sind, muß das Rösten und Schmelzen mehrfach wiederholt werden. Man erhält zuletzt das Rohkupfer oder Schwarzkupfer, welches noch mit einem Schwefelkupfer und Schwefeleisen und anderem verunreinigt ist, wovon es durch Schmelzen vor einem Gebläse (Rohgarmachen) zum Theil befreit wird. Es heißt dann Garkupfer oder Rosettenkupfer, auch Scheibenkupfer. Mehrfaches weiteres Umschmelzen zwischen Kohlen führen es noch in reineres, geschmeidigeres, hammergares Kupfer. Am reinsten erhält man Kupfer auf elektrolytischem Wege, wovon später mehr (Art. 408).

a) Kupferoxydul Cu_2O kommt als Rothkupfererz (7 a) vor

und wird, weil es Glasflüsse roth färbt, zur Anfertigung rother Gläser benutzt. Kupferoxyd CuO oder Kupferschwärze (5 m) findet in der Analyse organischer Körper Verwendung. Das Hydrat davon, Kupferhydroxyd CuH_2O_2 , ist ein blaugrünes Pulver, welches Glas grün färbt, und in Malerfarben (5 a) (Bremerblau, Bremergrün) benutzt wird. Die Salze davon sind, wie schon bemerkt, heftige Gifte. Eine Verbindung des kohlenjauren Kupfers mit Kupferhydroxyd, $\text{CuCO}_3\text{CuH}_2\text{O}_2$, bildet den Malachit (33 a, g, 20 a, b 1, b 2), das bekannte, hauptsächlich im Ural und Altai gewonnene schöne Gestein, welches zu Schmuck- und Kunstgegenständen und auch als Braunschweigergrün (5 m) in einer Malerfarbe Anwendung findet. Eine andere gleichfalls in der Malerei benutzte kohlenjaure Verbindung ist der Kupferlasur (5 m) und das Bergblau (5 m).

b) Das schwefelsaure Salz $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ist das wichtige Kupfer-
vitriol (5 m), von blauer Farbe, in Wasser leicht löslich, färbt es dieses blau. Wasser, welches natürliches Kupfervitriol aufgelöst enthält, heißt Cementwasser (5 m). Thut man in solches Wasser altes Eisen hinein, so scheidet sich das Kupfer aus und wird alsdann Cementkupfer genannt. Kupfervitriol wird entweder aus diesem Cementwasser selbst gewonnen, oder durch Behandeln von Kupferblech mit verdünnter Schwefelsäure oder durch Rösten und Auslaugen gewisser Erze hergestellt. Im Handel kommt es gewöhnlich mit schwefelsaurem Kupfer verunreinigt vor. Gemischter Vitriol oder Ablersvitriol (5 m) ist ein Gemenge von Kupfervitriol mit vielem Eisenvitriol. Das Kupfervitriol findet Anwendung zur Herstellung von elektrischen Elementen (Art. 421), zum Verkupfern (Art. 408), zum Färben des Goldes, zum Schwarzfärben von Tuch- und Wollgarn, zum Erweichen des Getreides vor dem Säen, zum Fällen des Silbers, zur Herstellung von Kupfer, namentlich auf elektrolytischem Wege und in der Galvanoplastik (Art. 408).

c) Arsenigsaures Kupfer giebt das Scheel'sche Grün oder Mineralgrün (5 m). Essigsaure Kupfersalze sind der Grünspan (5 m), (auch blauer Grünspan (5 m)), der als Del- und Wasserfarbe, sowie zur Herstellung von Kupferfarben (5 m) und beim Vergolden benutzt wird. Eine andere essigsaure Verbindung, die aber auch Kupferoxyd und arsenige Säure enthält, ist das Schweinfurtergrün (5 m), die schönste und gefährlichste Kupferfarbe. Es kommt unter den verschiedensten Namen und mit den verschiedensten Stoffen verunreinigt als Kaisergrün, Wienergrün, Papageigrün u. s. f. vor und wird aus Grünspan hergestellt.

d) Von den Verbindungen mit den Halogenen nennen wir das Kupferchlorür Cu_2Cl_2 , welches zur Darstellung von Sauerstoff lediglich durch Erhitzen in großen Massen angewendet wird, indem es

selbst dabei immer wieder gewonnen wird, denn es entzieht zuerst bei der Erwärmung der Luft Sauerstoff und giebt diesen dann bei weiterer Erhitzung wieder frei. Das Kupferchlorid ist CuCl_2 . Eine Verbindung des Kupfers mit Schwefel Cu_2S ist der Kupferglanz, welcher blauschwarze, metallglänzende Krystalle bildet. Kupferglanz (7 a) mit Anderthalb Schwefeleisen verbunden, giebt das Bunt-Kupfererz (7 a), oder bei doppeltem Gehalt an Kupferglanz den Kupferkies (7 a). Kupfer ist auch besonders wichtig wegen seiner Legirungen (wie Kupfer), welche schon bei anderer Gelegenheit genannt sind (Art. 154).

183. Wismuth (19 a) ist weiß mit einem Stich in's röthliche, spröde, schmilzt bei 264 Grad, verändert sich in trockener Luft nicht, verbrennt in der Luft bei starkem Erhitzen zu Oxyd und ebenso im Chlorgase zu Chlorwismuth, findet sich meist gediegen im älteren Gebirge und ist darin sehr merkwürdig, daß es sich Magneten gegenüber entgegengesetzt verhält wie Eisen. Wismuthocker oder Wismuthblüthe (7 a) ist ein Oxyd Bi_2O_3 , Wismuthsalze (5 m) sind Gifte; das kiesel-saure heißt Wismuthblende. Schminkeweiß (5 m, parfümirt 31 e), welches zum Schminken und als Heilmittel angewendet wird, ist ein salpeter-saures Wismuthoxyd $\text{BiONO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Wismuthglanz ist Bi_2S_3 und bildet mit Wismuthocker und Wismuthkupfererz die Erze (7 a) des Wismuth. Wismuth wird in leichtflüssigen Legirungen (19 a), wie z. B. in Rose's Metall, Newton's Metall, welche bei etwas über 90 Grad schmelzen und zu Sicherungen bei Dampfkesseln u. s. f. dienen, ferner zur Bereitung von Schminke, bei der Fabrikation gewisser Gläser und zur Herstellung gewisser glänzender Porzellanfarben benutzt.

184. Das Thallium (19 a) ist dem Blei sehr ähnlich, läuft an der Luft rasch an, ist sehr weich und schmilzt bei 290 Grad, kommt ziemlich häufig vor, so in den Bleikammern der Schwefelsäure-Fabriken und im Karnallit der Staßfurter Abraum-salze. Thallium findet sich auch in gewissen Glasforten, welche als Thalliumglas bezeichnet werden. Seine Verbindungen, welche sehr giftig sind, haben für uns keine besondere Bedeutung.

185. Die letzte Gruppe von Metallen enthält die edlen Metalle, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Iridium, Ruthenium, Rhodium, Osmium. Diese Metalle werden als edle hauptsächlich deshalb bezeichnet, weil sie von schöner Farbe, hohem Glanz, großer Dichte und vor allem von großer Beständigkeit sind. Mit Ausnahme von Quecksilber sind sie sämmtlich fest und nur bei sehr hohen Hitze-graden schmelzbar. Gold hat die bekannte goldgelbe Farbe, alle anderen sind silberweiß. Ihre Verbindungen sind alle unbeständig und geben das Metall durch Glühen oder reducirende Agentien leicht ab.

186. Quecksilber (19a) ist das einzige flüssige Metall. Es ist mehr als $13\frac{1}{2}$ Mal so dicht als Wasser, amalgamirt sich leicht mit anderen Metallen, siedet bei 360 Grad, wobei es in einen farblosen Dampf übergeht, der durch Abkühlung zu Quecksilber wieder verdichtet werden kann, gefriert bei 39 Grad Kälte und bildet dann ein geschmeidiges, hämmerbares Metall. Seine Kapillaritätseigenschaften sind bereits an anderer Stelle (Art. 18) beschrieben. Es wird verwendet zur Füllung von Thermometern, Barometern und Manometern, zur Herstellung von Amalgamen, Salben u. s. f. An der Luft hält es sich ohne anzulaufen; wird es erwärmt, so bedeckt es sich mit einem rothen Quecksilberoxyd. Da Quecksilber vielfach mit anderen Metallen verunreinigt ist, muß es gereinigt werden, was am besten durch Destilliren, aber auch mittelst Durchpressen durch Leder, sodann durch Schütteln mit warmer Salpetersäure, wodurch sich die fremden Metalle oxydiren, Waschen mit Wasser und Trocknen (vermitteltst Fliesspapier, oder durch leichtes Anwärmen) geschieht. Quecksilber kommt auch gediegen vor, als Jungferunquecksilber. Hauptsächlich wird es jedoch aus seinen Erzen gewonnen. Fundorte sind Idria in Krain, Almaden und Almadenejas in Spanien, in der bayrischen Pfalz, bei Olpe in Westphalen, in Mexiko, Peru und namentlich in Kalifornien. Das hauptsächlichste Erz ist der Zinnober (5 m).

a) Von den Quecksilberverbindungen (sämmtlich 5 m) haben die Oxyde wegen ihrer Salze Interesse. Hg_2O Quecksilberoxydul ist ein schwarzes Pulver, seine Salze sind äußerst giftig. Quecksilberoxyd HgO ist ein rothes krystallinisches Pulver, findet in der Medicin Anwendung, ebenso wie das Quecksilberoxydul, und ist gleichfalls ein gefährliches Gift. Schwefelsaures Quecksilberoxyd $HgSO_4$ ist eine weiße Masse, welche fabrikmäßig hergestellt wird und zur Bereitung des Quecksilberchlorids dient. Auch salpetersaures Quecksilberoxyd giebt es.

b) Die Verbindung Hg_2Cl_2 ist das in der Medicin, als wichtigstes aller Quecksilber-Arzneimittel, bekannte Kalomel oder Quecksilberchlorür. Es findet sich auch in der Natur vor als Quecksilberhornerz. Es ist geschmack- und geruchlos, von weißer oder gelblichweißer Farbe, in Wasser fast gar nicht löslich. Einen Gegensatz dazu bildet das Quecksilberchlorid oder Aëzsublimat, auch Sublimat genannt, da dieses mit seinen Verbindungen ein heftiges Gift bildet. Es ist in Wasser löslich, schmeckt scharf und äzend und giebt mit Chlorkalium, Chlornatrium u. s. f. Doppelsalze. Ein solches ist z. B. das weiße Quecksilberpräcipitat. Das Sublimat findet gleichfalls arzneiliche Anwendung, außerdem dient es, da es organische Lebewesen vernichtet, zum Konserviren von ausgestopften Thieren, anatomischen Präparaten, Holz (Rhyansiren), in der Zeugdruckerei u. s. f. Die

Jod- und Brompräparate des Quecksilbers sind denen der Chlorpräparate ähnlich und erfahren die gleiche Anwendung wie diese.

c) Quecksilbersulfid HgS kommt schwarz und roth vor, in der ersten Form wird es als Arzneimittel angewendet, in der zweiten ist es das wichtigste Quecksilbererz, der Zinnober, welcher auch als Arzneimittel und Malerfarbe benutzt wird. Als solche wird er künstlich auf verschiedene Weise hergestellt, z. B. durch Verreiben von 6 Theilen Quecksilber mit 1 Theil gestoßenem Schwefel zu einem schwarzen Pulver, langjames Erwärmen in eisernen Gefäßen bis zum Schmelzen und weiteres Erhitzen in irdenen Gefäßen auf dem Sandbade. Das so erhaltene Sublimat ist der präparirte Zinnober; von faseriger Struktur, giebt er zerrieben ein scharlachrothes Pulver. Natürlich kommt Zinnober in großen dicken Massen oder in Krystallen vor. Erhitzt man Zinnober unter Luftzutritt, so verbrennt er mit blauer Flamme, es bildet sich ein Dryd des Schwefels, das Quecksilber entweicht in Dampfform und kann durch Abkühlung verdichtet werden. Auf diese Weise kann Quecksilber aus diesem Erze gewonnen werden. Der Zinnober des Handels ist vielfach mit anderen Stoffen, namentlich mit Mennige, Gips und Eisenoxyd verfälscht. Knallquecksilber ist $HgC_2N_2O_2$ und explodirt beim Aufschlagen oder stärkeren Erwärmen; man beachte, daß es Stickstoff enthält. Es wird zum Füllen der Zündhütchen gebraucht, wobei es mit Salpeter oder Salpeter und Schwefel oder Mehlpulver verrieben wird. Hergestellt wird es durch Auflösen von Quecksilber in Salpetersäure unter Erwärmen und Zufügen von Alkohol.

187. Silber (auch Gegenstände 7a, 2d3, 22h, 30e1, 41d6a, 20a, b1, c2, d2, d5) ist ein weißes, glänzendes Metall von großer Geschmeidigkeit und Zähigkeit; ganz dünn ausgeschlagen ist Silber mit blaugrüner Farbe durchscheinend. Es ist etwas härter als Gold. Es schmilzt erst bei etwa 1000 Grad, ist in der Luft unveränderlich und oxydirt sich auch im Erhitzen nicht. Geschmolzen hat es die Eigenschaft Sauerstoff zu absorbiren, giebt diesen jedoch im Erkalten unter Veräusich (Spritzen des Silbers) wieder ab. Gegen die Hydroxyde der Alkalien ist es selbst in der Hitze widerstandsfähig, ebenso gegen salpetersaure Alkalien. Von Salpetersäure wird es jedoch schon unter gewöhnlichen Verhältnissen, von Schwefelsäure in der Wärme, in Silberfäße aufgelöst. Zu Sauerstoff hat es wie alle edlen Metalle nur geringe Verwandtschaft, wohl aber zu den Halogenen und zum Schwefel. Mit jenen bildet es unmittelbar Salze, mit diesem Schwefelverbindungen, wenn es mit Schwefelwasserstoff in Berührung kommt. Dieses ist der Grund für das Schwarzanlaufen der Silbergeräthe in der Nähe von Orten oder Körpern, welche Schwefelwasserstoff enthalten. Es findet sich gediegen oder krystallisirt oder in Erzen, vielfach in Begleitung von anderen edlen oder unedlen Metallen. Es legirt (Legirungen wie

Silber, Silberstahl wie Eisen) sich mit Blei, Zink, Wismuth, Kupfer, Gold. Das gewöhnlich verarbeitete Silber ist eine Legirung mit Kupfer, welches es härter und klingender macht. Unsere Mark-Silbermünzen enthalten auf 1000 Theile 900 Theile Silber, 100 Theile Kupfer. Die Erze des Silbers (7 a) sind Silberglaserz oder Silberglanz Ag_2S , Dunkelrothgültigerz $3\text{Ag}_2\text{S} + \text{Sb}_2\text{S}_3$ und Lichtrothgültigerz $3\text{Ag}_2\text{S} + \text{As}_2\text{S}_2$, Miargyrit $\text{Ag}_2\text{S} + \text{Sb}_2\text{S}_3$, Sprödglaaserz $6\text{Ag}_2\text{S} + \text{Sb}_2\text{S}_3$; die letzteren vier Doppelsulphate mit Antimon und Arsen. Sodann noch ein dreifaches Sulfid mit Kupfer und Antimon, der Polybasit, und ein fünffaches mit Kupfer, Zink, Eisen, Antimon, Blei, welche letztere als Fäulerze bezeichnet werden. Daß Silber auch im Bleiglanz vertreten sein kann, ist bereits erwähnt. Es kommt noch vor in den Kupfererzen, Zinkerzen u. a. m. Gewonnen wird das Silber durch Rösten der Erze und nachherige Behandlung mit Quecksilber oder Säuren oder Blei.

a) Von den Verbindungen sind die Erze als Schwefelverbindungen bereits erwähnt. Die Silberosalze sind giftig, zersetzen sich leicht bei Einwirkung von Wärme, ferner von einigen Säuren, von Phosphor, Zinn, Zink, Kupfer und anderen Metallen, sowie von gewissen Dryden unter Abcheidung von Silber, oder unter Bildung anderer Salze, namentlich von Halogenosalzen. Ganz besonders auffallend ist ihre Zersetzung durch das Licht, oder richtiger gesprochen durch gewisse Lichtarten. Auf dieser Eigenschaft der Silberosalze beruht namentlich ihre Anwendung in der Photographie, von der späterhin noch die Rede sein wird (Art. 309, 310). Wir heben hervor das Silberalpeter AgNO_3 (durch Auflösen von Silber in Salpetersäure), welches frisch farblose Krystalle bildet, am Licht und in Gegenwart organischer Gewebe sich jedoch bald schwärzt. In Folge der letzteren Eigenschaft schwärzt es die Haut, indem die Theile, die in das Zellgewebe eindringen, sich daselbst zersetzen und metallisches Silber niederschlagen. Als Höllestein (5 m) findet es in der Medicin zum Aetzen in ficiten Hautstellen Anwendung; in einer ammoniakalischen mit etwas arabischem Gummi versetzten Lösung giebt es chemische Tinte (Zeichentinte, unauslöschliche Tinte), zugleich mit einer Lösung von Pyrogallussäure in Branntwein, welcher als Anfeuchtungsmittel dient, benutzt man es zum Zeichnen von Wäsche und Leinen. Knallsilber (5 h) enthält, wie die meisten Explosivstoffe, Stickstoff.

b) Chlor Silber (5 m) AgCl , welches auch in der Natur als Hornsilber oder Hornsilbererz in grauen Massen oder regelmäßig krystallisirt vorkommt, ist künstlich hergestellt (durch Behandlung eines Silberosalzes mit Salzsäure, durch Auflösen von Silber in Salpetersäure unter Zufügung von Kochsalz) ein weißes Pulver. Dem Chlor Silber ähnlich sind Bromsilber (5 m) AgBr und Jodsilber (5 m) AgJ ;

doch ist letzteres gegen Licht nicht so empfindlich, wie die beiden anderen es sind.

c) Schwefel Silber Ag_2S oder Silberglanz (7 a) bildet regelmäßige Krystalle oder ist gestaltlos; im letzteren Falle heißt es auch Silberfchwärze. Daß es ein Silbererz ist, und daß andere Silbererze sich durch Verbindungen von ihm mit anderen Schwefelmetallen bilden, ist bereits erwähnt. Interessant ist, daß das Silber mit Quecksilber ein Amalgam giebt, welches in festen regelmäßigen Krystallen vorkommt und daß auch natürliche Legierungen des Silbers (namentlich mit Antimon Spießglanzsilber) vorhanden sind.

188. Gold (auch Gegenstände 7 a, 2 d 3, 22 h, 30 e 3, 41 d 6 a, 20 a, b 1, c 1, e 2, d 1, d 3, d 4), diese kostbare Substanz, gehört zu den wenigen Metallen, die eine eigene charakteristische Farbe besitzen. Es ist sehr dicht, so dehnbar, daß es sich bis zu Blättern von fast $\frac{1}{10000}$ mm Dicke ausschlagen und zu unendlich feinen Drähten ausziehen läßt. Ganz dünne Blätter scheinen grün durch; wie Silber in fein pulverisirtem Zustande schwarzgrau aussieht, erscheint Gold braun. Gelöst wird es weder von den Alkalien, noch von den Säuren, wie Flußsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, wohl aber von einer Mischung der beiden letztgenannten Säuren, die man Königswasser nennt. Dagegen wird es von Chlor und Brom angegriffen. Es kommt meist gediegen in Blättchen oder Körnern, manchmal auch in dicken Stücken (am Ural ist ein Stück von 36 kg Gewicht gefunden) vor und findet sich als Berggold in Gesellschaft von Quarz, Schwefelkies und Brauneisenstein und als Waschgold im Sand vieler Flüsse (Rhein, Donau, Jlar, Jm) und dem von ihnen aufgeschwemmten Lande. Vielfach ist es (als Elektrum) mit Silber oder Palladium legirt. Vom Silber wird es durch Behandlung mit heißen Säuren, welche das Silber lösen, das Gold zurücklassen (Affinierungsproceß, Quartation), getrennt. Auch in manchen Schwefelmetallen ist es enthalten. Feines Gold wird außer zu Blattgold und zum Vergolden von Glas und Porzellan nicht verwendet, sondern stets in Legierungen (wie Gold) mit Silber oder Kupfer. Die deutschen Goldmünzen enthalten auf 1000 Theile 900 Theile Gold und 100 Theile Kupfer, und zwar giebt ein Pfund Gold $69\frac{3}{4}$ Stück Zwanzigmarkstücke, $139\frac{1}{2}$ Zehnmarkstücke, 279 Fünfmarkstücke. Talmigold ist mit Gold plattirtes Blech oder plattirter Draht von einem unedlen Metall, wie Kupfer (nach dem Erfinder Talois genannt). Blattgold (20 a) ist fein ausgeschlagenes Gold (unedtes Blattgold (20 c 1) ist eine ausgeschlagene Legierung von Zink und Kupfer).

Gold hat noch weniger Neigung zu chemischen Verbindungen (sämmtlich 5 m) als Silber. Doch sind mehrere davon bekannt, wie Goldoxydul Au_2O , Goldsäure Au_2O_3 . Goldsaures Zinnoxyd

giebt ein braunes oder purpurrothes bis schwarzes Pulver, welches als Goldpurpur bezeichnet wird und zum Purpurfärben von Gläsern (Rubinglas) und Porzellanen dient. Goldchlorid AuCl_3 bildet mit Chlornatrium oder Chlorcalcium verbunden das Goldsalz, welches in der Photographie Anwendung findet. Andere Verbindungen sind Schwefelgold Au_2S_3 , Tellurgold Au_3Te_3 in der Natur in Verbindung mit Tellursilber als Schrifterz, mit anderen Mineralien als Weißtellurerz, Blättertellur vorkommend. Knallgold enthält wieder Stickstoff.

189. Platin (auch Gegenstände 7 a, 20 a) ist silbergrau, zeigt beim Erstarren die beim Silber erwähnte Eigenschaft des Spragens, ist im rothglühenden Zustande für Wasserstoff durchlässig, sehr dicht (21,5), oxydirt sich selbst in der größten Hitze nicht, und wird von keiner Säure und Lauge angegriffen; von Königswasser wird es wie Gold aufgelöst. Ueber Kohle geschmolzen nimmt es Kohlenstoff auf und wird dadurch spröde. Platinmoor (5 m) ist Platin in feinvertheiltem Zustand, bildet ein schwarzes Pulver und entsteht bei der Reduction gewisser Verbindungen (z. B. indem man schwefelsaures Platinoxyd mit kohlensaurem Natrium und Zucker kocht). Platin-schwamm (5 m) ist eine graue schwammige weiche Masse (erhalten durch Glühen von Platinsalmiak), welche sich zusammenhämmern läßt und früher, da man gediegenes Platin wegen der Schwererschmelzbarkeit noch nicht zu bearbeiten verstand, zur Herstellung von Platingegenständen auf kaltem Wege diente (unter anderen auch der unter dem Namen Archivmeter und Archivkilogramm bekannten Urmaasse des metrischen Maaß- und Gewichtsystems). In diesen beiden Formen hat Platin die Eigenschaft, aus der Luft namentlich Sauerstoff in ungeheuren Mengen aufzunehmen, in sich zu verdichten und ihn so activ zu machen, daß er ungemein zu Oxydierungen geneigt ist. Richtet man dagegen einen Strahl Wasserstoff, so entzündet dieser sich sofort, indem die durch den Platinschwamm eingeleitete Verbindung mit dem in ihm verdichteten Sauerstoff der Luft so viel Wärme entwickelt, daß der Schwamm glühend wird. Darauf beruht das bekannte Döbereiner'sche Feuerzeug. Uebrigens kommt diese Eigenschaft zum Theil auch dem massiven Platin zu, indem dieses den Sauerstoff zwar nicht in sich verdichtet, aber wenigstens activ macht. Platin eignet sich daher, um chemische Reactionen einzuleiten, es hat wie man sagt, eine katalytische oder Kontaktwirkung (die mit Fermentwirkung viel Aehnlichkeit besitzt). Platin kommt gediegen und zwar meist mit den anderen Metallen dieser Gruppe, namentlich den noch zu behandelnden, legirt vor, mit denen es die Platinerze bildet. Auch künstlich werden vielfach Legirungen des Platin (wie Platin) gebildet, um Metalle von größerer Härte oder größerer Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen zu gewinnen. Eine Legirung

von 90 Theilen Platin und 10 Theilen Iridium hat zur Herstellung der neuen Urmaße des metrischen Systems gedient, welche durch Reichsgesetz vom 21. April 1893 an Stelle der früheren getreten sind. Die Platinverbindungen (5 m) — eine davon ist das bereits genannte Platinsalmiak $\text{PtCl}_4 + 2(\text{NH}_4\text{Cl})$, welches durch Einwirkung von Salmiak auf eine Platinchloridlösung PtCl_4 entsteht — haben wenig Bedeutung. Sie finden in der Photographie Anwendung.

190. Palladium (7 a) ist etwas leichter schmelzbar als Platin und steht in seinen Eigenschaften dem Silber näher als diesem. Es ist nur etwa 11,4 Mal so dicht wie Wasser, löst sich in Salpetersäure und heißer Schwefelsäure und ist noch leichter oxydirbar als Silber. Beim Erhitzen in der Luft läuft es blau an. Die merkwürdigste Eigenthümlichkeit des Palladium hat bereits an einer anderen Stelle Erwähnung gefunden; es nimmt nämlich Wasserstoff, welcher eben frei geworden ist, in großer Masse selbst unter gewöhnlichen Verhältnissen auf. Als Schwamm absorbiert es fast das 700fache seines Raumgehalts von diesem Gase, dagegen wenig oder gar nichts von Sauerstoff und Stickstoff. Ein wenig von dieser Eigenheit, Wasserstoff zu absorbiren, kommt auch dem Platin zu. Durch die Aufnahme von Wasserstoff ändern sich die metallischen Eigenschaften des Palladium nicht, es erscheint das so gesättigte Metall wie eine Legirung. Von den chemischen Verbindungen des Palladium erwähnen wir nur das Palladiumchlorür (5 m), welches sich in Leuchtgas braun bis schwarz färbt, und dadurch die geringsten Mengen Leuchtgas in einem Raume erkennen läßt.

191. Ruthenium und Rhodium (7 a) sind gleichfalls viel weniger dicht als Platin, im Uebrigen aber diesem ähnlich. Osmium (7 a) ist ein hartes Metall, etwas dichter als Platin, völlig unerschmelzbar, indem es vor dem Schmelzen bei sehr hohen Temperaturen in Dampfform übergeht. Es ist viel weniger beständig als Platin, da es in der Glühhitze verbrennt und in Salpetersäure sich löst.

Iridium (7 a) ist wieder dem Platin sehr ähnlich, es widersteht jedoch allen Säuren und ist nicht einmal in Königswasser löslich, dafür oxydirt es sich jedoch leichter, es ist möglicherweise der dichteste Körper, den wir kennen.

Die vier letztgenannten Metalle kommen stets in Begleitung des Platins vor.

Zweiter Theil.

**Die Kräfte und Erscheinungen
in der Natur.**

Erstes Kapitel.

Von den allgemeinen Eigenschaften der Kräfte.

1. Von den Veränderungen in der Natur und ihren Ursachen.

192. Alle Vorgänge, die wir in der Natur beobachten, geschehen an Körpern, und haben irgend welche Erscheinungen an ihnen, z. B. Bewegung, Leuchten, Erwärmung, Anziehung, Abstoßung, Formveränderung zur Folge. Die Vorgänge bewirken, allgemein zu sprechen, Veränderungen an den Körpern. Dieses geschieht jedoch nicht ohne irgend welchen Antrieb. Alle Körper in der Natur haben nämlich das Bestreben, den Zustand, in welchem sie sich gerade befinden, beizubehalten und setzen den Veränderungen, die man an ihnen vornehmen will, einen gewissen Widerstand entgegen. Man spricht darum von einer Trägheit der Materie, wodurch aber nichts weiter ausgedrückt werden soll, als daß keine Veränderung an einem Körper oder an seinem Verhalten ohne besondere Veranlassung von selbst entsteht. So oft wir an einem Körper irgend eine Veränderung bemerken, forschen wir deshalb stets nach der Ursache dieser Veränderung. Befindet sich zum Beispiel ein Körper in Ruhe und sehen wir ihn sich plötzlich in Bewegung setzen, so fragen wir nach der Ursache dafür, gleichfalls suchen wir nach Ursachen, wenn der Körper sich zunächst gleichmäßig bewegt und seine Bewegung plötzlich beschleunigt oder verzögert wird. Selbst wenn nur die Richtung der Bewegung eine andere wird, müssen wir irgend eine Ursache dafür angeben, so daß ein Körper, der sich in einem Kreise bewegt, dieses nur vermöge einer stetig wirkenden Ursache thun kann. Gleiches gilt von Veränderungen der Form oder der Eigenschaften der Körper.

193. Je größer eine Veränderung sein soll, desto größer muß die sie bewirkende Ursache sein. Das Sprichwort „kleine Ursachen große Wirkungen“ hat in der Natur nur sehr beschränkte Bedeutung; es trifft nur da zu, wo die Ursachen nicht selbst die Wirkungen hervorbringen, sondern nur andere schon vorhandene Ursachen gewissermaßen aktiv machen, auslösen. Dieses ist z. B. der Fall bei den Schieß- und Sprengwirkungen; die eigentlichen Ursachen für diese sind in der chemischen Beschaffenheit der Schieß- und Sprengstoffe be-

reits gegeben, der Funke, der Schlag oder Stich löst diese Ursachen nur aus. Doch können allerdings auch sonst kleine Ursachen große Wirkungen hervorbringen, wenn sie nämlich andauernd thätig sind; sie bringen in jedem Moment nur eine geringe Wirkung zu Stande, im Laufe der Zeit summiren sich jedoch diese geringen Wirkungen zu einer großen. Tropfen höhlen also wohl einen Stein, aber nur, wenn unzählige von ihnen darauf fallen.

Ferner sind die Wirkungen abhängig von der Substanzmenge, an der sie sich bemerkbar machen. Hierüber haben wir schon in Art. 30 gesprochen. Die Masse, das Gewicht oder die Substanzmenge eines Körpers ist das Maaß seiner Trägheit. Je größer die Masse, um so größer die Trägheit, um so größerer Ursachen bedarf es, eine bestimmte Wirkung hervorzubringen.

194. Sobald eine Ursache zu wirken aufgehört hat, hat auch der Fortgang der Veränderung ein Ende genommen, falls nicht etwa durch die Veränderung wieder neue Ursachen zu Veränderungen wachgerufen (ausgelöst) sind. Die von der Ursache hervorgerufene Veränderung bleibt aber vermöge der Trägheit der Substanzen bestehen; es bedarf zu ihrer Rückgängigmachung neuer Ursachen. Eine Billardkugel, die durch einen Stoß mit einem Queue aus der Ruhe in Bewegung gesetzt ist, bewegt sich, auch nachdem der Stoß aufgehört hat, und würde sich in gleicher Richtung mit gleicher Geschwindigkeit in alle Ewigkeit fortbewegen, wenn sie nicht an die Bänden stieße und an der Billardfläche sich riebe. Die Undurchdringlichkeit der Bänden und die stetig wirkende Reibung der Fläche sind neue Ursachen, durch deren Wirkung einerseits die Richtung der Bewegung gestört wird, andererseits die Bewegung selbst allmählig vernichtet wird. Drückt man einen Körper zusammen, so bekommt er eine neue Form, hat die Zusammendrückung aufgehört, so sollte er diese Form beibehalten. Er thut dieses auch, falls durch diese Zusammendrückung nicht neue Ursachen wachgerufen sind, die nach Aufhören des Druckes nun ihrerseits in Thätigkeit kommen und neue Veränderungen bewirken. Bei weichen Körpern (Wachs, Fett, Thon u. s. f.) sind solche Ursachen nicht vorhanden, diese Körper behalten die neue Form bei. Bei elastischen sind sie aber da und bewirken in der That, daß die Körper in die ursprüngliche Form zurücktreten. So compliciren sich die auf den ersten Blick sehr einfachen Verhältnisse, und es bedarf eines genauen Einblickes in das Spiel der einzelnen Ursachen, um in jedem Falle den schließlichen Erfolg voraussagen zu können. Wir werden darum die einzelnen Ursachen eingehend zu betrachten haben.

195. Man nennt die Ursachen für Veränderungen gewöhnlich Kräfte und sagt, daß alle Veränderungen in der Natur durch Kräfte bewirkt werden.

Die Kräfte können unmittelbar auf die Körper wirken oder aus der Ferne durch den Raum hindurch. Man unterscheidet darnach unmittelbare Kräfte und Fernkräfte. Beispiele für die ersteren sind die Druckkraft, die Zugkraft, die Stoßkraft, für die letzteren die Anziehungskraft der Erde und der Himmelskörper, die magnetische und elektrische Anziehung u. s. f. Die Wirkungsweise der unmittelbar angreifenden Kräfte scheint uns ohne Weiteres verständlich zu sein, diejenige der Fernkräfte nicht, weil wir nicht sehen, wie sie vor sich geht. Wir bemerken nur vielfach, wie ein Körper einen anderen, von ihm ganz getrennten, z. B. in Bewegung setzt, ohne daß wir irgend etwas nachweisen können, wodurch er auf diesen Körper gewirkt hat. Die Wirkung geschieht anscheinend ohne jede Vermittelung durch einen anderen Körper. Zugleich erkennen wir, daß, während die unmittelbaren Kräfte an den Oberflächen wirken, die Fernkräfte nicht allein diese angreifen, sondern auf die ganze Substanz, die ganze Masse der Körper ihren Einfluß äußern. Sie sind also von jenen anscheinend recht verschieden. Gewisse Eigenschaften gelten jedoch für alle Kräfte ohne Unterschied, wir haben diese zuerst zu untersuchen.

2. Von den Bestimmungsgrößen einer Kraft.

196. Wir unterscheiden an jedem Vorgang in der Natur im Allgemeinen vier Umstände: die Art des Vorganges, seinen Ort, seine Richtung und seine Größe. Z. B. für die Bewegung der Erde um die Sonne; der Vorgang ist eine Bewegung, er findet an der Stelle, wo die Erde im Raume sich befindet, statt, die Bewegung geht von West nach Ost, ihre Größe beträgt 4 Meilen in der Sekunde. Nicht immer bedarf es aber einer Angabe aller Umstände; die eine oder andere Angabe kann fehlen, weil sie für den Vorgang gleichgültig oder selbstverständlich ist.

Den obigen vier Bestimmungsgrößen entsprechend haben wir auch bei jeder Kraft und ihrer Wirkung Art, Ort, Größe und Richtung zu unterscheiden. Wir sprechen in erster Hinsicht von mechanischen Kräften, welche an den Körpern Orts- und Formveränderungen bewirken, elektrischen und magnetischen Kräften, welche das Gleiche thun oder Electricität und Magnetismus in Bewegung setzen bezw. hervorbringen, Wärmewirkungen, welche Erwärmung hervorbringen u. s. f. Beim Ort haben wir zweierlei zu unterscheiden, denjenigen Ort, von dem die Kraft ausgeht, Centrum der Kraft, und denjenigen, an dem sie zur Wirkung kommt, Angriffspunkt der Kraft; z. B. Anziehung, die von der Sonne ausgeht und auf die Erde wirkt. Manchmal ist die Angabe des Ortes, von dem die Kraft ausgeht, nicht ausdrücklich gemacht, jedoch darin versteckt enthalten, so bei Druckangaben; der Ort,

von dem die Kraft hier als ausgehend angesehen werden kann, ist der Erdmittelpunkt.

197. Was die Richtung anbetrifft, so ist die Nothwendigkeit ihrer Angabe an folgendem Beispiel sofort klar. Die Anziehung der Erde ist senkrecht zu ihrer Oberfläche durchaus verschieden von derjenigen in Richtung dieser Oberfläche. Während man einer großen Anstrengung bedarf, um z. B. 100 Kilogramm von der Erde abzuheben, sollte man fast gar keiner Kraft bedürfen, um sie auf der ebenen Erdoberfläche fortzuziehen. Daß letzteres nicht der Fall ist, liegt lediglich darin, daß die Erdoberfläche sehr rauh ist und man deshalb viel Reibung bei dem Ziehen der Gewichte zu überwinden hat; es ist aber Jedem bekannt, wie leicht schwere Körper auf glatten Bahnen fortzubewegen sind, z. B. auf Eisflächen. Wir zählen bekanntlich sechs Richtungen im Raume zu zwei Paaren, nämlich vorn, hinten; oben, unten; rechts, links. Die zwei Richtungen jedes Paares sind einander gerade entgegengesetzt, liegen also in denselben Geraden, die drei Richtungs-paare stehen aber zu einander senkrecht. Wir können hiernach diese Richtungen durch drei gerade Linien veranschaulichen, welche von einem Punkte ausgehen und zu einander senkrecht stehen, wie z. B. durch drei von der Ecke eines Zimmers ausgehende Kanten. Jede andere Richtung ist bestimmt, wenn wir angeben, wie sie sich zu diesen Richtungen verhält. Das geschieht am einfachsten durch Angabe der Winkel, die sie mit den drei zu einander senkrechten geraden Linien einschließt. Haben wir Vorgänge in einer Ebene zu betrachten, so sind natürlich nur zwei Paare von Richtungen, die zu einander senkrecht stehen, zu berücksichtigen. In einer geraden Linie giebt es nur ein Richtungs-paar.

198. Geht man von irgend einer Stelle, wo eine Kraft wirkt, aus und bewegt sich immer in Richtung der Kraft weiter, so beschreibt man eine Kraftlinie. Eine solche Linie hat also an jeder Stelle diejenige Richtung, welche die an dieser Stelle wirkende Kraft besitzt. Also fällt überhaupt die ganze Kraft überall in Richtung dieser Linie und nirgends quer dazu; diese Linie ist also wirklich eine Kraftlinie. Eine Fläche, welche aus lauter Kraftlinien zusammengesetzt ist, heißt eine Kraftfläche. Eine Linie oder eine Fläche, welche alle Kraftlinien, die sie überhaupt antrifft, senkrecht durchschneidet, nennt man eine Niveaulinie oder Niveaufläche. Kraftlinien und Kraftflächen haben alle Kraft in sich, nichts quer zu ihnen; Niveaulinien und Niveauflächen haben nichts von der Kraft in sich, alles quer zu ihnen. Alle Kraftlinien kommen vom Centrum der Kraft, alle Niveaulinien und Niveauflächen umringen dieses Centrum. Da Kräfte mit der Entfernung von ihrem Ausgangspunkt abnehmen, so schließen wir noch: wo Kraftlinien dicht bei einander sind, ist die Kraft groß, wo

sie wenig dicht auf einander folgen, ist sie gering. Dieses Alles führe ich nur an, damit der Leser von Schlagworten, wie sie heutzutage, namentlich von Elektrotechnikern fast unausgesetzt gebraucht werden, die Bedeutung kennt.

199. Die Angabe der Größe betrifft die Messung der Kräfte. Wir können jede Kraft wiederum durch eine Kraft oder durch die von ihr hervorgebrachten Wirkungen messen. Im ersten Fall sagen wir z. B., die Anziehungskraft eines Körpers sei 2, 3mal so groß wie diejenige der Erde, oder der Druck eines in einem Gefäße befindlichen Gases auf den abschließenden Deckel dieses Gefäßes sei so groß wie der Druck von 2, 3 Kilogrammen auf ein Quadratcentimeter u. s. f.; wir messen dann die Anziehungskraft des Körpers oder den Druck der Gase durch die Schwerkraft der Erde. Im zweiten Fall würden wir z. B. die Größe der Anziehungskraft eines Körpers auf einen anderen durch die Zeit schätzen, innerhalb deren er ihn aus bestimmter Entfernung zu sich herabziehen könnte, oder durch die Geschwindigkeit, mit der dieser angezogene Körper aus bestimmter Entfernung auf ihm anlangen würde, oder durch die Zunahme, die die Geschwindigkeit des angezogenen Körpers in einer Sekunde im Herabfallen auf den anziehenden erfährt u. s. f.

Worauf es bei dem Messen von Kräften allein ankommt, ist, eine Vorstellung von der Größe derselben zu gewinnen. Man kann dazu auf die mannigfachste Weise gelangen und wird in jedem Falle von derjenigen Methode Gebrauch machen, die für den besonderen Zweck am dienlichsten ist, da man von einer Kraft bald die eine, bald die andere Wirkung besonders zu berücksichtigen hat. Alle Kräfte, welche auf gleiche Art wirken, werden auch in gleicher Weise gemessen werden können, also beispielsweise alle Anziehungs- und Abstoßungskräfte und überhaupt alle Kräfte, welche Ortsveränderungen oder Formveränderungen hervorbringen durch die Schwerkraft der Erde. Sonne, Mond und Erde ziehen, wie wir später sehen werden, einander und alle auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper an. Es ist nun die Kraft, mit der die Sonne einen Körper von der Erde fort zu sich hinzuziehen strebt, nur etwa $\frac{1}{100000}$ von derjenigen, mit welcher die Erde ihn auf ihrer Oberfläche festhält; auf der Erdoberfläche ist also die Anziehungskraft der Sonne nur $\frac{1}{100000}$ von denjenigen der Erde; diejenige des Mondes ist an gleicher Stelle gar nur $\frac{1}{10000000}$ von denjenigen der Erde. Auf der Sonnenoberfläche selbst ist die Anziehungskraft der Sonne 27 Mal so groß, wie diejenige der Erde auf ihrer Oberfläche; auf der Mondoberfläche die des Mondes nur $\frac{1}{6}$ von denjenigen der Erde auf ihrer Oberfläche. Diese Beispiele zeigen auch, wie wichtig es ist, auf den Ort zu achten, an welchem die Kraft zur Wirkung gelangen soll, da auf der eigenen Oberfläche die Anziehung

der Sonne 45 000 Mal, die des Mondes etwa 50 000 Mal so groß ist, wie die des einen und anderen Himmelskörpers auf der Oberfläche der Erde. Ähnlich können wir die Muskelkraft unseres Armes mit der Anziehungskraft der Erde vergleichen, indem wir z. B. sagen, sie sei an einem kräftigen Manne so groß, wie die Anziehungskraft der Erde auf 100 Kilogramm. Ebenso dürfen wir die Anziehungskraft eines elektrischen Körpers oder eines Magneten durch die Anziehungskraft der Erde auf diejenigen Körper, welche, ohne herabzufallen, gerade noch an dem elektrischen Körper bezw. dem Magneten hängen, messen, u. s. f.

200. Kräfte, welche ungleichartige Wirkungen hervorbringen, kann man mit einander unmittelbar nicht vergleichen, da eine solche Vergleichung gar keinen Sinn hätte, wie man ja auch ungleichartige Größen nicht zusammenzählen kann. Nur wenn diese Wirkungen ihrerseits andere Wirkungen hervorbringen, welche gleicher Art sind, kann man auf indirektem Wege zu einer Vergleichung gelangen. So z. B. bringt die Reibung an einem Körper Wärme hervor, der Schlag des Hammers dagegen Formveränderungen; man kann also zunächst diesen mit jener nicht vergleichen. Indem sich aber zeigt, daß die Formveränderung des Körpers ihrerseits gleichfalls zur Entstehung von Wärme Veranlassung giebt, kann man diese Wärme mit jener in Beziehung setzen und in diesem Falle eine Vergleichung zwischen der Reibung und dem Schlage des Hammers in der That bewerkstelligen, indem man sagt, durch jene würde unmittelbar z. B. 2, 3 mal so viel Wärme hervorgebracht, als durch diesen mittelbar. Die Erfahrung hat gelehrt, daß fast alle Kräfte, wenigstens in der unbelebten Natur, auf diese Weise zu einander in Beziehung gesetzt werden können, indem eine Wirkung nie für sich allein besteht, sondern stets andere Wirkungen im Gefolge hat oder solche im Gefolge haben kann.

3. Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

201. Hier ist der Ort, auf ein Naturgesetz einzugehen, welches alle Kraftwirkungen beherrscht und welches von unserem Landsmanne Julius Robert Mayer, auf den wir so stolz sein können wie nur immer die Engländer auf ihren Newton, entdeckt worden ist, nämlich das Gesetz von der Erhaltung der Kraft.

Wir schreiben einer jeden Kraft in der Ausübung ihrer Wirkung eine gewisse Energie zu, ein Wort, das man zunächst in demselben Sinne auffassen kann, in dem wir es bei den Handlungen eines Menschen verstehen. Je größer eine Kraft ist, desto energischer wirkt sie. Wenn eine Kraft schon gewirkt hat, so können wir ihre Energie an dieser Wirkung selbst beurtheilen; wir sprechen dann von fertiger (aktueller) Energie. Wenn eine Kraft erst wirken soll, dann haben wir noch

kein Maaß für ihre Energie und können diese nur dann beurtheilen, wenn wir die Wirkung im Voraus zu berechnen im Stande sind; wir sprechen dann von verborgener oder möglicher (latenter oder potentieller) Energie. Hat eine Kraft schon zum Theil gewirkt, ist sie aber noch in der Wirkung begriffen, so werden wir von ihr fertige und verborgene Energie haben. Die Summe der fertigen und der verborgenen Energie bezeichnen wir als die Gesamtenergie der Kraft. So hat die Schwerkraft der Erde an einem Stein, der bereits herabgefallen ist, ihre ganze Energie schon bewiesen; an einem solchen, der am Fallen noch verhindert ist, soll sie erst ihre Energie zeigen; an einem, der fällt, ist ein Theil ihrer Energie schon zum Vorschein gekommen, ein anderer wird noch hervortreten. Pulver, welches noch nicht abgebrannt ist, enthält noch Energie des Druckes verborgen, sobald man es abgebrannt hat, ist diese Energie in Thätigkeit gelangt, und schleudert die Kugel aus dem Lauf oder sprengt Felsen und Mauerwerke.

202. Bei den gewöhnlichen mechanischen Kräften messen wir alle Energie durch die Arbeit, die wir in der Thätigkeit der Kraft gewinnen oder in der Hemmung ihrer Thätigkeit aufwenden müssen. Wir sagen bei diesen Kräften geradezu Energie ist Arbeit. Im ersten Beispiel ist die fertige Energie der Schwerkraft der Erde auf den bereits gefallenem Stein die Arbeit, die dieser Stein beim Aufschlagen auf die Erde geleistet hat, indem er z. B. ein Loch in die Erde schlug, oder dabei selbst zerschlug, oder andere Körper, etwa Staub, in die Höhe trieb; alle diese Leistungen können wir ohne Arbeit nicht vollbringen. Die verborgene Energie an dem noch nicht herabgefallenen Steine ist die Arbeit, die dieser Stein leisten wird, wenn er erst herabgefallen sein wird, indem er dabei z. B. selbst zerschlagen wird u. s. f. Endlich wenn der Stein gerade fällt, kann er in jedem Augenblicke dadurch, daß ihm ein Hinderniß entgegengehalten wird, aufgehalten werden, und dabei wird er im Aufschlagen an das Hinderniß Arbeit leisten, indem er z. B. dieses Hinderniß durchbohrt oder eindrückt, oder in Bewegung setzt, oder indem er beim Aufschlagen selbst zerschellt u. s. f. Das giebt den schon fertigen Theil der Energie, der andere Theil, der noch verborgene, ist die Arbeit, die der Stein leisten wird, wenn er von der Stelle, wo er aufgehalten wurde, zu der Erde herabgefallen ist.

In der Technik mißt man alle Arbeiten durch diejenige Arbeit, welche erforderlich ist, um 1 kg gegen die Schwere 1 m hoch zu heben, diese Arbeit nennt man ein Kilogramm-meter. Eine Arbeit, die 1 kg 2 m oder 2 kg 1 m hoch hebt, ist doppelt so groß, eine andere, die 1 kg 3 m oder 3 kg 1 m hoch hebt, ist 3mal so groß; kurz in dieser Weise gemessen ist jede Arbeit gleich der Kraft

multiplieirt mit dem Weg, auf dem sie wirkt. Und in diesen Einheiten kann man auch Arbeiten, die mit Heben gar nichts zu thun haben, wie die durch Zerbrechen, Biegen, Drehen u. s. f. geleisteten, ausdrücken. Eine Schwierigkeit scheint nur dann zu bestehen, wenn die Energie gerade im Wirken begriffen ist, da wir dann von einem fertigen Theil ihrer Arbeit sprechen müssen, ohne daß wir doch die Arbeit sehen, wenn wir nicht, wie im obigen Beispiel, dem fallenden Stein ein Hinderniß entgegenhalten. In diesem Falle haben wir nur daran zu denken, daß die Energie sich nicht allein in dem, was wir gewöhnlich Arbeit nennen, äußert, sondern auch in anderen Wirkungen, wie z. B. bei dem bereits fallenden Stein darin, daß er eben fällt und dabei eine gewisse Geschwindigkeit des Fallens erreicht, die sich im weiteren Fallen stetig vermehrt. Wollen wir daselbe erreichen, nämlich den Stein mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortzuschleudern, so müssen wir jedenfalls Arbeit leisten, und zwar um so mehr, je größer diese Geschwindigkeit sein soll; ja es wächst diese Arbeit sogar stärker als die Geschwindigkeit, nämlich so, wie das Produkt dieser Geschwindigkeit mit sich selbst, sie ist also schon 4, 9, 16mal so groß, wenn wir demselben Körper nur eine 2, 3, 4mal so große Geschwindigkeit ertheilen wollen als in einem anderen Falle. Die Energie hat sich also in der Geschwindigkeit gezeigt, die dem fallenden Steine bereits ertheilt ist, und sie ist gleichfalls eine Arbeit, nämlich diejenige, die wir im gewöhnlichen Sinne des Wortes leisten müssen, um daselbe zu erreichen.

203. Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß wir alle Wirkungen in der Natur dazu benutzen können, um Arbeit im gewöhnlichen Sinne des Wortes hervorzubringen. Daß die Wirkung der Wärme uns gewöhnliche Arbeit leisten kann, weiß Jeder; wir benutzen sie stets dazu in unseren Dampfmaschinen, Gaskraftmaschinen u. s. f. Ebenso sind wir jetzt im Stande, die Wirkungen der Elektrizität und des Magnetismus uns zu Arbeit dienstbar zu machen, selbst das wesenlose Licht kann uns Arbeit leisten. Gleiches gilt von den anderen Kräften. Umgekehrt sind wir auch in der Lage, alle Wirkungen durch gewöhnliche Arbeiten hervorzubringen; Wärme, indem wir zwei Körper an einander reiben oder auf einander schlagen, Elektrizität in gleicher Weise u. s. f.; nur daß hier durch die Beschränktheit unserer eigenen Mittel Grenzen gesteckt sind, die wir noch nicht oder überhaupt nicht überschreiten können. Die Arbeit oder Energie bildet also das Vermittelnde zwischen allen Naturkräften, wodurch wir auch Beziehungen zwischen ihnen herstellen können. Der Mayer'sche Satz von der Erhaltung der Kraft besagt aber: Welche Wirkungen Kräfte auch hervorbringen mögen, gänzlich unveränderlich ist dabei ihre Gesamtenergie.

Richtiger hieße hiernach dieser Satz der Satz von der Erhaltung der Energie. Mit den Kräften ist also stets ihre Gesamtenergie, das ist dem obigen zufolge die Arbeit, die sie im Ganzen leisten können, von vornherein gegeben; und nichts ist im Stande, diese Arbeit zu verringern oder zu vermehren. Es kann diese Arbeit bald das eine bald das andere betreffen, sie kann z. B. Körper heben, zerbrechen, zusammensetzen, Wärme, Electricität, Magnetismus oder Licht schaffen u. s. f., sie kann in Formen zum Vorschein kommen, die wir für unsere Zwecke nicht beabsichtigen; aber Alles in Allem bleibt sie sich unter allen Umständen völlig gleich.

204. Stehen uns bestimmte Kräfte zur Verfügung, so kann es sich hiernach nicht um Vermehrung oder Verringerung ihrer ganzen Leistungsfähigkeit handeln, sondern lediglich darum, die Leistungen in der Weise zum Vorschein kommen zu lassen, wie wir es wünschen. Wir haben Alles erreicht, wenn es uns gelungen ist, diese Leistungsfähigkeit zu unserem besonderen Zwecke auszunutzen, mehr zu erreichen sind wir absolut nicht im Stande. Die Wärme z. B., die wir durch Verbrennen von Kohlen in den Dampfmaschinen erzielen, erwärmt den Kessel, dessen Umgebung, das in ihm enthaltene Wasser und verdampft dieses Wasser. Außerdem dehnt sie den Kessel, dessen Umgebung und das Wasser aus. Das sind alles Leistungen, die wir selbst nur durch Arbeit hervorbringen könnten, z. B. die Erwärmung des Kessels durch Reiben oder Hämmern, die des Wassers durch Rühren, die Ausdehnung des Kessels durch geeignetes Ziehen u. s. f. Von dieser, mindestens in sieben Theile zerplitterten Energie, kommt für das Treiben der Maschinen nur ein Theil in Betracht, der an den Dampf abgegebene, da dieser Dampf durch seine Druckwirkung Kolben und Räder in Bewegung setzt. Man sucht nun die Heizanlagen und Kessleinrichtungen so zu treffen, daß die übrigen Theile möglichst klein ausfallen, namentlich die Erwärmungen und Ausdehnungen von Kessel und Umgebung möglichst wenig Energie in Anspruch nehmen; es bleibt dann für den nützlichen Theil um so mehr übrig. Aber wie man auch verfahren mag, niemals kann man es erreichen, daß die Summe aller verausgabten Arbeiten größer oder kleiner wird. Von solchen Verhältnissen, wie sie durch mehr oder weniger vollständige Verbrennung der Kohle bedingt werden, ist natürlich abgesehen. Das Beispiel zeigt zugleich, in wie viele Theile eine Energie sich zerplittern kann, von denen wir nur einen Theil thätlich verwenden. Selbst dieser eine Theil kommt uns nicht voll zu Nutzen, da bei den Bewegungen der Maschinen Reibungen zu überwinden sind, die gleichfalls Arbeit verzehren. Zugleich lehrt das Beispiel, wie vorsichtig man bei der Anwendung des Princips der Erhaltung der Energie sein muß, da man nichts fortlassen darf. Wir hätten in diesem Beispiel, um Alles zu berücksichtigen,

was an Energieumsetzung dabei stattfindet, eigentlich auch die Energie anführen müssen, die zum Leuchten der Kohle beim Verbrennen dient, und noch manches Andere mit in Anrechnung bringen sollen, dessen Darlegung hier zu weit führen würde.

205. Das Princip von der Erhaltung der Energie ist ganz entsprechend dem von der Erhaltung der Massen; bei den Substanzen ist ihre Masse insgesamt stets unveränderlich, bei den Kräften ihre Energie. Wie eine Masse, wenn sie anscheinend verschwindet, an anderer Stelle wieder zum Vorschein kommt, ebenso findet sich jede Energie, deren wir anscheinend verlustig gegangen sind, an anderer Stelle und in anderer Form wieder. Wie eine Masse, sie mag Veränderungen erfahren, welche man will, stets wieder als Masse erscheint, wenn auch oft in ganz anderer Gestalt, so kommt eine Energie stets wieder als Energie zum Vorschein, in welche Form sie sich auch kleiden mag, da man sie als Arbeit wieder gewinnen kann. Daß dieses Princip, abgesehen von seiner hohen wissenschaftlichen Bedeutung, auch für die Technik von ungeheurer Tragweite ist, leuchtet unmittelbar ein.

Zugleich zeigt dieses Princip, wie eitel alle Bestrebungen nach Schaffung von Arbeit aus Nichts sind. Jede Arbeit ist mit einer Energieumwandlung verbunden; sobald die zur Verfügung stehende Energie zu Ende ist, hört auch die Arbeit auf; die Energie ist in die geleistete Arbeit übergegangen, und es bedarf einer anderen Arbeit, um sie aus dieser Arbeit zurückzugewinnen und von Neuem zu verwenden. Das bedeutet aber, daß die Arbeit wieder zu Nichts gemacht werden muß. Manchmal geht dieses, unter Umständen jedoch geht es nicht; aber auch wenn es geht, hat man keinen Vortheil, denn man hat dann die Arbeit wieder verloren und ist auf dem Punkte wie vor Ausführung derselben. Ein Perpetuum mobile, wie man eine solche Maschine nennt, die ohne stetige Energiezufuhr doch stetig Arbeit leisten soll, giebt es also nicht. Nicht einmal eine Maschine, die sich, ohne Arbeit für uns zu leisten, stetig bewegt, können wir konstruiren, denn jede Bewegung um Axen oder in der Luft ist mit Arbeitsleistungen verbunden, da die Reibung an den Axenlagern oder der Widerstand der Luft zu überwinden ist.

Wo solche besonderen Hindernisse nicht zu überwinden sind, da bewegt sich ein Körper nach einem einmaligen Antriebe allerdings in alle Ewigkeit; die Erde dreht sich seit unendlichen Zeiten um ihre Axe und wird sich weitere unendliche Zeiten drehen, wiewohl sie keinen Anstoß mehr dazu erfährt; aber das geschieht nur, weil sie dabei weiter nichts thut, sie hat keine Arbeit zu leisten und keine Widerstände zu überwinden. Könnten wir nachweisen, daß sie doch irgend eine Arbeit dabei leistet (und das ist wirklich der Fall), so müßten wir sofort schließen, daß ihre Drehung stetig geringer werden und zuletzt ganz

aufhören wird, falls nicht die von ihr zu leistende Arbeit noch vorher aufhört, wo sie dann mit der durch die geleistete Arbeit verringerten Geschwindigkeit sich weiter drehen würde. Für uns Erdenbewohner hätte das die Folge, daß die Tage und Nächte stetig länger würden. Wir haben am Himmelszelt in der That Beispiele von solchen Verhältnissen. Der Mond hat sich in früheren Zeiten wohl mit größerer Geschwindigkeit um seine Aze gedreht als jetzt; er hat aber dabei gewisse aus der Anziehung der Erde auf ihn herrührende Widerstände zu überwinden gehabt, dadurch hat seine Drehgeschwindigkeit stetig abgenommen, bis sie zuletzt so weit herabgesunken ist, daß er sich genau in derselben Zeit einmal um seine Aze herumdreht, in welcher er in seiner Bahn einmal um die Erde herumkommt. Nachdem er so weit gelangt ist, haben jene Widerstände von selbst aufhören müssen, und so dreht er sich nunmehr mit dieser so verringerten Geschwindigkeit weiter um seine Aze und zeigt uns in Folge dessen immer nur die eine Hälfte seiner Oberfläche, während er sonst auch die andere im Laufe der Zeit unserem Anblick darbieten würde.

4. Wirkung und Gegenwirkung, innere Kräfte und äußere.

Wir kommen nun zu einigen anderen Eigenschaften der Naturkräfte, die nicht übergangen werden dürfen.

206. Jede Kraftwirkung ist mit einer Gegenwirkung verbunden. Schlagen wir mit einem Hammer auf einen Amboß, so schlagen wir nicht allein den Amboß, sondern auch den Hammer; schleudern wir aus einer Kanone eine Kugel heraus, so wird die Kanone zurückgeschleudert, sie erfährt einen Gegenstoß, dessen Wirkungen unschädlich zu machen eine bekannte Aufgabe der Artillerie ist. Die Wärme dehnt die Körper aus, verringert sich aber dadurch für das Gefühl u. s. f. Die Gegenwirkung (Reaktion) ist immer genau so groß wie die Wirkung (Aktion) selbst, das heißt, sie kann genau ebensoviel Arbeit leisten wie die Wirkung. Sie ist manchmal nicht so augenfällig wie die Wirkung, aber nichtsdestoweniger von der gleichen Bedeutung. So bietet die aus der Kanone herausgeschleuderte Kugel viel Auffallenderes dar wie die zurückfahrende Kanone; der Weg, den sie macht, ist außerordentlich viel größer, die Verwüstungen, die sie anrichtet, sind viel deutlicher sichtbar. Das liegt aber lediglich daran, daß die Kugel viel kleiner ist als die Kanone, also auch weiter fortfliegen kann wie diese, und ferner, daß alle Einrichtungen an der Kanone schon so getroffen sind, daß ihre Energie sich in lauter unschädliche Arbeit aufzehrt; an sich ist diese Arbeit (abgesehen von inneren Sprengstoffen der Kugel) ganz genau so groß wie diejenige, die die Kugel als Masse verrichtet. Ebenso ist die Anziehung irgend eines Körpers auf die Erde genau so groß wie

diejenige der Erde auf ihn. Wir werden später noch näher ausführen, daß in Folge dessen nicht allein der Stein zur Erde, sondern auch die Erde zum Steine hin fällt; nur daß die Bewegung der Erde, weil ihre Masse so außerordentlich viel größer ist, viel kleiner, ja unmeßbar klein gegen diejenige des Steines ist. Würde der Mond zur Erde fallen, dann würde die Erde ihm sehr merklich entgegenkommen.

207. Das Gesetz von der Gleichheit zwischen Wirkung und Gegenwirkung ist von Newton erkannt und hat sich überall bewährt. Es hat eine eigenthümliche Folge, die auf den ersten Blick sehr verwunderlich, aber bei reiferer Ueberlegung selbstverständlich erscheint. Haben wir nämlich ein System von Körpern, die auf einander wirken, so ist die Gesammtheit der Gegenwirkungen genau so groß wie die der Wirkungen; ein solches System kann daher wohl in seinen einzelnen Theilen Bewegungen aufweisen, aber es kann sich nicht als Ganzes von selbst in Bewegung setzen. Dieses ist z. B. in unserem Sonnensystem der Fall, alle Körper desselben ziehen sich gegenseitig, wie wir noch genauer beschreiben werden, an, die Sonne zieht die Planeten und Monde, diese ziehen die Sonne und einander an. In diesem System ist auch viel Bewegung vorhanden, sehen wir aber von den fast unmerklichen Wirkungen der Fixsterne, die nicht zu unserem System gehören, ab, so kann sich unser Sonnensystem von selbst nicht durch den Raum in Bewegung setzen. Bewegt es sich, wie gleichfalls noch zu erwähnen sein wird, dennoch, so kann das nur durch andere Kräfte, die von außerhalb des Sonnensystems kamen, bewirkt worden sein.

Kräfte, die in einem System von Körpern zwischen ihnen wirken, nennt man innere Kräfte, andere, die von Wirkungen außerhalb des Systems herrühren, äußere Kräfte. Innere Kräfte wirken also nur im Innern, nicht nach Außen. Die Kräfte, die der Mensch hat, sind alles innere Kräfte; als solche können sie zwar die einzelnen Körpertheile, Hand, Fuß, Kopf u. s. f. bewegen, nicht aber eine Bewegung des ganzen Menschen von Ort zu Ort hervorzubringen. Wenn wir trotzdem zu gehen im Stande sind, so liegt das daran, daß wir bei jedem Ansetzen eines Fußes sofort einen Widerstand finden, nämlich den des Bodens; dieser Widerstand ist die äußere Kraft, welche nöthig ist, um das Gehen zu ermöglichen. Ist er zu schwach, so fällt das Gehen sehr schwer, so auf Eisflächen oder auf glattem Parket; auf einer vollkommen glatten Fläche würde kein Mensch gehen können. Das Nämliche gilt von der Drehung, wir würden uns auch nicht um uns herum drehen können, wenn die Füße keinen Widerstand im Boden fänden.

5. Unabhängigkeit aller Kraftwirkungen, Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

208. Alle Kraftwirkungen gehen völlig unabhängig von einander vor sich. Keine Kraft ändert die andere, vielmehr behält jede Kraft ihre Art, Größe und Richtung bei, mit welchen und wie vielen anderen Kräften sie auch zusammenwirken möge. Dieser Satz muß richtig verstanden werden; Jeder wird zunächst geneigt sein, ihm zu widersprechen, denn wenn wir z. B. einen Stein fallen lassen und dieser, ehe er die Erde trifft, auf einen Tisch stößt, so bleibt er daselbst liegen; hier stört also der Zusammenhang der Tischsubstanz, was auch eine Kraft ist, die Schwerkraft. Daß er sie stört, geben wir zu, aber ändern thut er sie nicht; der Stein unterliegt noch ganz derselben Schwerkraft auf dem Tische, der er im freien Falle an gleicher Stelle unterlegen wäre und auch in gleicher Richtung, statt zu fallen, drückt er nun. Also die Kraft hat sich nicht geändert, nur kommt ihre Wirkung in anderer Weise zum Vorschein. Und so haben wir den obigen Satz aufzufassen; durch das Zusammenarbeiten von Kräften können andere Wirkungen nach Außen sichtbar werden, als wenn eine der Kräfte für sich thätig gewesen wäre, aber die Wirkungen der einzelnen Kräfte in der gemeinsamen Thätigkeit bleiben dieselben.

Noch genauer können wir sagen: die Wirkung, welche entsteht, wenn die Kräfte gleichzeitig angreifen, ist genau dieselbe, wie wenn sie einzeln nach einander angreifen würden. Jede Kraft arbeitet im gleichzeitigen Wirken mit den anderen Kräften nach der ihr zukommenden Art, Energie, Richtung und Stelle; was zuletzt zum Vorschein kommt, ist genau so beschaffen, wie wenn wir erst die eine, dann die andere, dritte, vierte u. s. f. Kraft für sich allein in Thätigkeit gesetzt hätten. Treibt eine Kraft einen Körper nach Norden, eine andere zugleich nach Osten, so wird er zwar weder nach Norden noch nach Osten gehen, sondern nach einer Richtung zwischen Norden und Osten, die mehr nach Norden oder Osten neigt, je nachdem die erste oder zweite Kraft die stärkere ist; nach einem Punkte ganz derselben Zwischenrichtung wird er jedoch auch gelangen, wenn man erst die ihn nach Norden und dann die nach Osten treibende Kraft, oder umgekehrt, wirken läßt.

Wir folgern hieraus: Jede Kraft kann in eine beliebige Anzahl Theile, die nach beliebigen Richtungen wirken, zerlegt gedacht werden (Princip der Zerlegung der Kräfte). So, entsprechend dem vorigen Beispiel, eine nach einer Richtung zwischen Norden und Osten treibende Kraft in zwei Kräfte, von denen eine nach Norden, die andere nach Osten treibt.

Umgekehrt ergibt sich: Jede beliebige Zahl von Kräften,

die nach irgend welchen Richtungen wirken, kann zu einer einzigen Kraft oder zu einer beliebigen Zahl anderer nach anderen Richtungen wirkender Kräfte zusammengesetzt werden (Princip der Zusammenetzung von Kräften). So können wir zwei Kräfte, von denen eine nach Norden, die andere nach Osten treibt, uns durch eine einzige ersetzt denken, welche nach einer Zwischenrichtung wirkt.

Der Leser wolle jedoch darauf achten, daß diese beiden Sätze nur dasjenige aussagen, was wir im Gedanken mit den Kräften vornehmen können, nicht dasjenige, was thatsächlich geschieht. So verstanden sind sie aber von der größten Wichtigkeit für den rechnenden Techniker und Naturforscher, da sie ihm helfen, Wirkungen voraus zu bestimmen, die er sonst nicht leicht übersehen könnte. Daß dabei alle Kräfte mit dem gleichen Maaße gemessen sein müssen, z. B. alle mit der Schwerkraft der Erde, ist selbstverständlich, da man Größen, die mit verschiedenen Maaßen gemessen sind, überhaupt nicht zusammensetzen kann. Wir wollen einige Fälle betrachten, die für uns von Bedeutung sind.

209. Wir schicken jedoch erst Folgendes voraus. Wie jede Richtung, durch die einer geraden Linie dargestellt wird, kann man jede Größe durch eine Strecke auf dieser geraden Linie veranschaulichen. Hat man nur eine solche Größe, so kann man die Strecke ganz beliebig lang nehmen. Wenn jedoch mehrere Größen darzustellen sind, wird man für eine davon die Länge dieser Strecke auf der ihr zugehörigen Richtung zwar beliebig wählen, die Strecke für jede der anderen Größen aber in demselben Maaße länger oder kürzer als jene Strecke machen müssen, als die betreffende Größe beträchtlicher oder kleiner ist als die erste Größe. Bei der Darstellung der Kräfte läßt man die Richtungen von den Angriffspunkten der Kräfte ausgehen oder nach ihnen hinzielen und trägt die Strecken auf ihnen von den Angriffspunkten aus ab. Sind z. B. drei Kräfte vorhanden, die der Reihe nach 3, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ Mal so groß sind wie die Schwerkraft und von denen die erste an einem Punkte nach Norden, die zweite an einem anderen nach Osten, die dritte an einem dritten Punkte nach Südosten wirkt, so sind zunächst die Richtungen die geraden Linien, die von den Angriffspunkten der Kräfte nach Norden, Osten, Südosten ausgehen, oder die nach diesen Angriffspunkten von Süden, Westen, Nordwesten hinzielen. Wir stellen nun die Größe der ersten Kraft beliebig durch eine Strecke von z. B. 5 cm, welche auf der ihr zugehörigen Richtung vom Angriffspunkt aus abgetragen ist, dar; die beiden anderen Kräfte haben wir dann auf den zugehörigen Richtungen durch Strecken, die von den Angriffspunkten aus $5 \times \frac{1}{2} / 3$, $5 \times \frac{2}{3} / 3$, also $\frac{5}{6}$ und 1 cm betragen, zu veranschaulichen. Hätten wir zur Darstellung der Größe der ersten Kraft

15 cm gewählt, so würden die Strecken für die anderen beiden Kräfte sein $15 \times \frac{1}{3}$, $15 \times \frac{2}{3}$, also $2\frac{1}{2}$ und 3 cm u. s. f. Griffen ferner die drei Kräfte an demselben Punkte an, so würden diese Strecken auch von demselben Punkte ausgehen. Hiernach können wir uns jede an einem bestimmten Punkte angreifende Kraft und ihre Richtung durch eine gerade Linie von bestimmter Länge verfinnbildlichen, die von dem Angriffspunkt aus in der Richtung der Kraft verläuft.

Wir nennen diese Darstellung der Kräfte die graphische oder zeichnerische; sie gilt nicht bloß für Kräfte, die in einer Ebene wirken, sondern in gleicher Weise auch für solche, die im Raume thätig sind.

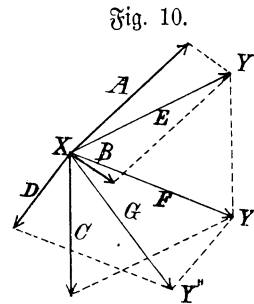
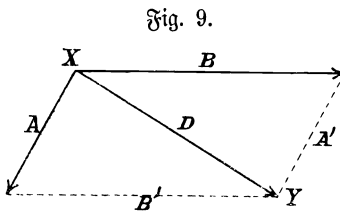
210. Nach dieser Vorbereitung können wir weiter gehen. Dabei nehmen wir zunächst an, daß alle Kräfte, die zusammengesetzt werden sollen, an einer und derselben Stelle wirken, alle also denselben Angriffspunkt haben.

a) Es mögen die Kräfte alle in einer und derselben geraden Linie wirken. Wirken sie in der geraden Linie auch nach derselben Richtung, z. B. alle nach Norden oder alle nach Süden, so hat man ihre Größen einfach zusammenzuzählen, um diejenige Kraft zu erhalten, welche in ihrer Wirkung sie alle zusammen ersetzt; und diese Kraft wirkt in derselben geraden Linie und nach derselben Richtung wie die einzelnen Kräfte. Wirkt ein Theil nach einer Richtung, ein anderer Theil nach der entgegengesetzten, z. B. der erstere nach Norden, der andere nach Süden, so zählt man die Größen in jedem Theil für sich zusammen und erhält dann zwei Kräfte, die in derselben Linie und einander entgegenwirken. Diejenige von ihnen, welche die größere Stärke hat, wird überwiegen, und zwar umsoviel, als ihre Stärke größer ist wie diejenige der anderen. Man bekommt also die schließlich ersetzende Kraft, indem man die schwächere von der stärkeren abzieht, die Richtung ist dann natürlich die der stärkeren.

b) Wenn die Kräfte nicht mehr in einer geraden Linie, aber wenigstens alle in einer und derselben Ebene wirken, wird auch die sie ersetzende Kraft jedenfalls in der nämlichen Ebene wirken. Ihre Größe, welche im ersten Fall in fast selbstverständlicher Weise angegeben werden konnte, ist jedoch nicht ohne Weiteres zu bestimmen. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man dabei in folgender Weise vorzugehen hat: Wir nehmen der Einfachheit wegen zuerst an, daß wir es nur mit zwei Kräften zu thun haben, die an dem nämlichen Punkte wirken. A und B seien in der Figur 9 auf der folgenden Seite ihre Größen und Richtungen in der zeichnerischen Darstellung, X sei ihr Angriffspunkt. Dann lautet die Regel: Man ziehe durch den Endpunkt von A eine Parallellinie B' zu B und durch den von B eine solche A' zu A; den Punkt Y, in dem sie sich schneiden, verbinde man mit dem Angriffs-

punkt, dann ist diese Verbindungslinie D in Richtung vom Angriffspunkt zum Schnittpunkt der Größe und Richtung nach die gesuchte zusammengesetzte Kraft, welche also dasselbe leistet, wie die beiden Kräfte zusammen. Bekanntlich nennt man eine Figur, die von vier Geraden begrenzt ist, von denen je zwei einander gegenüberliegende parallel (gleichlaufend) sind, ein Parallelogramm und die Linie, welche zwei gegenüberstehende Ecken verbindet, ihre Diagonale. Die Regel kann also auch so ausgedrückt werden. Man vervollständige die graphische Darstellung der beiden Kräfte zu einem Parallelogramm, und ziehe vom Angriffspunkt die Diagonale; diese ist dann in Größe und Richtung die gesuchte Kraft. Diese Regel heißt der Satz vom Parallelogramm der Kräfte.

Hat man mehr als zwei Kräfte, die an demselben Punkte angreifen, so setzt man erst nach der obigen Regel zwei Kräfte zu einer



zusammen, dann diese eine mit einer dritten der Kräfte zu einer neuen, dann diese neue mit einer vierten der Kräfte u. s. f., bis man ganz herumgekommen ist. Die obenstehende Figur 10 zeigt dieses Verfahren für vier Kräfte A, B, C, D , welche den Punkt X angreifen; A, B zusammengesetzt geben die Kraft $XY = E$, E und C zusammen die Kraft $XY' = F$, F und D zusammen die Kraft $XY'' = G$, welche hiernach alle Kräfte A, B, C, D ersetzt. Die Parallelogramme sind immer durch die gestrichelten Linien ergänzt.

c) Die Kräfte wirken an einem Punkte nach irgend welchen Richtungen im Raume. Da zwei gerade Linien, welche von einem Punkte ausgehen oder nach einem Punkte hinzielen, immer in einer Ebene liegen, gilt offenbar die unter b) angegebene Regel auch hier unverändert. Man setzt also erst zwei Kräfte nach dem Parallelogramm zusammen, dann die so erhaltene neue Kraft mit einer dritten der Kräfte, wieder nach dem Parallelogramm u. s. f. Dieser Fall ist also von dem vorigen gar nicht verschieden. Besonders Interesse bietet er, wenn es sich nur um 3 Kräfte A, B, C handelt; die nachfolgende Fig. 11 zeigt, daß dann die alle ersetzende Kraft durch die Diagonale $XY = D''$

einer körperlichen Figur gegeben ist, welche von 6 paarweise parallelen Ebenen begrenzt und als Parallelepiped bezeichnet wird. Für diesen besonderen Fall nennt man die Regel den Satz vom Parallelepiped der Kräfte. Es ist dies aber kein neuer Satz, sondern in dem vom Parallelogramm der Kräfte bereits enthalten.

211. Wenn die Kräfte nicht alle denselben Angriffspunkt haben, sondern ein Theil der Kräfte an einem, ein anderer Theil an einem anderen, ein dritter an einem dritten Punkte u. s. f. wirkt, so setzt man die an den einzelnen Punkten thätigen Kräfte nach den früheren Regeln für sich zusammen. Man erhält dann so viele einzelne ersetzende Kräfte als Angriffspunkte vorhanden sind. Wie man nun diese Kräfte zusammensetzt, soll für den wichtigsten Fall angegeben werden.

Die Kräfte mögen alle in parallelen Linien wirken, ihre graphischen Darstellungen bilden dann parallele Linien. Wir nehmen erst zwei solche Kräfte A, B, von denen eine am Punkte X, die andere am Punkte Y wirkt. Von den folgenden Figuren bezieht sich die Fig. 12,

Fig. 11.

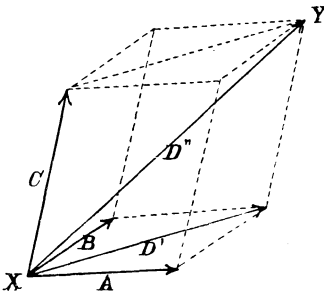
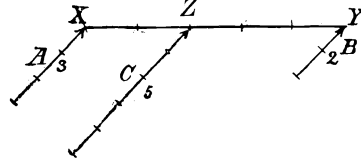


Fig. 12.

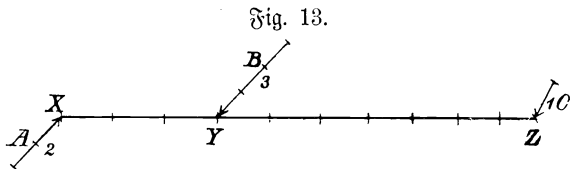


auf den Fall, daß die Kräfte nach denselben, die Fig. 13 auf der nächsten Seite, auf den Fall, daß sie nach entgegengesetzten Richtungen wirken. Die Regel ist die folgende:

Die ersetzende Kraft ist gleich der Summe der beiden einzelnen Kräfte, wenn diese in gleicher Richtung, und gleich der Differenz, wenn sie in entgegengesetzter Richtung wirken. Ferner stimmt ihre Richtung unter allen Umständen mit derjenigen der größeren von den beiden Kräften überein. Endlich befindet sich ihr Angriffspunkt näher der größeren der beiden Kräfte als der kleineren, und zwar liegt er auf der die Angriffspunkte der beiden Kräfte verbindenden geraden Linie, falls die beiden Kräfte gleich gerichtet sind, dagegen auf der am Orte der größeren Kraft verlängerten geraden Linie, wenn die beiden Kräfte entgegengesetzte Richtungen haben, immer aber so, daß seine Abstände von den beiden Angriffspunkten sich umgekehrt verhalten wie die Größen der zugehörigen beiden Kräfte.

In der obenstehenden Figur 12 ist angenommen, daß die Größe

der Kraft A gleich 3, die der Kraft B gleich 2 ist. In der Figur 13 dagegen ist angenommen, daß A gleich 2, B gleich 3 ist. Die ersetzende Kraft C ist hiernach für die erste Figur gleich 5, für die zweite gleich 1 und folgt in der ersten Figur der Richtung von A ebenso gut wie derjenigen von B, da hier A und B gleichgerichtet sind, in der zweiten dagegen derjenigen von B, weil A und B hier entgegengerichtet sind, und B größer ist als A. Der Angriffspunkt Z der ersetzenden Kraft liegt in Fig. 12 näher an A als an B, weil A größer ist als B, und zwar auf der Linie XY zwischen A und B; in der Fig. 13 näher an B als an A, weil hier B größer ist als A, und zwar hinter B auf der Verlängerung von XY über Y hinaus. Es verhält sich die Strecke



XZ zu derjenigen YZ wie A zu B, also wie 2 zu 3 in der ersten, wie 3 zu 2 in der zweiten Figur. In der ersten Figur theilt man also die Linie XY in 5 Theile ($2 + 3$) und zählt dann von X her 2 Theile ab, wodurch man zum Punkte Z gelangt. In der zweiten Figur verlängern wir die Linie XY über Y hinaus um das Doppelte ihrer Länge, wodurch wir zum Punkte Z für diesen Fall gelangen.

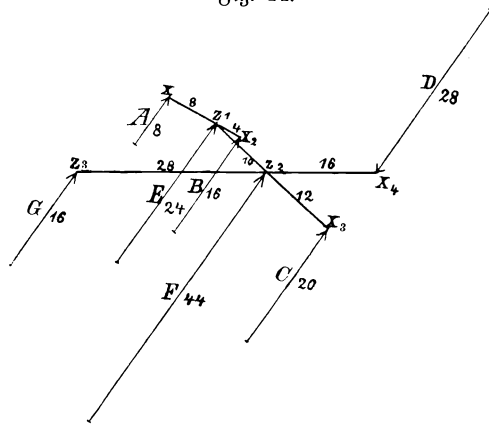
Denkt man sich die Größe der Kraft A mit der an ihr liegenden Strecke XZ und ebenso die der Kraft B mit der an dieser liegenden Strecke YZ multiplicirt, so erhält man beide Male dieselbe Zahl, nämlich 3×2 , also 6 und 2×3 , ebenfalls 6. Wir nennen diese beiden Produkte die Momente der beiden Kräfte; der Angriffspunkt der ersetzenden Kraft theilt also den Abstand zwischen den Angriffspunkten der beiden Kräfte so, daß ihre Momente einander gleich sind. Die Strecke zwischen den beiden ursprünglichen Angriffspunkten heißt der Hebel der beiden Kräfte, die Strecken zwischen diesen Angriffspunkten und dem Angriffspunkt der ersetzenden Kraft nennt man die Arme dieses Hebels oder die Hebelarme. Das Moment einer Kraft ist also das Produkt dieser Kraft in den dazu gehörigen Hebelarm. Die Kräfte multiplicirt mit den zugehörigen Hebelarmen sind also gleich.

In unseren Figuren 12 und 13 sind XY die Hebel, XZ und YZ die Hebelarme.

Wenn mehr als zwei solche Kräfte vorhanden sind, so setzt man davon erst zwei zu einer zusammen, dann diese mit einer dritten zu einer neuen, dann diese mit einer vierten u. s. f. zusammen. Jede Zusammenfassung von zwei Kräften liefert immer die sie ersetzende Kraft, ihre

Richtung und ihren Angriffspunkt. Die folgende Figur 14 bezieht sich auf vier solche Kräfte A, B, C, D, deren Angriffspunkte X_1, X_2, X_3, X_4 sind, und von denen D entgegengesetzt wirkt wie A, B, C. Die Größen dieser Kräfte sind zu 8, 16, 20, 28 gewählt (1 mm eine Kräfteinheit). A und B geben die Kraft E, welche an Z_1 auf der Linie X_1X_2 in Richtung von A und B mit der Intensität $8 + 16 = 24$ angreift. Dabei verhält sich X_1Z_1 zu X_2Z_1 wie 16 zu 8 oder 8 zu 4. Die neue Kraft E giebt mit der gleichgerichteten C die ebenso gerichtete ersetzende Kraft F, welche an Z_2 auf der Linie Z_1X_3 angreift und die Intensität $24 + 20 = 44$ hat; zugleich verhält sich Z_1Z_2 zu X_3Z_2 wie 20 zu 24 oder 10 zu 12. Endlich giebt die Kraft F mit der entgegengerichteten D zusammengesetzt die Kraft G, deren Stärke $44 - 28 = 16$ beträgt, die hiernach in Richtung der Kräfte A, B, C wirkt, und an einem Punkte Z_3 angreift, welcher in der Verlängerung von X_4Z_2 über Z_2 hinaus (weil in Z_2 die größere der beiden Kräfte F, D angreift und F entgegengesetzt gerichtet ist wie D) liegt, so weit von Z_2 absteht, daß die Strecke Z_2Z_3 sich zu der Strecke X_4Z_2 so verhält wie 28 zu 44 oder 7 zu 11. Die Kraft G ersetzt alle 4 Kräfte.

Fig. 14.



Mit Leichtigkeit sieht man nun: die ersetzende Kraft ist allgemein gleich dem Unterschied zwischen der Summe aller nach der einen Richtung und derjenigen aller nach der entgegengesetzten Richtung wirkenden parallelen Kräfte. Sie folgt der Richtung derjenigen Kräfte, deren Summe die größere ist, und hat einen bestimmten Angriffspunkt, welcher wie oben angegeben, zu ermitteln ist. Im vorstehenden Beispiel wirkten die Kräfte A, B, C nach einer Richtung, ihre Summe ist $8 + 16 + 20$, das ist 44, die Kraft D wirkte nach der entgegengesetzten, ihre Größe war 28; die ersetzende Kraft hat also die Größe $8 + 16 + 20 - 28$ das ist 16, wie bereits angegeben, und ihre Richtung folgt derjenigen der Kräfte von der größeren Gesamtwirkung, das ist der Kräfte A, B, C.

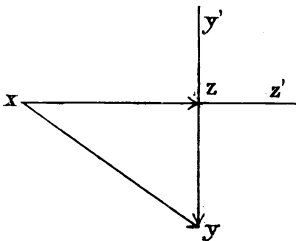
Ferner sieht man: Wenn die Richtung aller Kräfte zugleich beliebig gedreht wird, so jedoch, daß die Kräfte nicht aufhören parallel zu bleiben, so dreht sich die ersetzende Kraft in ganz gleicher Weise.

Bleiben dabei die Größen der Kräfte und ihre Angriffspunkte ungeändert, so ändert sich auch die Größe der ersetzenden Kraft nicht und auch ihr Angriffspunkt bleibt der nämliche.

212. Man nennt den Angriffspunkt derjenigen Kraft, welche eine Reihe parallel wirkender Kräfte ersetzt, den Mittelpunkt der Kräfte oder ihren Schwerpunkt. Er hat seinen letzteren Namen von der Anwendung auf eine besondere Erscheinung, die wir später betrachten werden.

Nur in einem Falle versagt die Konstruktion, wenn nämlich zwei Kräfte mit genau gleicher Stärke in verschiedenen Punkten wirken, aber nach entgegengesetzten Richtungen. Zwei solche Kräfte nennt man ein

Fig. 15.



Kräftepaar, sie haben keine ersetzende Kraft. Weiter führen wir die Untersuchung nicht; wir merken nur an, daß allgemein der Satz gilt, daß alle Kräfte, wie sie auch wirken mögen, zu einer Kraft und einem Kräftepaar zusammengesetzt werden können.

213. Was die Zerlegung der Kräfte anbetrifft, so kann diese selbstverständlich in ganz beliebiger Weise ausgeführt werden, man hat nur den umgekehrten Weg einzuschlagen wie bei der Zusammensetzung.

Insbefondere bekommen wir von einer Kraft den nach einer bestimmten Richtung wirkenden Theil, wenn wir von dem Endpunkt der sie nach Richtung und Größe darstellenden Linie auf diese Richtung ein Loth fallen. Die Stelle vom Angriffspunkt bis zum Endpunkt dieses Loths stellt diesen Theil dar. In der obigen Figur 15 ist XY die Darstellung der Kraft nach Größe und Richtung und XZ der in Richtung von XZ, ZY der in Richtung von YZ wirkende Theil davon, da die Linie YZ senkrecht zu XZ gezogen ist.

6. Gleichgewicht und Wirkung der Kräfte.

214. Wenn ein Körper in völliger Ruhe verharrt, indem er weder sich bewegt noch seine Gestalt wechselt, noch sonst irgend eine Veränderung erfährt, oder indem er immer mit einer und derselben Geschwindigkeit in einer und derselben Richtung forteilt, so können wir entweder schließen, daß keine Kräfte zur Herbeiführung von Veränderungen vorhanden sind, oder daß zwar solche Kräfte wohl da sind, aber von anderen Kräften in ihrer Wirkung gehemmt werden. Der erste Fall hat kein besonderes Interesse. Im zweiten aber muß gefragt werden, unter welchen Umständen sich Kräfte in ihrer Wirksamkeit vollständig

hemmen können. Man sagt von einem Körper, der in seinem Zustand gar keine Veränderung erfährt, er befinde sich im Gleichgewicht, und von den ihn trotzdem etwa angreifenden Kräften, sie hielten einander das Gleichgewicht. Die Lehre von dem Gleichgewicht der Kräfte heißt Statik. Für dieses Gleichgewicht der Kräfte gilt nun folgender Satz:

Wirken an irgend einer beliebigen Anzahl von Stellen irgend welche Kräfte gleicher Art, so halten sie sich das Gleichgewicht, wenn die sie alle ersetzende Kraft gleich Null ist und ein Kräftepaar nicht vorhanden ist.

Wir wollen diesen Satz durch einige Beispiele klar machen.

215. Wir schicken jedoch noch folgende Bemerkung voraus. Oft sieht man einen Körper in Ruhe verbleiben, wiewohl er von Kräften angegriffen wird, die dem Augenschein zufolge ihn in Bewegung setzen sollten. In diesen Fällen sind immer Widerstände vorhanden, welche den Kräften widerstreben und ihnen das Gleichgewicht halten. So ist, wenn gegen einen Tisch gedrückt wird, der Druck die augenscheinliche Kraft; was diesem Druck das Gleichgewicht hält, ist der Widerstand der Tischplatte. Sandkörner, die zu einem Sandhaufen aufgeschichtet sind, werden von der Erde herabgezogen; was sie am Herabfallen hindert, ist die Reibung, die sie zu überwinden haben. Bei allen Aufgaben über das Gleichgewicht sind also die Widerstandskräfte mit in Betracht zu ziehen; sie sind wie gewöhnliche Kräfte zu behandeln und in Rechnung zu setzen. Wir werden sie darum von diesen auch nicht trennen, sondern verstehen unter Kraft allgemein auch diese Widerstandskräfte.

216. Eine Kraft für sich allein kann natürlich nicht im Gleichgewicht sein. Zwei Kräfte können sich das Gleichgewicht wohl halten, aber nur dann, wenn sie den nämlichen Punkt angreifen und mit gleicher Stärke nach entgegengesetzten Richtungen wirken. Auch mehr Kräfte als zwei vermögen sich nicht unter allen Umständen das Gleichgewicht zu halten.

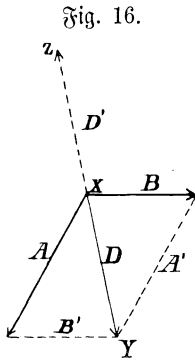
Es mögen zunächst die Richtungen beliebig vieler Kräfte alle in einer Linie liegen und es mögen alle Kräfte dieselbe Stelle dieser Linie angreifen. Sofort ist zu sehen, daß, wenn sie alle von derselben Seite an dieser Stelle wirken, ein Gleichgewicht nicht möglich ist. Wohl aber ist Gleichgewicht möglich, wenn ein Theil der Kräfte nach der einen, ein anderer nach der entgegengesetzten Richtung wirkt. Dieses Gleichgewicht tritt ein, wenn die einen in der Summe genau so groß sind wie die anderen; die alle zusammen ersetzende Kraft ist dann in der That gleich Null.

Hieraus können wir noch den Satz ableiten, daß das Gleichgewicht an einer Stelle nicht gestört wird, wenn man auf dieselbe noch weitere

Kräfte wirken läßt, falls diese nur genau gleich und entgegengesetzt gerichtet sind.

Sind die Richtungen der Kräfte gegen einander geneigt, so können sie sich nur dann das Gleichgewicht halten, wenn sie mindestens zu dreien auftreten. Einen Fall, in dem drei Kräfte sich das Gleichgewicht halten, können wir leicht bilden. Er ist wichtig, weil er uns sofort zu einem allgemeinen Satz führt.

Verlängern wir nämlich in unserer Figur 9, die wir hier in hierzu geeigneterer Gestalt als Fig. 16 wiederholen, die Diagonale D , welche die ersetzende der Kräfte A und B darstellt über X hinaus um ihre eigene Länge, so daß D' oder XZ gleich D oder XY ist, und denken uns D' als Kraft, welche in X entgegengesetzt wie D wirkt, so werden D' und D sich das Gleichgewicht halten; also werden sich, weil D die Kräfte A , B ersetzt, auch D' , A und B das Gleichgewicht halten. Dieses ist also ein Fall, wo sich drei Kräfte das Gleichgewicht halten.



Wir folgern aber hieraus allgemein: Man kann zu jeder beliebigen, irgend welche Punkte angreifenden Zahl von Kräften immer eine Kraft finden, die ihnen allen das Gleichgewicht hält, indem man die Ersetzende aller dieser Kräfte aufsucht und sich eine Kraft schafft, die an der Angriffsstelle dieser ersetzenden Kraft in gleicher Stärke, aber entgegengesetzter Richtung wirkt. Ist auch noch ein Kräftepaar vor-

handen, so hat man auch ein diesem gleiches aber entgegen wirkendes Kräftepaar anzuwenden.

Sind z. B. 21 Seile irgendwie mit einander verknüpft und ziehen 20 Leute an 20 davon, wodurch alles in Bewegung geräth, so kann ich trotzdem alles zur Ruhe bringen und die Mühe der 20 Leute vergeblich machen, wenn ich am 21sten Seil mit einer Kraft, welche der ersetzenden Kraft jener 20 Leute gleich kommt, nach der dieser Kraft entgegengesetzten Richtung ziehe. Heben Arbeiter an Stricken einen Rammkloß zu einer bestimmten Höhe empor, wo sie ihn festhalten, um ihn nachher erst fallen zu lassen, so wirkt ihre gemeinsame Kraft in gleicher Größe wie die Schwere des Kloßes, aber nach entgegengesetzter Richtung. Ebenso wirkt der Widerstand einer Unterlage gegen ein darauf stehendes Gewichtstück in gleicher Größe wie die Schwere des Gewichtstückes, aber nach entgegengesetzter Richtung.

217. Hängen wir an jedem Ende einer Stange ein Gewicht auf und nehmen diese Stange auf den Nacken, so hat dieser einen Widerstand von der Schwere beider Gewichte zu leisten, und zwar nach der

entgegengesetzten Richtung, also nach oben. Gleiches gilt von einem aufrecht stehenden Pfosten, auf den wir die Stange auflegen. Legen wir sie so auf, daß sie gerade an der Stelle unterstützt wird, welche der Angriffspunkt der ersetzenden Kraft für die Schwere der beiden Gewichte ist, so bleibt die Stange im Gleichgewicht, falls sie so gelagert ist, daß die Richtung dieser ersetzenden Kraft innerhalb des Pfostens verläuft. Der Pfosten hat dann eine Kraft zu ertragen, welche gleich ist der Summe der Schwere der beiden Gewichte, und dieser Kraft muß er Widerstand leisten; dieser Widerstand geht nach oben und hält den beiden anderen Kräften das Gleichgewicht. Kann er das nicht, so bricht er zusammen, das Gleichgewicht ist verloren. Ebenso existirt kein Gleichgewicht, wenn die Stange an einer anderen Stelle unterstützt ist als an der Angriffsstelle der die Schwere der Gewichte ersetzenden Kraft (von der Schwere der Stange selbst ist dabei abgesehen).

Hieraus und aus dem, was wir früher über die Lage dieser Angriffsstelle gesagt haben, folgt der Satz:

An einem unterstützten Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn die Momente der an den Enden angreifenden Kräfte einander gleich sind, falls nicht etwa die Kräfte einander entgegengerichtet sind.

Dieser Satz ist bereits im Alterthume von dem berühmten Mathematiker Archimedes gefunden worden. Die Kräfte stehen alsdann im umgekehrten Verhältniß ihrer von ihren Angriffspunkten bis zum Unterstützungspunkt gemessenen Hebelarme. Je größer also der Hebelarm einer Kraft ist, um so größer ist deren Wirkung, je kleiner, um so kleiner. Will man mit kleinen Kräften große überwinden, so hat man diese an kurzen, jene an langen Armen zu benutzen. Es bedarf also nur eines hinreichend festen Unterstützungspunktes für den Hebel, um mit seiner Hülfe auch durch kleine Kräfte jede beliebig große Kraft überwinden zu können. Das hat Archimedes gleichfalls erkannt, von ihm rührt der Ausspruch her: „Gieb mir einen festen Punkt im Weltall, so will ich dir die Erde heben“. Der feste Punkt soll zum Stützen irgend eines Punktes eines Hebels dienen, wie in obigem Beispiele der Pfosten einen hat, oder eine Kette oder Schnur, an welche der Hebel angehängt wird, geben würde. In der That findet auch der Hebel die vielseitigste Anwendung in der Technik und im Verkehr. Die Wirksamkeit aller Kurbeln, Räder, Transmissionen u. s. f. läßt sich auf diejenige von Hebeln zurückführen. Mit am bekanntesten ist die Anwendung der Hebel bei den Waagen, davon wird später die Rede sein.

218. Doch kann man natürlich auch mit Hülfe des Hebels Arbeit aus Nichts nicht schaffen. Die kleine Kraft wirkt an einem großen, die große an einem kleinen Hebelarm; die Wege, welche die Angriffspunkte zurücklegen, stehen also im Verhältniß der Längen dieser Hebelarme,

also leistet die kleine Kraft am großen Hebelarm genau die nämliche Arbeit wie die große am kleinen. Sie leistet sie auf einer langen Strecke, die große dagegen nur auf einer kurzen. Man drückt sich manchmal auch so aus, daß man sagt, was an Kraft gespart wird, geht an Zeit verloren; aber der Leser sieht, daß es zutreffender ist, zu sagen, geht an „Weg“ verloren. So sind an einer Centesimalwaage die Bewegungen der Gewichtschale unmittelbar auffallend, die der Brücke dagegen fast ganz unsichtbar.

Wir haben bisher von den Kräftepaaren abgesehen; ein Kräftepaar kann nicht in Gleichgewicht sein. Zwei Kräftepaare vermögen es nur dann, wenn sie in gleicher Stärke nach entgegengesetzter Richtung wirken. Weiter gehen wir auf diese Verhältnisse nicht ein, weil sie für uns von geringerem Interesse sind, und ohne tiefere Untersuchungen sich nicht gut darstellen lassen.

219. Wenn Kräfte nicht im Gleichgewicht sind, so bringen sie irgend eine Wirkung hervor. Die Lehre von dem Verhältniß der Kräfte zu ihren Wirkungen heißt die Dynamik. Statik und Dynamik zusammen bilden die Mechanik. Die Wirkungen der Kräfte sind nun ungemein mannigfaltig. Sie umfassen alle Vorgänge in der Natur und bilden mit den Kräften zusammen die Naturerscheinungen. Sie gehören nicht mehr in dieses Kapitel, welches der Darlegung der allgemeinen Verhältnisse gewidmet war. Wir behandeln sie in neuen Kapiteln, soweit sie für uns in Frage kommen, einzeln und möglichst genau.

Wir theilen das Gesamtgebiet der Naturerscheinungen ein in mechanische Erscheinungen, sodann solche des Lichts, des Schalls, der Wärme, der Elektrizität und des Magnetismus, zuletzt der Chemie. Die chemischen Erscheinungen sind bereits im ersten Theil behandelt, auch von den an erster Stelle genannten Erscheinungen ist manches in diesem ersten Theil bereits zur Sprache gekommen. Alle Erscheinungen aber, so verschiedenartig sie uns auch vorkommen mögen, sind den beiden Prinzipien von der Erhaltung der Materie und derjenigen der Kraft unterworfen. Hierauf wird bei der Behandlung der einzelnen Erscheinungen jedesmal hingewiesen werden.

Zweites Kapitel.

Von den Bewegungen und den mechanischen Kräften.

1. Von den Bewegungen.

220. Die mechanischen Erscheinungen bestehen in Bewegungen der Körper und Formenänderungen in denselben, doch resultiren die letzteren auch nur aus Bewegungen, so daß wir es lediglich mit diesen zu thun

haben. Wir theilen alle Bewegungen in drei Arten ein: fortschreitende Bewegung (Translation), Drehung (Rotation), Schwingung (Oscillation). Die erste Art begreift Bewegungen, wodurch die Körper eben fortschreiten und sich von Ort zu Ort hinbegeben. Die Bewegung eines Geschosses, Schiffes, das Gehen sind alles fortschreitende Bewegungen. Drehungen sind Bewegungen um feste Linien, die Axen heißen, oder um Punkte, so die Bewegung eines Rades um seine Welle, des Kreißels auf seiner Spitze u. s. f. Schwingungen werden am besten durch die Bewegung eines Uhrpendels charakterisirt; dahin gehören auch die Bewegungen der Saiten an den Musikinstrumenten, der Zungen an Pfeifen, der Membranen der Telephone u. s. f. Die Grenzen zwischen diesen drei Arten von Bewegungen lassen sich selbstverständlich nicht scharf ziehen; die Bewegung der Erde um ihre Aze ist eine Drehung, die Bewegung um die Sonne wird man zunächst wohl als fortschreitende Bewegung auffassen, sie kann aber auch angenähert als Drehung um eine durch die Sonne gehende feste Aze angesehen werden. Aehnlich ist die Schwingung des Pendels zugleich ein fortschreitende Bewegung und eine Drehung um den Aufhängungspunkt. Wollen wir festere Charakterisirung haben, so können wir sagen: Schwingungen sind Bewegungen, durch welche die Körper hin und her zwischen festen Grenzen gehen, Drehungen solche, bei welchen eine Linie des Körpers oder ein Punkt unbewegt festbleibt, fortschreitende Bewegungen alle anderen.

Eine Bewegung kann in die andere umgewandelt werden; so die fortschreitende Bewegung der Kolbenstange einer Lokomotive in Drehbewegung der Räder vermittelt der Kuppelung durch die Kurbeln. Ebenso die Drehbewegung der Räder in fortschreitende der Wagen u. s. f. Auch können die verschiedenen Bewegungen zugleich stattfinden. Die Treibkreisel, mit welchen die Kinder spielen, haben fortschreitende und Drehbewegung, ebenso die Räder an den Wagen, gleiches gilt von der Erde im Durcheilen des Raumes; der Mensch beim Gehen hat fortschreitende und schwingende Bewegung, beim Tanzen auch noch drehende; und so ließen sich die Beispiele in's Unendliche häufen.

221. Bei jeder Bewegung unterscheidet man ihre Bahn, Richtung, Stärke und etwaige Veränderung. Die Bahnen können gerade Linien bilden oder krumme, wie Kreislinien, oder gewundene, wie Spirallinien u. s. f. Was die Richtung anbetrißt, so ist diese immer die Richtung der Bahn selbst. Sie ist konstant die nämliche bei gerader Bahn und wechselt stetig bei krummen Bahnen.

Die Stärke der Bewegung nennt man die Geschwindigkeit. Sie wird gemessen durch diejenige Strecke, die der Körper in bestimmter Zeit zurücklegt, z. B. in einer Sekunde; eine Geschwindigkeit von

600 $\frac{\text{Meter}}{\text{Sekunde}}$ bedeutet hiernach, daß der Körper in der Sekunde 600 Meter zurücklegen soll, ebenso eine von 4 $\frac{\text{Meilen}}{\text{Sekunde}}$ eine solche, in der der Körper durch vier Meilen in der Sekunde forteilt. Man muß hiernach stets angeben, um welche Strecke und um welche Zeit es sich dabei handelt. Oft läßt man die Angaben fort; alsdann setzt man voraus, daß sie bekannt seien. Bei Drehbewegungen giebt man wohl auch die Anzahl der Umdrehungen in einer Sekunde oder Minute an, die Tourenzahl, bei Schwingungsbewegungen die Zahl der Schwingungen, Schwingungszahl. Geschwindigkeiten giebt es in der Natur in allen möglichen Abstufungen. Die größten, die wir genauer kennen, kommen den Himmelskörpern zu und betragen bis zu 100 und mehr Meilen in der Sekunde.

Endlich die Veränderung der Bewegung kann zweierlei betreffen: die Richtung und die Stärke. In ersterer Beziehung ist nicht viel zu sagen; wenn die Richtung sich plötzlich ändert, bekommt die Bahn eine Umknickung, ändert sie sich allmählig, so wird die Bahn krumm oder gewunden. Bahnen ohne Richtungsänderung sind gerade. Aenderungen der Bewegungsstärke, der Geschwindigkeit, nennt man Beschleunigungen, wenn sie eine Verstärkung der Bewegung hervorbringen, Verzögerungen, wenn sie die Bewegung schwächen. Ein jeder Körper, der zur Erde fällt, nimmt fortwährend an Geschwindigkeit zu, seine Bewegung ist also eine beschleunigte; ein jeder in die Höhe geworfener dagegen verliert im Aufsteigen fortwährend an Geschwindigkeit, dessen Bewegung ist eine verzögerte.

222. Fortschreitende Bewegungen sind gleichförmig, wenn sie mit gleicher Geschwindigkeit in stets gleicher Richtung vor sich gehen. Sie sind ungleichförmig, wenn Geschwindigkeit oder Richtung oder beides variiert. Jede fortschreitende Bewegung, die von Kräften weder unterhalten noch gestört wird, ist eine gleichförmige. Körper, die sich in solcher Bewegung befinden, eilen also in gerader Linie mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit fort. Jede Veränderung einer Bewegung, sei es in der Richtung oder in der Geschwindigkeit, kann nur durch eine besondere Kraftwirkung erfolgen. Sehen wir also z. B. einen Körper mit wachsender oder abnehmender Geschwindigkeit sich in gerader Linie, oder mit gleichbleibender Geschwindigkeit im Kreise, oder sonst irgend einer krummen oder geknickten Bahn sich bewegen, so sind wir sicher, daß auf ihn irgend welche Kräfte wirken.

Wie es fortschreitende Bewegungen ohne äußere Kraftwirkungen giebt, so existiren auch Drehungsbewegungen ohne solche Kraftwirkungen. Sie geschehen dann gleichfalls mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit und außerdem mit unveränderlicher Axe. Letzteres bedeutet, daß nicht

allein die Aze immer durch dieselben Punkte des Körpers geht, sondern daß sie auch im Raume immer dieselbe Richtung hat, selbst dann, wenn der Körper durch diesen Raum fortreift. Dieses ist z. B. der Fall bei der Erde (abgesehen von einer Störung, auf die hier nicht einzugehen ist), sie dreht sich um eine Aze mit ganz gleichbleibender Geschwindigkeit, ferner ist auch diese Aze in ihrem Körper immer an derselben Stelle, und endlich bleibt sich diese Aze im Raume, während die Erde um die Sonne herumläuft, stets parallel (die Folge davon ist der Wechsel der Jahreszeiten). Jede Veränderung in der Umdrehungsgeschwindigkeit eines sich drehenden Körpers, oder in der Lage und Richtung der Aze bedarf wiederum der Wirkung einer Kraft. Von letzterem kann man sich durch einen einfachen Versuch leicht überzeugen. Man setzt eine Scheibe um ihre Mitte in Drehbewegung; sucht man sie nun zu neigen, so fühlt man die Anstrengung, die man dazu machen muß, deutlich genug. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, daß Kreisel, die im Stillstande auf die Spitze gestellt, sofort umfallen, sich auf der Spitze halten, sobald man sie in Drehung gesetzt hat, so daß sie sogar durch seitliche Stöße nicht umgeworfen werden, wie man bei dem Treiben der Kreisel durch Peitschen in den Kinderspielen so oft zu sehen Gelegenheit hat. Ferner ergiebt sich gleicher Weise, daß man ausgedehnte Körper, wie Teller, Schüsseln u. s. f. viel leichter auf der Spitze eines Stockes balanciren kann, wenn man sie vorher in schnelle Drehung versetzt hat, als wenn man sie ruhend auflegt. Das wissen unsere Jongleure sehr gut; sie würden viele ihrer Balancirkunststücke nicht ausführen können, wenn sie von dieser Trägheitseigenschaft der Körper, nämlich ihre Rotationsaxe in gleicher Richtung festzuhalten, nicht Gebrauch machen würden. Auch ist es hinlänglich bekannt, um wie vieles leichter man sich auf dem Zweirad während des Fahrens im Gleichgewicht hält als im Stehen. Zwar ändern die Rotationsaxen der Räder fortwährend ihre Lage im Raume, aber solange man geradeaus fährt, bleiben sie sich stets parallel. Sobald man umbiegen will, muß man sich auch mehr vorsehen und mehr Kraft anwenden, und daß man beim Fahren um die Ecke mit besonderer Leichtigkeit fällt, weiß jeder Radfahrer. Die Radfahrer würden auch nicht mit so großer Eleganz etwas geneigte Chaussees ohne jede Nachhülfe herunterfahren können, wenn ihr Fahrzeug sich vermöge jener Trägheitswirkung nicht von selbst aufrecht hielte.

Schwingungsbewegungen bedürfen stets gewisser Krasteinwirkungen, weil es ja für sie charakteristisch ist, daß sie wiederkehren.

Die Wirkung einer Kraft ist um so größer, je kleiner die Masse ist, gegen welche sie gerichtet ist. Dieses ist fast selbstverständlich. Sie wächst in demselben Maße wie die Substanzmenge. Kleine Körper kann man mit Leichtigkeit fortschleudern, große erfordern mehr

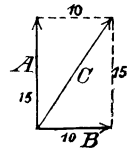
Anstrengung, und bei ganz großen reicht manchmal unsere eigene Kraft nicht aus, um ihnen eine nennenswerthe Bewegung zu ertheilen. Aus dem gleichen Grunde können Kräfte die Bewegungen kleiner Massen leicht und stark beeinflussen.

223. Den Widerstand, den ein Körper einer Aenderung seiner Geschwindigkeit entgegensetzt, nennen wir geradezu seine Trägheit. Zu ihrer Ueberwindung gehört eine Kraft, welche gleich ist der Masse des Körpers multiplicirt mit der zu bewirkenden Geschwindigkeitsänderung. Hiernach wird die Wirkung einer Kraft auf eine bestimmte Masse nach einer bestimmten Richtung gemessen durch das Produkt aus der Masse und der Beschleunigung oder Verzögerung, welche sie in der Bewegung nach der betreffenden Richtung hervorbringt. So bestimmt, nennt man die Kraft gewöhnlich eine bewegende Kraft, sieht man von der Masse ab, so heißt die Kraft eine beschleunigende bezw. verzögernde. Beispielsweise werden wir später sehen, daß die Erde die Körper derartig anzieht, daß jeder im Herabfallen in der Sekunde einen Geschwindigkeitszuwachs von etwa 9,8 m erfährt und im Aufsteigen eine Geschwindigkeitsverringerung von gleichem Betrage erleidet. Die beschleunigende Kraft der Erde kann also als durch diese Zahl 9,8 gemessen angesehen werden; sie ist für alle Substanzen gleich. Die bewegende ist das Produkt dieser Zahl in die Masse des Körpers, welche bewegt wird, also z. B. die bewegende Kraft auf die Masse 2 kg gleich $2 \times 9,8 = 19,6$ u. s. f.

224. Den Widerstand, den Körper einer Aenderung der Richtung ihrer Bewegung entgegensetzen, nennt man die Centrifugalkraft. Es ist dieses aber keine Kraft, sondern sie entspringt aus der Trägheit der Körper. Sie wächst mit der Masse, der Geschwindigkeit mit sich selbst multiplicirt und mit der Aenderung, welche die Richtung erfahren soll. Ein Körper, der im Kreise herumgeführt wird, äußert also einen Widerstand, der ihn vom Kreismittelpunkt forttreibt. Da die Erde sich um ihre Ase herumdreht, beschreiben alle Punkte Kreise, also haben auch alle Körper auf der Erde eine Centrifugalkraft. Sie würden von der Erde in Folge dessen davonfliegen, wenn sie nicht durch die Anziehungskraft der Erde festgehalten würden. Es kann sich aber ein Körper so schnell drehen, daß in der That die Centrifugalkraft den Zusammenhang seiner Theile überwindet und der Körper zerspringt. Deshalb werden rasch rotirende Körper, wie Räder, Centrifugen (z. B. in den Zuckerfabriken) mit Schuhhüllen umgeben. Deshalb auch fliegt bei im Kreise herumgeschleuderten Massen alles Lose möglichst an den Rand, wie Luft, Flüssigkeit u. s. f., und es dienen die Centrifugen zur Ventilation oder um Körper von anhängenden Flüssigkeiten (wie Zucker vom Syrup, Wäsche vom Wasser u. s. f.) zu befreien.

225. Zuletzt haben wir noch zu erwähnen, daß man Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsänderungen genau so darstellt wie Kräfte. Da jede Bewegung Richtung hat, vereinigt man mit der Darstellung für die Größe auch diejenige der Richtung, stellt also jede Geschwindigkeit und jede Geschwindigkeitsänderung durch eine gerade Linie dar, welche in Richtung der Bewegung bezw. der Aenderung liegt. Zwei Geschwindigkeiten, von denen die eine nach Norden, die andere nach Osten geht und von welchen jene 2mal so groß ist wie die zweite, werden also durch 2 gerade Linien repräsentirt, deren erstere nach Norden hinweist, die zweite nach Osten, und von denen jene 2mal so lang ist wie diese. Wenn zwei oder mehr verschiedene Kräfte einen Punkt nach verschiedenen Richtungen treiben, so kann man das so ansehen, als ob sie ihm nach verschiedenen Richtungen Geschwindigkeiten ertheilen. Er hat dann zugleich mehrere Geschwindigkeiten nach verschiedenen Richtungen; die sie darstellenden Linien gehen von dem nämlichen Punkte aus und werden ganz genau so zusammengesetzt wie Kräfte. Ueberhaupt gelten alle Regeln, die wir für die Darstellung, die Zusammenziehung und die Zerlegung von Kräften gegeben haben, in ganz gleicher Weise für Geschwindigkeiten und Aenderungen derselben, so daß nur darauf zu verweisen ist. Nur kann hier alles noch handgreiflicher gestaltet werden, indem man jede Darstellung einer Geschwindigkeit als eine Repräsentirung des Weges ansieht, den der Körper in bestimmter Zeit, z. B. einer Sekunde, nach der betreffenden Richtung wirklich zurücklegt, oder zurücklegen würde. Ist z. B. in dem obigen Beispiel die Geschwindigkeit nach Norden 15 m in der Sekunde, die nach Osten 10 m in der Sekunde, so kann man in der Zeichnung jedes Meter durch eine Strecke von 1 mm veranschaulichen; die beiden die Geschwindigkeiten darstellenden Linien in der Figur 17, A und B, haben dann 15 und 10 mm Länge. Die wirkliche Bewegung findet in Richtung der nach Nordosten führenden Diagonale des Parallelogramms statt, zu welchem diese beiden Linien ergänzt sind. Die Ausmessung mit einem Kantmaßstab zeigt, daß diese $18\frac{1}{2}$ mm lang ist; also bewegt sich der Punkt nach einer nordöstlichen Richtung mit einer Geschwindigkeit von $18\frac{1}{2}$ m in der Sekunde.

Fig. 17.



226. Die Energie, welche die Bewegung eines Körpers repräsentirt, heißt auch die lebendige Kraft der Bewegung. Sie ist gleich der halben Masse des Körpers zwei mal mit der Geschwindigkeit multiplicirt und stellt zugleich, wie in Art. 202 näher ausgeführt ist, die Arbeit dar, welche der Körper leistet, wenn seine Bewegung plötzlich aufgehoben wird. Es ist auch die Arbeit, die man leisten muß, um dem Körper die Geschwindigkeit, die er hat, zu ertheilen. Die gleiche Arbeit ist

auch gleich der bewegenden Kraft multiplicirt mit dem Wege, auf welchem diese wirkt.

Beispiele von Bewegungen werden wir in den folgenden Abschnitten mehrere kennen lernen.

2. Druck-, Zug- und Stoßkräfte.

227. Die in der Ueberschrift bezeichneten Kräfte sind unmittelbar wirkend. Druck und Zug sind nur durch ihre Richtung verschieden, jener sucht die Körper zusammenzupressen, dieser sie auseinanderzuziehen; Stoß wirkt im Wesentlichen wie ein Druck, der nur kurze Zeit andauert. Druck und Stoß entstehen, wenn Körper einander zu verdrängen suchen oder durch einander aufgehalten werden oder sich gegen einander stützen, Zug tritt auf, sobald sich Körper an einander ziehen. Druck und Stoß kann man als eine Folge der Undurchdringlichkeit der Materie ansehen, das heißt der Eigenschaft, vermöge deren ein Raum, der von einer Materie ausgefüllt ist, nicht zugleich auch von einer anderen ausgefüllt sein kann; Zug als ein Widerstreben der Körper gegen Veränderung des von ihnen ausgefüllten Raumes (der Form). Ohne Weiteres ist zu ersehen, daß diese Kräfte nur auf die Oberflächen der Körper unmittelbar wirken können; sind sie irgendwo im Inneren eines Körpers thätig, so kann das nur in der Weise geschehen, daß dort ein anderer Körper vorhanden ist, der seine Oberfläche hierzu bietet, oder daß man sich eine solche Oberfläche daselbst vorzustellen hat. Man nennt diese Kräfte deshalb auch Flächenkräfte. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß nur die Oberfläche die Veränderungen erleidet, sondern nur, daß der Angriff dieser Kräfte stets an einer Fläche, im Allgemeinen die Oberfläche, geschieht. Die Folgen dieses Angriffs können sich aber im ganzen Körper bemerkbar machen, oder auch nur in einzelnen Theilen. Drückt man also auf einen Körper, so treibt der Druck die Theilchen der Oberfläche vor sich her, diese Theilchen treiben dann die unter ihnen befindlichen, diese wieder die nächsten u. s. f., so daß durch den Druck an der Oberfläche die ganze Substanz des Körpers in Bewegung geräth. Hat der Körper kein Widerlager, so bewegt er sich, etwas zusammengedrückt oder auch ganz unverändert, je nach der Beschaffenheit seiner Substanz in Richtung des Druckes fort. Der Druck hat dann wie ein Stoß gewirkt und den Körper fortgeschleudert. Hat er ein solches Widerlager, das ihn stützt, so drückt er sich zusammen (z. B. wenn er gar nicht ausweichen kann), oder er wird auseinandergepreßt (z. B. wenn er zur Seite ausweichen kann) u. s. f., je nach der Beschaffenheit des Widerlagers und der Art des Druckes.

228. Man kann nun einen bestimmten Druck auf einen geringen Theil der Oberfläche eines Körpers concentriren oder auf einen größeren Theil vertheilen. In beiden Fällen ist die Größe des Gesamtdruckes

dieselbe, aber im ersten Fall hat der Druck an einer Stelle eine viel größere Wirkung als im zweiten. Wo es daher darauf ankommt, an einer Stelle etwas besonderes zu erreichen, zieht man den ganzen Druck auf diese Stelle zusammen. Dieses ist z. B. der Fall bei dem Lochen, wenn es durch Andrücken eines Werkzeugs geschieht; das Instrument wird darum spitz gemacht, damit der Druck der Hand oder eines Hammers oder einer Maschine möglichst auf eine Stelle concentrirt wird; ebenso bei dem Schneiden, Scheeren, Meißeln u. s. f., wo die ganze Kraft nur an sehr schmalen Flächen, den Schärfen oder Schneiden der Instrumente, wirkt; nicht minder beim Feilen, Poliren u. s. f. Ist es nicht angängig, den Druck auf eine Stelle oder auf schmale Flächen, wie in den vorigen Fällen, zu concentriren, so muß man die Druckkraft selbst vergrößern. Man giebt deshalb stets an, welche Druckkraft an einem bestimmten Theil einer Fläche — wofür meistens eine Flächeneinheit gewählt wird — wirkt oder wirken soll. Ganz dasselbe gilt für Zug und Stoß; Zahlenangaben für sie müssen sich immer auf bestimmte Flächenstücke beziehen, etwa auf Flächeneinheiten. Die Mittel, welche zur Messung dieser Kräfte dienen, werden wir im nächsten Abschnitt kennzeichnen.

3. Von der Schwerkraft der Erde.

a) Vertheilung auf der Erde.

229. Die Erde hat, wie schon oft bemerkt, die Eigenschaft, alle Körper auf ihr zu sich heranzuziehen und an sich festzuhalten. Wir nennen diese Eigenschaft die Schwerkraft. Wenn wir Körper von ihrer Oberfläche fortheben wollen, müssen wir diese Anziehung überwinden, dadurch bekommen wir das Gefühl, daß die Körper schwer sind. Aus dem gleichen Grunde übt ein Körper in der herabhängenden Hand einen Zug und in der aufgerichteten einen Druck nach unten. Ueberhaupt beansprucht jeder angehängte Körper den Gegenstand, an dem er angehängt ist, auf Zug, und jeder aufgesetzte seine Unterlage auf Druck, so daß sich die Fernwirkung der Schwere hierbei in unmittelbare Wirkungen umsetzt und wir eine durch die andere messen können. Beide, Zug und Druck, werden auch als Last des Körpers bezeichnet, sie sind also die Aeußerung der Anziehung der Erde auf den Körper. Diese Anziehung hängt nicht von der Beschaffenheit der Substanz der Körper ab, sondern nur von deren Menge; sie wächst in demselben Verhältniß wie die Mengen, also wie die Massen oder Gewichte der Körper. Große Gewichte sind deshalb viel schwerer als kleine, 2 kg sind doppelt so schwer wie 1 kg u. s. f. Die Schwere der Körper ist die bewegende Kraft der Schwerkraft der Erde auf sie. Welche Veränderungen man auch mit Körpern vornehmen mag, so-

lange ihre Substanzmengen dabei nicht verändert werden, bleiben sie gleich schwer, man mag sie im Uebrigen beliebig umformen, oder zertheilen, zu neuen Körpern zusammensetzen, oder in ihre Elemente auflösen u. s. f. Die Schwere der Körper auf der Erde ist also ebenso unveränderlich wie deren Massen (Art. 36). Doch bedarf dieser Satz einer gewissen Einschränkung, und zwar aus folgenden Gründen, zu deren Auseinandersetzung wir eine kleine Abschweifung machen müssen.

230. Bekanntlich ist die Erde eine große Kugel, welche sich um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Axe in 24 Stunden von Westen nach Osten herumdreht, wodurch der Wechsel von Tag und Nacht und der Eindruck, als ob die Sonne und die Gestirne in 24 Stunden in umgekehrter Richtung von Osten nach Westen sich um uns drehen, entsteht. Die beiden Punkte, in denen die Drehungsaxe der Erde ihre Oberfläche schneidet, heißen die Pole; der eine davon der Nordpol, der andere der Südpol; die Kreislinie, welche genau in der Mitte zwischen diesen beiden Polen um die Erde herumgelegt wird, deren Ebene also durch den Mittelpunkt der Erde geht und zugleich daselbst die Axe der Erde senkrecht schneidet und diese und natürlich auch die Erde in zwei gleiche Theile schneidet, wird der Aequator und die Ebene desselben die Aequatorebene genannt. Was nördlich davon ist, heißt die nördliche Halbkugel, was südlich, die südliche Halbkugel.

Sch erwähne ferner, daß, wenn man von irgend einem Ort auf der Erdoberfläche eine Linie nach dem Mittelpunkt der Erde sich gezogen denkt, diese Linie ein Radius heißt, und der Winkel, um welchen sie gegen die Aequatorebene geneigt ist, als die geographische Breite des Ortes bezeichnet wird. Orte, welche alle gleiche geographische Breite haben, liegen hiernach alle um die Erde herum auf einer Kreislinie, deren Ebene die Erdoberfläche senkrecht schneidet und von der Aequatorebene überall gleich weit absteht, ihr also parallel ist. Derartige Kreislinien heißen Breitenkreise. Denkt man sich ferner Ebenen gelegt, welche alle sächerförmig durch die Axe der Erde, also auch durch die beiden Pole hindurchgehen, so heißen diese Längen- oder Meridianebenen und die Kreislinien, in welchen sie die Erdoberfläche schneiden, Längens- oder Meridiankreise oder auch einfach Meridiane. Es ist klar, daß jeder Meridiankreis durch beide Pole gehen muß und daß jeder von ihnen alle Breitenkreise und auch den Aequator, der ja nichts anderes ist als ein Breitenkreis, nämlich der in der Mitte liegende, senkrecht schneidet.

Den Winkel, welchen eine durch einen Ort hindurchgehende Meridianebene mit einer anderen festen Meridianebene einschließt, nennt man die geographische Länge oder einfach die Länge des Ortes. Als feste Meridianebene nimmt man heutzutage diejenige, welche durch die englische Sternwarte in Greenwich hindurchgeht; die Fig. 18 zeigt diese

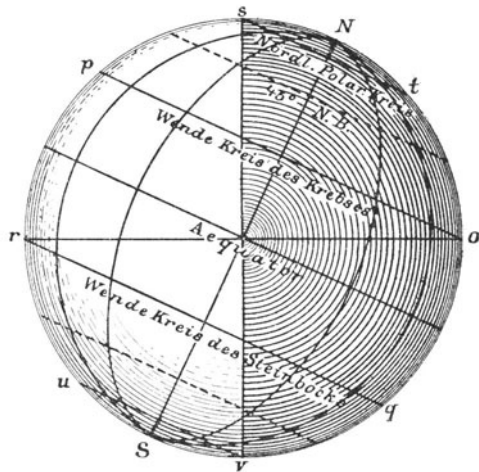
Ebenen und Kreise. Berlin z. B. liegt nördlich vom Aequator und östlich von Greenwich, seine geographische Breite ist $52\frac{1}{2}$ Grad nördlich vom Aequator und seine geographische Länge etwa $13\frac{1}{2}$ Grad östlich von Greenwich; die geographische Breite von New-York ist $40\frac{3}{4}$ Grad nördlich vom Aequator, die geographische Länge 72 Grad westlich von Greenwich, für Melbourne in Australien lauten die entsprechenden Angaben $37\frac{3}{8}$ Grad südlich vom Aequator und 145 Grad östlich von Greenwich. Orte auf dem Aequator haben alle die geographische Breite 0 Grad, vom Aequator aus wachsen die Breiten nach beiden Seiten, nach Norden und Süden, in den beiden Polen sind sie je 90 Grad. Die geographischen Längen wachsen nach Osten und Westen vom Meridian von Greenwich von 0 Grad bis 180 Grad.

Ferner hebe ich hervor, daß man an jedem Orte der Erde die Richtung nach ihrem Mittelpunkt als Lothrichtung bezeichnet; setzt man diese Richtung über der Erde fort, so heißt sie Scheiteldirection und der Punkt, in welchem sie den Himmel anscheinend schneidet, Scheitelpunkt oder auch Zenith. Jede Richtung senkrecht zu der Lothrichtung

heißt horizontal oder waagrecht; eine Ebene durch irgend einen Gegenstand senkrecht zu der Lothrichtung deshalb Horizontalebene und die Linie, in welcher sie den Himmel anscheinend schneidet, Horizont des Gegenstandes. Für den Menschen ist dieses die waagerechte Ebene durch sein Auge; der Horizont begrenzt ihm dasjenige, was er von der Erdoberfläche gerade übersehen kann. Wir kehren nach dieser Abschweifung auf das Gebiet der physikalischen Geographie zu unserem Gegenstande zurück.

231. Es hat sich nun zunächst herausgestellt, daß die Anziehungskraft der Erde mit der Erhebung über ihrer Oberfläche abnimmt, sie wird schwächer und schwächer je weiter man sich von der Oberfläche entfernt; steigt man so hoch wie die höchsten Spitzen der Berge, das ist etwa 9000 m, so hat die Schwerkraft der Erde um etwa $\frac{1}{550}$ ihres Betrages abgenommen. Diese Abnahme ist, wie man sieht, nur gering,

Fig. 18.



für die gewöhnlichen Verhältnisse kommt sie wenig in Betracht, den Grund dafür werden wir im nächsten Abschnitt einsehen. Wichtiger ist diejenige Aenderung, welche man an der Schwerkraft der Erde bemerkt, wenn man sich auf ihrer Oberfläche von Ort zu Ort fortbewegt. Man findet, daß zwar alle Orte auf gleichem Breitenkreise gleiche Schwerkraft haben, daß jedoch die Schwerkraft von Breitenkreis zu Breitenkreis sich ändert. Die Schwerkraft nimmt vom Aequator aus nach beiden Richtungen, nach dem Südpol und nach dem Nordpol hin, gleichmäßig zu und ist in den Polen am größten. Der Unterschied zwischen der Schwerkraft an einem der beiden Pole und an dem Aequator beträgt gegen $\frac{1}{200}$ des Betrages der Schwerkraft, also $\frac{1}{2}\%$. Am Aequator üben hiernach erst 1 kg und 5 g zusammen denselben Druck auf ihre Unterlage und denselben Zug auf ihre Aufhängung aus, wie an einem der beiden Pole bereits 1 kg allein. Der Mensch, dessen Durchschnittsgewicht etwa 70 kg beträgt, fühlt sich am Aequator um die Last von etwa 350 g leichter, als er sich an einem der Pole fühlen würde, und könnte dieses auch unmittelbar nachweisen, wenn er sich an einer Federwaage wiegen möchte. Für Berlin beträgt diese Zahl etwa 220 g, um die Last von 220 g muß er sich hier schwerer fühlen als am Aequator und dort leichter als in Berlin. Diese Abnahme der Schwerkraft von den Polen nach dem Aequator ist hauptsächlich eine Folge der Umdrehung der Erde um ihre Axe. Diese Umdrehung bewirkt, wie wir gesehen haben (Art. 224), daß alle Körper auf ihr von ihr fortstreben, sie haben Centrifugalkraft. Diese aber wächst mit der Geschwindigkeit, und da die Geschwindigkeit, mit der die Körper herumgeschleudert werden, von den Polen, wo sie 0 ist, bis zum Aequator, wo sie mehr als 460 m in der Sekunde beträgt, stetig zunimmt, wächst auch die Centrifugalkraft, also die der Anziehung der Erde entgegenwirkende Kraft. Daher jene Abnahme der Schwerkraft, die ja der Unterschied zwischen der eigentlichen Anziehungskraft der Erde und der Centrifugalkraft ist. Die Schwere der Körper ist also in der That nicht überall auf der Erde die nämliche; darf man aber etwa $\frac{1}{2}\%$ von ihrer Größe vernachlässigen, so kann man sie auch in Bezug auf den Ort, an welchem die Körper sich auf der Erde befinden, als ebenso unveränderlich ansehen wie die Menge der Substanz oder die Masse der Körper.

232. Die Schwerkraft der Erde wirkt überall in der Lothrichtung, also in Richtung einer Linie, welche nach dem Mittelpunkt der Erde hinführt. Gegenstände stehen auf der Erde deshalb nur dann fest, wenn sie sich in der Lothrichtung befinden. Aufrecht stehen heißt nichts anderes, als in der Lothrichtung stehen, schief stehen, geneigt dazu stehen. Der Mensch steht also aufrecht in Richtung der Lothlinie, ebenso alle Thiere, Pflanzen, Gebäude u. s. f.

Jedenfalls stehen sie nicht schief. Flüssigkeiten stellen sich stets so, daß sie überall gleich weit vom Erdmittelpunkt abstehen, das ist bereits in Art. 18 genau beschrieben, hier sieht man den Grund dafür ein. Wie man die Lothrichtung auffindet, ist bekannt genug; man hängt an einen Faden einen schweren Gegenstand, etwa ein Stück Blei, die Richtung des Fadens ist dann die Lothrichtung. Die früher behandelten Wasserwaagen oder Libellen geben die waagerechte oder horizontale Richtung, indem die Blasen in ihrer Erstreckung sich stets horizontal einstellen.

b) Schwerpunkt.

233. Die Wirkungen der Schwerkraft der Erde sind sehr mannigfaltig und alltäglich. Zunächst ist zu bemerken, daß die Erde jeden Theil eines Körpers für sich gesondert anzieht. Was wir also als Schwere eines Körpers bezeichnen, ist die Erzeugende der Anziehungen der Erde auf alle einzelnen Theile des Körpers. Die Richtungen dieser einzelnen Anziehungen laufen alle im Mittelpunkt der Erde zusammen. Da jedoch dieser Mittelpunkt von der Erdoberfläche so sehr weit entfernt ist (mehr als 6000 km), sind diese Richtungen selbst bei den größten Körpern, mit denen wir es praktisch auf der Erde zu thun haben, einander fast genau parallel, so daß wir sagen können, die Schwere eines Körpers ist die Erzeugende von parallelen Anziehungskräften, welche die einzelnen Theile angreifen. Wir erinnern nun an das, was in Art. 211 über die Zusammenfügung paralleler Kräfte gesagt ist. Da alle diese Schwerewirkungen in gleichem Sinne gerichtet sind, wird auch die sie erzeugende Kraft im nämlichen Sinne verlaufen, somit ist die Schwere des ganzen Körpers wie diejenige seiner einzelnen Theile nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtet. Außerdem ist sie nach den Lehren des gleichen Artikels gleich der Summe der Schwere der einzelnen Theile. Ueberhaupt ist die Schwere einer beliebigen Zahl getrennter oder zusammenhängender Körper gleich der Summe der Schwere der einzelnen Körper. Dieser Satz, der uns so selbstverständlich erscheint, ist es dem obigen zufolge durchaus nicht, er ist nicht einmal ganz streng richtig.

234. Wir haben ferner an gleicher Stelle gesehen, daß die Erzeugende paralleler Kräfte einen Angriffspunkt hat, und wir haben auch gezeigt, wie man diesen findet; es war der Mittelpunkt oder Schwerpunkt der parallelen Kräfte, und alle Kräfte wirken vereint so, wie wenn die Erzeugende in ihrem Angriffspunkte allein wirkte. Daraus folgt weiter, daß die Erde jeden Körper so anzieht, wie wenn seine ganze Masse in einem einzigen Punkte vereinigt wäre, nämlich in seinem Schwerpunkte. Wie man diesen Schwerpunkt durch einfache Versuche finden kann, ist leicht zu zeigen. Da nämlich die Schwerewirkung der Erde darin besteht, daß sie alle Körper

zu sich herabzieht und diese Wirkung auf die Körper ersetzt werden kann durch diejenige auf die Schwerpunkte, so können wir sagen, daß alle Körper, wenn sie Freiheit haben, es zu thun, sich unter dem Einfluß der Schwerkraft stets so stellen, daß ihr Schwerpunkt möglichst nahe der Erde, also möglichst tief steht. Fällt ein Körper frei, so geschieht dieses so lange, bis er auf die Erde gelangt ist. Ist der Körper z. B. an einen Faden gebunden, so hängt er herunter, und man mag ihn drehen und wenden wie man will, er stellt sich, sobald man ihn losläßt, immer in gleicher Weise ein, nämlich so, daß sein Schwerpunkt genau lothrecht unter dem Aufhängungspunkt liegt, weil er dann unter den gegebenen Verhältnissen die tiefste Stellung erreicht hat. Balancirt der Körper auf einem Punkt oder auf einer Aye, so kann er zwar auch stehen, wenn der Schwerpunkt gerade über dem Unterstützungspunkt oder der unterstützenden Linie steht, weil die Schwerkraft alsdann gerade durch die Unterstüzung hindurch wirkt, also an ihr einen Widerstand findet, von dem sie in Gleichgewicht gehalten wird. Sobald man ihn jedoch auch noch so leise anstößt, fällt er um. Will man Körper möglichst sicher stehen haben, so beschwert man sie unten; Wagen, die sicher fahren sollen, müssen darum oben leichter gebaut sein als unten. Man kann so Körper zum Aufrechtstehen bringen, die man sonst auf keine Weise im Aufrechtstehen zu erhalten vermöchte; z. B. eine Nadel, indem man sie durch einen Kork steckt und in diesen Kork zu beiden Seiten Gabeln einstößt, die wie Flügel nach unten gerichtet sind. Die Schwerpunkte der Gabeln liegen tief unterhalb der Spitze der Nadel, man kann diese nunmehr beliebig auf die Spitze eines beliebig, auch kegelförmig, gestalteten Körpers stellen, ohne daß sie umfällt; was ohne die Belastung nach unten durch die Gabeln wohl kaum Jemand gelingen würde.

235. Ferner sieht man, daß wenn man einen Körper erst an einem, dann an einem anderen, dann an einem dritten, vierten . . . Punkt nach einander aufhängt, und in jedem Falle als Aufhängungslinie diejenige bezeichnet, welche von dem Aufhängungspunkt durch den Körper hindurch lothrecht nach unten geht, daß also alle Aufhängungslinien innerhalb des Körpers sich in seinem Schwerpunkt schneiden müssen. Man findet also den Schwerpunkt eines Körpers, oder kann wenigstens dessen Lage im Innern des Körpers ungefähr nach dem Augenschein beurtheilen, wenn man den Körper erst an einem und dann an einem anderen Punkte aufhängt und beide Male die Richtung der Aufhängungslinie im Körper verfolgt. Ist die Substanz eines Körpers in seinem Innern ganz gleichmäßig vertheilt, so kann man oft aus dem bloßen Anblick der Form auf die Lage seines Schwerpunktes schließen. So stets dann, wenn seine äußere Gestalt regelmäßig ist; der Schwerpunkt ist dann die Mitte der Gestalt.

c) Die Waage.

236. Nunmehr können wir die Wirkungsweise einer für die Steuerverwaltung äußerst wichtigen Einrichtung mit Leichtigkeit erläutern, der Waage. Die Waage dient zur Abwägung von Substanzmengen durch Vergleichung mit bekannten Mengen, welches die Gewichte sind. Dieses geschieht dadurch, daß man die Schwerkraftwirkungen der Erde auf die abzuwägenden Körper und auf die Gewichte mit einander vergleicht. Demgemäß besteht die Waage in der bekanntesten und einfachsten Form aus einem Hebel, dem Waagebalken, und zwei an dessen Enden mittelst Gehänges angehängten oder aufgesetzten Schalen zur Aufnahme der Last und der Gewichte, Lastschale und Gewichtschale. Der Waagebalken ist in der Mitte mittelst Schneiden und Pfannen durch Aufhängung oder Aufsetzung gestützt. Er kann sich in beiden Fällen um die Schneide frei drehen und trägt einen Zeiger, an dem seine Drehung und Stellung gegen eine feste Marke beobachtet wird. Ebenso sind die Schalen gestützt und können sich gleichfalls frei drehen. Die Stützpunkte für Balken und Schalen sind also zugleich die Drehungspunkte.

Die Erde zieht den Waagebalken und die Gehänge und Schalen ebenso an, wie alle anderen Körper. Diese sind also zusammen für sich im Gleichgewicht, wenn ihr gemeinsamer Schwerpunkt genau lothrecht unter dem Stützpunkt des Balkens liegt (Art. 217). Die unbelastete Waage spielt dann ein, indem ihr Zeiger auf eine feste Marke hinzeigt. Sobald man auf eine der Schalen die Last aufstellt, ist das Gleichgewicht gestört, indem diese ihre Schale herunterzieht; will man das Gleichgewicht wieder herstellen, so hat man auf die andere Schale so viele Gewichte aufzusetzen, bis der gemeinsame Schwerpunkt von Waagebalken mit Gehänge und Schalen, Last und Gewichten wieder genau lothrecht unter dem Drehpunkte des Waagebalkens sich befindet. Dieses reicht aber für einfaches Wägen noch nicht aus, da schon Gleichgewicht eintreten kann, bevor noch der Waagebalken seine ursprüngliche Lage erreicht hat, er steht dann schief. Vielmehr muß man noch so viele Gewichte hinzufügen, bis der Balken überhaupt in diese ursprüngliche Lage zurückgekehrt ist, alsdann fällt nicht nur der gemeinsame Schwerpunkt aller Theile, sondern auch der des Balkens mit Gehängen und Schalen für sich wieder lothrecht unter den Drehpunkt des Balkens und die Waage spielt wieder ein. Jeder Wägung sollte hiernach erst eine Beobachtung der Stellung des Balkens, also seines Zeigers gegen eine feste Marke vorausgehen, es sollte also erst nachgesehen werden, ob die Waage leer einspielt. Wenn aber Balken und Schalen sammt Gehängen aus unveränderlichen Materialien gebaut sind und auch die Aufhängung oder Unterstüzung des Balkens und der Gehänge immer

an den nämlichen Stellen geschieht, stellt sich die Waage im unbelasteten Zustand von selbst schon in stets gleicher Weise ein, und man spart die erste Beobachtung. Waagen, welche aichfähig sind und den Nichtstempel tragen, sind so eingerichtet, daß das stets stattfinden soll; ihr Zeiger soll im unbelasteten Zustand stets einspielen; oder sie haben (wie z. B. die Brückenwaagen) eine Einrichtung, bestehend in einem kleinen auf dem Balken oder einem mit ihm fest verbundenem Theil frei zu verschiebenden und durch eine Schraube festzuklemmenden Laufgewicht, wodurch der Balken im unbelasteten Zustand stets in die Einspielungslage zurückgebracht werden kann, falls er dieselbe durch irgend welche Veränderungen verlassen haben sollte. Da übrigens auf Unveränderlichkeit bei keinem Dinge in der Welt mit Sicherheit gerechnet werden kann, ist es gut von Zeit zu Zeit bei allen Waagen sich davon zu überzeugen, ob sie im unbelasteten Zustand noch einspielen. Es können nämlich leicht Verrückungen der festen Theile, welche die Einspielungsmarke tragen, gegen die beweglichen, mit dem Zeiger versehenen, eintreten, wodurch die Einspielung völlig verändert wird. Gewisse Waagen sind, um solche Verrückungen durch den Augenschein zu erkennen, da sie auch noch andere gefährliche Einflüsse haben, mit Pendelzeiger versehen.

237. Wenn eine Waage einspielt und man auf eine der Schalen ein Gewicht legt, so kommt sie aus der Einspielungslage heraus und stellt sich in anderer Lage in Gleichgewicht. Je größer diese Entfernung, der Ausschlag, aus der Einspielungslage ist, um so empfindlicher ist die Waage, um so kleinere Gewichtsunterschiede kann man mit ihr bestimmen. Man bezeichnet als Empfindlichkeit einer Waage die kleinste Gewichtszulage, welche, zu der abzumiegenden Last hinzugethan, einen noch hinreichend deutlichen Ausschlag der Waage verursacht; je kleiner diese Zulage, um so empfindlicher ist die Waage, je größer, um so unempfindlicher. Man wird also in jedem besonderen Falle eine Waage zu benutzen haben, die eine solche Empfindlichkeit besitzt, daß man gegebene Mengen auf ihr mit der gewünschten Genauigkeit zu bestimmen vermag; z. B. muß eine Waage, mit der man 100 kg auf 50 g bestimmen will, bei dieser Belastung, nachdem sie zum Einspielen gebracht ist, für eine Zulage von höchstens 50 g zur abzuwägenden Last bereits deutlich ausschlagen. Man überzeugt sich also von der genügenden Empfindlichkeit, indem man nach Ausgleichung der Last durch Gewichte, bis die Waage einspielt, nunmehr zur Last so viele Gewichte noch hinzuthut, als man von ihr mindestens kennen will und zusieht, ob die Waage deutlich ausschlägt oder nicht. Findet das erstere statt, so ist die Waage ausreichend, andernfalls nicht. Es empfiehlt sich, die Empfindlichkeit von Zeit zu Zeit zu prüfen, weil sie durch Verstaubung und Verschmutzung an den Drehungsstellen des Balkens und der Schalen

und durch Abnutzung der Schneiden mitunter sehr erheblich verringert sein kann. Uebrigens sind die Waagen nicht für alle Belastungen gleich empfindlich und können überhaupt nicht für alle beliebigen Belastungen benutzt werden. Jede Waage hat eine größte Tragfähigkeit, die auf ihr angegeben ist, darüber hinaus sollte sie nicht verwendet werden. Sie darf auch nicht allzusehr unter der größten Belastung benutzt werden, weil sie auch dann nicht genügend sicher arbeitet.

238. Was die Ermittlung der abgewogenen Menge aus der Zahl der Gewichte anbetrifft, so richtet sich diese nach der Art der Waage. Bei gleicharmigen Waagen geben die Gewichte sogleich die abgewogene Menge, bei Decimalwaagen erst, nachdem sie mit 10, bei Centesimalwaagen, nachdem sie mit 100 multiplicirt sind. Der Grund hierfür aber liegt im Hebelgesetz, welches in Art. 217 dargelegt ist, denn bei der gleicharmigen Waage hängen Gewichte und Last an gleichlangen Hebelarmen, bei den Decimalwaagen hängen die Gewichte an einem zehn Mal, bei den Centesimalwaagen an einem hundert Mal so langen Hebelarm als die Last. Zugleich erhellt, daß man alle Gewichte immer nur auf die Schalen der Waage thun darf, durchaus aber nicht auf den Balken, was manchmal bequemer scheint; denn die Wirkung eines jeden Gewichts auf die Last hängt ganz von seinem Abstand von dem Drehungspunkt des Waagebalkens ab, es wirkt z. B. nur halb so stark als auf der Schale, wenn es auf den Balken mitten zwischen dem Aufhängungspunkt der Schale und dem Drehungspunkt des Balkens gesetzt ist. Gewisse Waagen, die Laufgewichtswaagen, sind allerdings absichtlich so eingerichtet, daß die Wägung durch Verschiebung eines bestimmten Gewichts auf dem Balken bewirkt wird. Diese sind aber dafür besonders eingerichtet, indem sie auf dem Balken an den einzelnen Stellen genaue Angaben über den Werth enthalten, den das Gewicht an diesen verschiedenen Stellen für die Wägung hat. Die gewöhnlichen Waagen besitzen solche Hilfsmittel nicht; bei ihnen müßte man es rathen, wobei man selbstverständlich auch eher fehlgreifen kann. Im Uebrigen giebt es eine sehr große Anzahl von Waagenkonstruktionen, die jedoch alle dem nämlichen Hebelgesetz unterworfen sind.

d) Gleichgewicht und Auftrieb der Flüssigkeiten und Gase.

239. Wie in der Waage Gewicht und Last, können sich auch Flüssigkeiten und Gase unter einander und mit festen Körpern das Gleichgewicht halten. Aus dem Princip der tiefsten Lage des Schwerpunkts erhellt zunächst, daß auch Flüssigkeiten und Gase als schwere Körper unter allen Umständen die möglich tiefste Stelle einzunehmen streben; die Kraft, mit der das geschieht, ist für jeden Raumtheil gleich der Schwere der darin enthaltenen Menge, Masse, der Flüssigkeit oder des Gases. Jeder Theil einer Flüssigkeit oder eines Gases sucht darum

jeden anderen tiefer liegenden zu verdrängen, ihn in die Höhe zu treiben, um sich selbst an dessen Stelle zu setzen. Dieses nennt man den Auftrieb. Dieser Auftrieb ist also gleich der Schwere der Substanzmenge, die an Stelle der verdrängten Substanz treten würde. Entgegen wirkt ihm die Schwere der zu verdrängenden Substanz, welche diese nach unten zieht. Ist letztere ebenso groß wie erstere, so halten sich Auftrieb und Schwere das Gleichgewicht. Deshalb bleiben Flüssigkeiten und Gase, wenn sie in Ruhe sind, auch ferner in Ruhe, weil was an Stelle einer Substanzmenge aus der unmittelbaren Umgebung treten würde, höchstens ebensoviel Substanz enthalten würde. Sobald aber Theile in ihnen aus irgend welchen Gründen leichter werden als die sie umgebenden, überwiegt der Auftrieb, und sie steigen in die Höhe. Werden sie schwerer, so überwiegt die Schwere und sie sinken nach unten. Der Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen wirkt nicht allein auf ihre eigenen Theile, sondern überhaupt auf jeden in ihnen befindlichen festen, flüssigen oder gasförmigen Körper. Immer ist er gleich der Schwere der an Stelle des zu verdrängenden Körpers tretenden Substanz, und immer wirkt ihm die Schwere des zu verdrängenden Körpers entgegen. Körper sind deshalb in Gasen anscheinend leichter als im luftleeren Raum und noch leichter in Flüssigkeiten. Je dichter die Umgebung dieser Körper ist, um so leichter müssen diese erscheinen, mit um so geringerer Kraft drücken und ziehen sie nach unten.

240. Hieraus wird die Wirkungsweise des Schwimmers in dem Alkoholmesser klar. Er hängt innerhalb eines Topfes am Ende einer, am anderen Ende horizontal eingespannten, Feder, und zieht diese vermöge seiner Schwere herab. Entgegen wirkt dieser herabziehenden Kraft die Elasticität der Feder. Kommt nun in den Topf Flüssigkeit, so verliert der Schwimmer durch den Auftrieb an Zugkraft, die Elasticität der Feder überwiegt, letztere streckt sich etwas und nimmt den Schwimmer mit, dieser steigt anscheinend in die Höhe. Je dichter die Flüssigkeit im Topfe ist, je weniger Alkohol sie hat, desto mehr verliert der Schwimmer an Zugkraft, desto mehr kann sich die Feder strecken, desto höher also hebt sie den Schwimmer an. Umgekehrt, je weniger dicht die Flüssigkeit, innerhalb deren der Schwimmer sich befindet, ist, desto geringer ist dessen Verlust an Zugkraft, desto weniger vermag sich die Feder zu strecken und den Schwimmer anzuheben. So entspricht jeder Dichte eine bestimmte Zugkraft des Schwimmers auf die Feder, also eine bestimmte Lage dieser Feder und damit auch des Schwimmers (der also nicht eigentlich schwimmt). Die Stellung des Schwimmers und seine Bewegung wird durch die bekannten Uebertragungen am Alkoholzählwerk zur Darstellung gebracht.

241. Aus gleichem Grunde ergiebt sich, daß Wägungen in der Luft das Gewicht, die Masse eines abzuwiegenden Körpers nur dann

richtig angeben, wenn dieser räumlich eben so groß ist, wie die benutzten Gewichte. Denn ist er größer, so erfährt er einen größeren, ist er kleiner, einen kleineren Auftrieb als die Gewichte, der ihn leichter oder schwerer als diese erscheinen läßt. Die in der Luft ermittelten Gewichte sind also eigentlich nur scheinbar richtig. Für jeden Liter Volumendifferenz zwischen Last und Gewicht macht das einen Auftrieb gleich der Schwere von $1\frac{2}{10}$ g, also in der Wägung einen Gewichtsunterschied von $1\frac{2}{10}$ g. Zum Beispiel erfahren 100 kg Branntwein von 65,8 Gewichtsprocent Stärke, welche nach der amtlichen Tafel 113,6 Liter Volumen haben, einen Auftrieb in der Schwere von 136,7 g, die zur Abwiegung benutzten eisernen Gewichte erfahren dagegen nur einen solchen in der Schwere von 15,0 g. Daher giebt die Wägung in der Luft eigentlich 121,7 g zu wenig.

242. Für die Zoll- und Steuerabfertigung kommt das unter Umständen in folgenden Fällen in Betracht. a) Wenn die Versteuerung nach Gewicht erfolgt, so ist damit stets Gewicht in der Luft (also einschließlich Auftrieb der Luft) gemeint. Manchmal wird jedoch das Gewicht nicht durch Wägung ermittelt, sondern aus dem Volumen und der Dichte (z. B. vielfach bei der Abfertigung von Mineralölen) durch Multiplikation beider erhalten. Dieses so berechnete Gewicht ist aber von dem Auftrieb frei, es ist das wirkliche und richtige Gewicht. Es muß darum, weil Gewichtsermittlung in der Luft vorgeschrieben ist, auf solche umgerechnet werden. b) Wenn die Versteuerung nach Volumen vorgeschrieben ist (z. B. beim Branntwein) und dieses nicht unmittelbar vermessen werden kann, sondern aus der Dichtigkeit und dem in der Luft erhaltenen Gewicht ermittelt werden muß, so hätte man eigentlich das durch Wägung gefundene scheinbare Gewicht erst für den Luftauftrieb zu verbessern, da das Volumen nur durch Division des wirklichen Gewichts durch die Dichtigkeit erhalten werden kann. In den amtlichen Tafeln sind diese Verhältnisse vollständig berücksichtigt; bei ihrer Benutzung bedarf es keiner weiteren Verbesserungen. Der Leser wird aber jetzt den Grund einsehen, warum Zahlen, die er etwa durch unmittelbares Multipliciren von Volumen und Dichte oder durch Dividiren von Gewicht durch Dichte erhalten hat, nicht mit den von diesen Tafeln für gleiche Verhältnisse gegebenen übereinstimmen können.

Zusätzlich will ich noch erwähnen, daß, weil die Dichte der Luft stark veränderlich ist, auch der Auftrieb, den sie auf die in ihr befindlichen Körper ausübt, stark veränderlich sein muß. Er schwankt in unseren Breiten um etwa 10⁰/₁₀. Außerdem wird er um so kleiner, je höher man emporsteigt.

243. Ist die verdrängte Flüssigkeit an Masse so groß wie der verdrängende Körper, so wiegt dieser darin gar nichts mehr, ist sie noch größer, dann wird er gegen die Schwerkraft in die Höhe ge-

trieben, steigt zur Oberfläche und taucht aus der Flüssigkeit mit einem solchen Stück heraus, daß die Masse des von ihm in der Flüssigkeit noch befindlichen Theiles so viel davon verdrängt, als seine eigene ganze Masse beträgt. Umgekehrt sinkt ein Körper nur so weit in eine Flüssigkeit ein, bis er so viel Flüssigkeit verdrängt hat, als er selbst an Masse hat. Darauf beruhen alle so alltäglichen Erscheinungen des Untersinkens, Schwimmens und Schwebens der Körper.

Hierauf beruht auch die Wirksamkeit anderer für die Steuertechnik wichtiger Instrumente, nämlich der Alkoholometer, Aräometer, Saccharimeter u. s. f. Diese Instrumente sinken in eine Flüssigkeit gemäß obigem Gesetz so tief ein, bis die Masse der verdrängten Flüssigkeit ihrer eigenen Masse gleich ist. Die Masse der verdrängten Flüssigkeit ist nun gleich deren Raumgehalt multiplicirt mit ihrer Dichtigkeit. Der Raumgehalt muß um so größer werden, das heißt das Instrument muß desto tiefer einsinken, wodurch es eben mehr Flüssigkeit verdrängt, je geringer und umgekehrt muß der Raumgehalt um so kleiner werden, das Instrument also um so weniger tief einsinken, je größer die Dichtigkeit der Flüssigkeit ist. Diese Instrumente eignen sich also zunächst zur Beurtheilung der Dichtigkeit der Flüssigkeiten aus der Tiefe ihres Einsinkens in sie. Dazu werden sie denn auch bei manchen Flüssigkeiten allein gebraucht, zum Beispiel die Mineralöl-aräometer in Mineralölen zur Feststellung von deren Dichtigkeit. Ihre Skalen enthalten dann die Dichtigkeitsangaben unmittelbar. In anderen Fällen handelt es sich nicht um die Dichtigkeit, sondern um den Gehalt der Flüssigkeit an einem bestimmten Stoff, z. B. an Alkohol oder Zucker oder Schwefelsäure u. s. f. In diesen Fällen hat man durch genaue experimentelle Untersuchungen den Zusammenhang zwischen der Dichtigkeit und diesem Gehalt vorher bestimmt und konnte deshalb die Skalen der Instrumente statt mit den Dichtigkeitsangaben sogleich mit den entsprechenden Gehaltsangaben versehen. Auch die Wirksamkeit der sogenannten hydrostatischen Waagen, z. B. der Mohr'schen Waage, ist in dieser Weise zu erklären. Der Schwimmkörper hängt an dem einen Arm eines Waagebalkens und ist so abgeglichen, daß er in Wasser bestimmter Dichte so tief heruntersinkt, daß die Waage gerade einspielt. In dichteren Flüssigkeiten erleidet er einen stärkeren Auftrieb, der betreffende Arm geht also in die Höhe; um die Waage wieder zum Einspielen zu bringen, muß man diesen Arm mit Gewichten versehen. In weniger dichten Flüssigkeiten sinkt der Schwimmkörper in Folge geringeren Auftriebes tiefer ein, zieht also den Balkenarm nach unten. Um wieder die Waage zum Einspielen zu bringen, muß man von dem Arm Gewichte abnehmen oder zum anderen Arm welche zuthun. Aus den zugelegten bezw. entfernten Gewichten kann man dann die Dichte ermitteln.

244. Wir können noch einige andere Folgerungen ziehen. Alle Körper, die in ihrer Substanz weniger dicht sind als eine Flüssigkeit, schwimmen in dieser und können darin niemals untergehen, wenn sie sich nicht etwa mit der Flüssigkeit, wie Holz oder Schwamm, vollsaugen. Körper, welche in der Substanz dichter sind als eine Flüssigkeit, gehen darin unter, wenn sie kompakt sind, sind sie jedoch zu Hohlkörpern geformt, so können sie auch schwimmen, und thun es, wenn eben die von ihnen zu verdrängende Masse Flüssigkeit größer ist als ihre eigene. Bleibt letztere unverändert, so schwimmen sie um so leichter, zu einer je größeren Form sie ausgestaltet sind. Das ist der Grund, warum man Schiffe sogar aus Eisen bauen kann, wiewohl doch Eisen fast 8 mal so dicht ist wie Wasser. Die Schifffahrt macht von diesen Erwägungen den ausgiebigsten Gebrauch.

245. Aus gleichem Grunde müssen sich Flüssigkeiten und Gase, wenn sie sich nicht in einander auflösen, immer so schichten, daß die dichtesten sich unten, die am wenigsten dichten oben befinden. Quecksilber, Wasser und Petroleum durch einander gerührt ordnen sich schließlich so an, daß Quecksilber die tiefste, Wasser die mittlere, Petroleum die oberste Schicht bildet. Ferner werden diejenigen Körper, welche sich leicht zusammendrücken lassen, in Folge ihres eigenen Gewichts sich in der That zusammendrücken, und es werden von ihnen die tiefsten Schichten am dichtesten, die höchsten am wenigsten dicht sein. Die Luft ist als Gas sehr leicht zusammendrückbar, die ganze Luftmasse preßt sich deshalb auch unter ihrer eigenen Schwere von oben nach unten zusammen. Wir finden darum, daß die Luft, je höher man sich in sie erhebt, um so dünner wird; zuletzt wird sie so dünn, daß selbst die allerleichtesten Körper in ihr sich nicht mehr schwebend erhalten können. Luftballons steigen so hoch, bis sie in Luftschichten kommen, von denen ein gleiches Volumen Luft ebenso viel wiegt wie sie; in diesen Schichten schweben sie dann. Von der mit der Verdünnung verbundenen Abnahme des Luftdrucks ist schon die Rede gewesen.

246. Sodann folgt noch, daß eine Flüssigkeit in zwei Gefäßen, die durch ein Rohr mit einander verbunden sind, immer gleich hoch steht, ob die beiden Gefäße gleich weit sind oder nicht (abgesehen von den Wirkungen der Kapillarität). Gießt man über die Flüssigkeit in dem einen Gefäß eine neue Flüssigkeit, welche auf ihr schwimmt, so steigt die Flüssigkeit auch im anderen Gefäß, und zwar verhält sich die Höhe dieser im zweiten Gefäß emporgestiegenen Flüssigkeit zu der Höhe der im ersten hinzugefügten wie die Dichtigkeit dieser hinzugefügten Flüssigkeit zu derjenigen der ersten Flüssigkeit. Ueberhaupt gilt folgende Regel: Jeder Säule einer Flüssigkeit wird von einer Säule einer anderen Flüssigkeit (z. B. in zwei communicirenden Gefäßen oder Röhren) das Gleichgewicht gehalten, wenn die

Höhe der ersten Flüssigkeit sich zu derjenigen der zweiten so verhält wie die Dichtigkeit dieser zweiten Flüssigkeit zu derjenigen der ersten. Quecksilber z. B. ist etwa $13\frac{6}{10}$ mal so dicht wie Wasser; einer Quecksilbersäule von 1 m Höhe hält deshalb eine Wassersäule von $13\frac{6}{10}$ m Höhe das Gleichgewicht. Dabei ist es völlig gleichgültig, ob die in communicirenden Gefäßen oder Röhren befindlichen Säulen gleiche oder verschiedene Querschnitte haben, sie können auch längs ihrer Erstreckung ganz beliebig abändernde Querschnitte haben, indem die Gefäße oder Röhren bald weiter, bald schmaler werden, sich beliebig krümmen u. s. f. Wesentlich ist nur die senkrechte Höhe.

247. Ganz das nämliche gilt von dem Verhalten der Gase gegen einander oder gegen Flüssigkeiten. Der Druck eines Gases ist immer gleich dem Druck der von ihm etwa vermöge der Schwere emporgehobenen Flüssigkeitssäule. Darauf beruht die Einrichtung der Barometer und Manometer, von denen die ersteren zur Messung des jeweiligen Druckes der Luft, die letzteren zu derjenigen des Druckes irgend wie verdichteter oder verdünnter Gase oder Dämpfe dienen. Thut man in ein U-förmig gebogenes Rohr eine Flüssigkeit hinein, so stellt sich diese in beiden Schenkeln gleich hoch; in beiden Schenkeln lastet auf ihr die Luft, und zwar mit gleicher Stärke. Pumpt man aus einem Schenkel die Luft nach und nach aus, so vermindert sich in diesem der Luftdruck, die Luft über dem anderen Schenkel treibt dann die Flüssigkeit in jenem empor (die Natur hat einen Abscheu vor dem Leeren, einen horror vacui, sagte man früher). Ist alle Luft aus dem ersten Schenkel entfernt (Torricellisches Vacuum) und wird dieser in diesem Zustande zugeschmolzen, so haben wir ein Barometer. Die Schwere der Flüssigkeitssäule, welche in diesem luftentleerten Schenkel senkrecht über der Säule im anderen, der Luft frei dargebotenen, Schenkel steht, repräsentirt den Druck der ganzen Luft, also den Atmosphärendruck. Bei Quecksilber als Flüssigkeit beträgt die senkrechte Erstreckung dieser Säule über der Säule im anderen Schenkel unter normalen Verhältnissen und in unseren Breiten etwa 760 Millimeter; bei Wasser als Flüssigkeit würde sie $13\frac{6}{10}$ mal soviel betragen, also etwa $10\frac{1}{2}$ m. Höher als diesem Vacuum entspricht können Flüssigkeiten von selbst nicht steigen. Dieses ist der Grund, warum allein durch Pumpen man z. B. Wasser niemals höher zu bringen vermag als $10\frac{1}{2}$ m.

248. Der Druck der Luft z. B. auf einer Fläche von 1 qm Inhalt beträgt darnach soviel als derjenige, den eine Wassersäule von 1 qm Querschnitt und $10\frac{1}{2}$ m Länge vermöge der Schwere auf ihre Unterlage ausübt. Eine solche Säule Wasser wiegt gegen 10333 kg, daher die früher (Art. 24) über den Luftdruck gemachte

Angabe. Ob wir also Luftdruck sagen oder Druck von 760 mm Quecksilber, $10\frac{1}{3}$ m Wasser, 8,2 m Glycerin u. s. f. bleibt sich gleich. Ferner ist noch eines zu ersehen. Die Dichte der Luft beträgt an der Erdoberfläche etwa $\frac{1}{800}$ von derjenigen des Wassers. Hätte die Luft überall die nämliche Dichte, so müßte sie dem obigen zu Folge $10\frac{1}{3} \times 800$, das ist etwa 8267 m hoch sein. Thatsächlich ist die Luft sehr viel höher, weil sie nicht überall so dicht ist, wie auf der Erdoberfläche, sondern je höher man steigt, um so dünner wird, wie wir schon bemerkt haben.

Wenn man wieder einen Schenkel der Röhre offen läßt und den anderen mit einem Raume verbindet, innerhalb dessen ein Dampf oder ein Gas sich befindet, so sinkt die Flüssigkeit im freien Schenkel, falls in dem betreffenden Raume ein geringerer Druck herrscht, und steigt, wenn dort ein höherer Druck vorhanden ist. Im ersten Fall ist der Druck gleich dem der Atmosphäre abzüglich des Druckes der im freien Schenkel gesunkenen, im zweiten zusätzlich des Druckes der in diesem Schenkel angestiegenen Flüssigkeitssäule. Das ist das Princip der Flüssigkeitsmanometer.

Drucke können auch dadurch gemessen werden, daß man sie gegen einen Arm einer Waage wirken läßt; sie sind dann durch den Druck der Gewichte angegeben, welche die Waage wieder zum Einspielen bringen. Auch können Formveränderungen, die sie herbeiführen, zu ihrer Schätzung dienen, wie z. B. in den sogenannten Aneroiden, in welchen zum Messen des Druckes der Luft Einwirkung dieses Druckes auf eine metallene Kapsel oder Röhre benutzt wird u. s. f.

e) Fallgesetze, Pendelbewegungen.

249. Wenn die Körper dem Einfluß der Schwerkraft folgen können, bewegen sie sich; wirkt die Schwerkraft allein, so geht alle ihre Bewegung zum Erdmittelpunkt, also senkrecht zur Erdoberfläche. Im freien Fall beschreibt jeder Körper eine gerade Linie, die ihn auf kürzestem Wege zur Erde führt. Da die Schwerkraft dem fallenden Körper fortwährend neuen Antrieb zum Fallen giebt, beschleunigt sich seine Geschwindigkeit auch fortwährend. Er kommt also mit einer um so größeren Geschwindigkeit an, von je größerer Höhe er herabfällt. Fallen verschiedene Körper von gleicher Höhe, so sollten sie, wie verschieden auch ihre Größe, Schwere, Form u. s. f. sein mag, alle zu gleicher Zeit an der Erdoberfläche anlangen. Daß das, wie die Erfahrung zeigt, nicht der Fall ist, liegt nur daran, daß sie durch die Luft fallen, und diese erst aus dem Wege räumen müssen; sie erfahren einen Auftrieb und zugleich einen Widerstand. Jener hat für verschiedene Größen, dieser auch für verschiedene Formen sehr verschiedene Wirkung.

Lassen wir aber Körper im luftleeren Raum fallen, so ist in der That alles von Größe, Form und sonstigen Zufälligkeiten gänzlich unabhängig. Die Geschwindigkeit fallender Körper nimmt in demselben Maaße zu wie die Zeit. Am Ende der ersten Sekunde beträgt sie etwa 9,8, am Ende der zweiten $2 \times 9,8 = 19,6$, der dritten $3 \times 9,8 = 29,4$ u. s. f. Meter in der Sekunde. Die Fallhöhen betragen in der ersten, zweiten, dritten u. s. f. Sekunde bezw. $\frac{9,8}{2} \times 1 \times 1$, $\frac{9,8}{2} \times 2 \times 2$, $\frac{9,8}{2} \times 3 \times 3$ u. s. f. Meter, also allgemein $\frac{9,8}{2}$, das ist 4,9 Meter zwei Mal multiplicirt mit der Falldauer.

In 10 Sekunden legt hiernach ein fallender Körper 490 m zurück, in 100 Sekunden 49 000 m u. s. f. Hieraus kann man auch berechnen, wie viel Zeit ein Körper braucht, um von einer bestimmten Höhe herabzufallen; von der Spitze des Kölner Domes würde diese Zeit etwa $5\frac{1}{2}$ Sekunde betragen, von derjenigen des Eiffelthurmes etwa $7\frac{1}{3}$ Sekunde u. s. f.

250. Wird ein Körper grade in die Höhe geworfen, so erleidet er im Aufsteigen stetig Geschwindigkeitsverluste, bis die ihm ertheilte Geschwindigkeit aufgezehrt ist; dann hört er auf zu steigen und beginnt zu fallen. Der durch die Schwerkraft bewirkte Geschwindigkeitsverlust ist selbstverständlich so groß, wie die aus gleicher Ursache beim Fall erfolgende Beschleunigung, beträgt also etwa 9,8 m in jeder Sekunde. Die Zeit des Aufsteigens ist deshalb gleich der dem Körper ertheilten Geschwindigkeit dividirt durch jene Geschwindigkeitsverzögerung 9,8, die Höhe des Aufsteigens berechnet sich hieraus durch Multiplikation mit der Hälfte der dem Körper im Wurf ertheilten Geschwindigkeit. Genau dieselbe Zeit wie zum Aufsteigen braucht dann der Körper zum Wiederherabfallen, und wenn er auf die Erdoberfläche zurückgekommen ist, hat er auch seine erste ihm ertheilte Geschwindigkeit zurück erhalten. Ein Körper z. B., der mit einer Geschwindigkeit von 100 m in der Sekunde gerade in die Höhe geworfen ist, steigt $\frac{100}{9,8}$, das sind etwa 10,2 Sekunden; die Höhe, die er erreicht, beträgt $10,2 \times \frac{100}{2}$, also 510 m. Von dieser Höhe fällt er in 10,2 Sekunden wieder herab und langt auf der Erde mit der Anfangsgeschwindigkeit von 100 m in der Sekunde wieder an.

Wenn der Körper nicht genau lothrecht in die Höhe, sondern horizontal, oder überhaupt schräg fortgeschleudert wird, beschreibt er keine gerade Linie, sondern eine krumme (das Stück einer Parabel), die ihn zur Erde zurückführt. Der absteigende Theil der Bahn ist das Gegenbild des aufsteigenden. Die Verhältnisse für das Aufsteigen und

Fallen sind dann ganz die nämlichen, wie früher, nur hat man statt der ganzen Geschwindigkeit, die dem Körper mitgetheilt ist, den Theil zu nehmen, der ihn allein senkrecht in die Höhe treiben würde. Die Wurfsweite beträgt das doppelte Produkt der beiden Geschwindigkeiten, von denen ihn die eine senkrecht nach oben, die andere horizontal fort-treiben würde, dividirt durch die Beschleunigungszahl 9,8. Die Untersuchung der Bahn geworfener Körper hat bekanntlich großes Interesse für die Schießkunst. Unter Berücksichtigung aller möglichen Verhältnisse (z. B. Gestalt der Körper und Widerstand der Luft) bildet sie das ballistische Problem.

Wenn Flüssigkeiten aus Oeffnungen ausströmen, geschieht das mit einer von dem Druck, der in der Ausströmungsoeffnung herrscht, also der Höhe der Flüssigkeit über dieser Oeffnung abhängigen Geschwindigkeit, da die ausströmenden Flüssigkeitstheilchen außerdem dabei fallen, bildet der Flüssigkeitsstrahl eine krumme Linie, ganz gleich der Falllinie eines festen Körpers, der aus der Oeffnung mit gleicher Geschwindigkeit nach gleicher Richtung geschleudert würde.

251. Von anderen Bewegungen unter dem Einfluß der Schwerkraft erwähnen wir noch das Hinabrollen auf schiefer Ebene. Wie diese Ebene auch geneigt sein mag, der Körper hat, wenn er auf die Erde gekommen ist, genau die nämliche Geschwindigkeit, wie wenn er aus gleicher Höhe unmittelbar herabgefallen wäre. Im Uebrigen gelten alle Gesetze des freien Falls, nur daß an Stelle der vollen Beschleunigung der Schwerkraft (9,8 m in der Sekunde) derjenige Theil in Frage kommt, welcher davon in Richtung der schiefer Ebene wirkt.

Sodann führen wir die Pendelbewegung an. Ein Pendel ist eine um eine Achse schwingende, also hin- und hergehende Stange, die an dem freien Ende mit einem Gewicht oder einem scheibenförmigen oder linsenförmigen Körper versehen ist. Die Stelle der Stange kann auch durch einen Faden oder eine Kette u. s. f. vertreten sein. Das Pendel soll zuerst ruhig hängen, wie bei einer Pendeluhr, die stehen geblieben ist. Wir heben es an dem unteren Ende an und lassen es los, dann geht es in die frühere Lage zurück, darüber hinaus, steigt auf der anderen Seite bis zu der Höhe, aus der es losgelassen wurde, kehrt dann um und geht genau denselben Weg zurück, schwingt überhaupt immer in ganz gleicher Weise hin und her. Besser gesagt, es würde immer in ganz gleicher Weise in alle Ewigkeit hin- und herschwingen, wenn nicht Reibung und Luftwiderstand seine Bewegung allmählig vernichten würden, weshalb die Pendeluhren mit regulirenden und antreibenden Einrichtungen (Schappement und Gewichte) versehen sind. Die Bahn, die jeder einzelne Punkt beschreibt, der Schwingungsbogen, ist ein Kreisstück, dessen Mitte die tiefste Stelle einnimmt. Die Dauer eines Hin- und Hergangs, die Schwingungsdauer, ist fast ganz unab-

hängig von der Weite der Pendelausschläge, also von der Erstreckung der Schwingungsbogen, wohl aber abhängig von der Länge des Pendels. Pendel, welche die Schwingungsdauer von genau einer Sekunde haben, heißen Sekundenpendel, ihre Länge beträgt fast genau 1 m.

Die Anwendung der Pendel ist bekannt (Uhren, Metronome u. a. m.). Die Gesetze der Bewegung der Körper unter dem Einfluß der Schwerkraft sind von Galilei entdeckt.

4. Die allgemeine Schwerkraft (Gravitation), Weltsystem.

252. Die allgemeine Schwerkraft oder Gravitation. Diese Kraft entspricht vollständig der Schwerkraft der Erde. Es war nur eine bequeme Ausdrucksweise, als wir sagten, die Erde ziehe alle Körper auf ihr an; in Wirklichkeit liegen die Verhältnisse so, daß die Erde und alle Körper auf ihr sich gegenseitig anziehen. Es zieht also die Erde zwar jeden Körper an, aber zugleich wird sie selbst von jedem Körper angezogen, und es fallen nicht bloß alle Körper gegen die Erde, sondern die Erde fällt auch zugleich gegen alle Körper, so daß völlige Gegenseitigkeit stattfindet. Indessen ist die Erde im Vergleich zu allen Körpern auf ihr so ungeheuer groß, daß der Erfolg ihrer Anziehung auf jeden Körper ihrer Oberfläche die dieses Körpers auf sie millionenfach übertrifft, wir in Folge dessen von ihrer Bewegung selbst gegen die größten Körper, mit denen wir es auf der Erdoberfläche zu thun haben, nichts bemerken können, weil diese Bewegung der Erde gegen die Körper im Verhältniß zu der Bewegung der Körper gegen sie unsagbar gering ist. Die Erde zieht nun in ganz gleicher Weise auch alle außerhalb ihrer Oberfläche befindlichen Körper an und wird von diesen wieder angezogen. Körper außerhalb der Erde sind nun die Himmelskörper, die Erde zieht also alle Himmelskörper an und wird von allen Himmelskörpern angezogen.

Allgemein gilt der Satz, daß überhaupt alle Körper in der Welt sich gegenseitig anziehen, und zwar vermöge derselben Kraft, die wir als Anziehung der Erde auf Körper, die ihrer Oberfläche angehören, als Schwerkraft oder Schwere bezeichnet haben. Diesen Satz hat der große englische Naturforscher Newton vor nun etwa zwei Jahrhunderten aufgestellt und in einem berühmten Werke, welches die Grundlage unserer heutigen rechnenden Astronomie und Mechanik, ja sogar in gewisser Beziehung unserer modernen höheren Mathematik bildet, in allen seinen Folgerungen untersucht. Er hat noch weiter dargethan, daß diese Anziehung zweier Körper auf einander in gleichem Verhältniß anwächst wie die Massen, Substanzmengen dieser Körper, dagegen mit wachsender Entfernung dieser Körper abnimmt, und zwar ebenso abnimmt, wie diese Entfernung mit sich selbst multiplicirt

zunimmt. Ferner hat er gezeigt, daß sie gänzlich unabhängig ist von der Beschaffenheit der Substanzen der betreffenden Körper. Zwei Körper von den Massen 2 kg und 6 kg greifen also einander in allen Entfernungen 4mal so stark an, als zwei andere von den Massen 1 kg und 3 kg, und 3mal so stark, als zwei von den Massen 2 kg und 2 kg oder 1 kg und 4 kg, dagegen nur $\frac{1}{2}$ mal so stark, wie zwei von den Massen 3 kg und 8 kg, oder 4 kg und 6 kg, oder 1 kg und 24 kg u. s. f. Ferner ist die Anziehung zweier Körper auf einander in doppelter Entfernung nur noch $\frac{1}{4}$, in dreifacher $\frac{1}{9}$, in vierfacher $\frac{1}{16}$, in zwanzigfacher $\frac{1}{400}$ von der Anziehung in einfacher Entfernung.

Es besteht hiernach eine Wechselwirkung der Körper auf einander durch das ganze Weltall hindurch. Kein Körper besteht eigentlich für sich isolirt, jeder wird vielmehr von allen Körpern, den kleinsten und größten angezogen und zieht seinerseits alle Körper an. Selbst das kleinste Theilchen auf der Erde wird von Sonne, Mond, allen Planeten und Fixsternen angezogen und zieht seinerseits alle diese Himmelskörper an. Das ist eben die allgemeine Schwerkraft, die Gravitation, von der die Schwerkraft der Erde nur einen besonderen Fall bildet. Die Folgen dieser allgemeinen Anziehung sind ungemein weittragende. Mit Recht wird man sofort fragen: da alle Körper der Welt sich gegenseitig anziehen, warum fallen sie nicht auf einander und vereinigen sich nicht zu einem einzigen Körper, wie ja auf der Erde nichts von ihr getrennt ist, was nicht durch besondere Kräfte von ihr fern gehalten wird? Daß das nicht stattfindet, ist in besonderen Verhältnissen begründet, die wir, weil sie sehr wissenschaftlich sind, kurz angeben wollen, wenn wir erst einiges vorausgeschickt haben werden, was zum Verständniß des folgenden nöthig ist.

253. Es giebt bekanntlich eine unzählige Menge von Himmelskörpern, wir nennen sie Gestirne, die wir dadurch sehen, daß sie leuchten. Zwei von ihnen erscheinen uns recht groß und haben für uns besondere Wichtigkeit, Sonne und Mond. Die anderen sehen sehr klein aus und viele machen nur den Eindruck leuchtender Punkte. Nach dem Schein dürfen wir aber nicht urtheilen; ein Berg erscheint uns in genügender Entfernung klein im Verhältniß zu einem Erdhause, der uns nahe ist. Es können also auch die Himmelskörper, die wir nur als leuchtende Punkte sehen, doch sehr große Körper sein und uns nur deshalb so unbedeutend erscheinen, weil sie eben sehr weit von uns entfernt sind. In der That lehrt die Himmelskunde (Astronomie), daß manche von den uns so klein scheinenden Lichtpünktchen Körper sind, die an Größe unsere Erde viele Millionen Mal übertreffen; die Sonne freilich erscheint uns als größere Scheibe, immerhin aber doch noch so klein, daß ein Papierscheibchen von wenigen Millimetern

Durchmesser so gehalten, daß es deutlich gesehen werden kann (in etwa 25 cm Entfernung vom Auge) uns die ganze Sonne zudeckt. Und doch ist die Sonne an Aunderthalbmillionen Mal so groß wie die Erde, innerhalb des Sonnenkörpers haben ein und eine halbe Million Kugeln von der Größe der Erde noch Platz. Es giebt aber Himmelskörper, welche viel kleiner erscheinen als die Sonne, und trotzdem sehr viel Mal größer sind als sie, die sie vielleicht an Größe in demselben Maaße übertreffen, wie sie ihrerseits die Erde. Andererseits freilich giebt es kleine und auch sehr kleine Himmelskörper. Der Mond, der uns so groß erscheint wie die Sonne, ist thatsächlich außerordentlich viel kleiner als sie; er ist sogar kleiner als die Erde, er erscheint uns nur deshalb so groß wie die Sonne, weil er uns viel näher ist als diese, nämlich fast 400mal näher; wäre er so groß wie die Sonne, so würde er uns fast den ganzen Himmel verdecken. Immerhin ist der Mond noch recht groß im Verhältniß zu den Körpern auf der Erde. Manche Himmelskörper sind aber selbst noch kleiner als diese; ja es giebt wohl welche, die nicht größer sind als kleine Steine oder gar als Sandkörner und Stäubchen. Vom Stäubchen bis zu Körpern, bei deren Größenvorstellung uns völlig schwindelt, Alles ist im Weltall vertreten und Alles wird von derselben Kraft umfaßt.

So ungeheure Verschiedenheiten in der Größe der Himmelskörper vorhanden sind, so enorme Abweichungen bestehen auch in ihren Entfernungen von uns. Viele kleine Himmelskörper mögen uns in geringen Entfernungen von wenigen Meilen umschwärmen; manche gerathen in unsere Atmosphäre und gelangen dabei in Folge der Reibung bei dem Durchheilen durch sie in heftiges Glühen, in dieser Weise die Sternschnuppen bildend, deren täglich Tausende die Erde heimsuchen, während zu gewissen Zeiten, namentlich im August und November, ihre Anzahl viele Hunderttausende oder Millionen erreicht. Andere fallen ganz zur Erde herab, das sind die Meteorsteine, steinartige unregelmäßige Gebilde, deren Hauptbestandtheil meist das Eisen ist. Die größeren Himmelskörper sind aber ziemlich weit von uns entfernt. Schon der uns nächste, der Mond, kommt uns nicht näher als etwa 50 000 Meilen, dann folgen Venus und Mars, die sich uns bis auf 5 Millionen Meilen nähern, um aber freilich zu anderen Zeiten in Fernen von 35 bezw. 45 Millionen Meilen zu rücken. Die Sonne ist von uns 20 Millionen Meilen entfernt, andere Sterne stehen von uns um Millionen Mal Millionen Meilen ab, kurz, wir sehen, daß die Natur nicht allein ungeheure Riesen von Weltkörpern beherbergt, sondern diese auch in ungeheuren Entfernungen von einander im Weltenraum zerstreut hat.

Indessen treten vielfach mehrere Körper zu einer gewissen Gemeinschaft zusammen und bilden dann ein besonderes System. Der massigste

unter ihnen übernimmt die Leitung, weil seine Anziehung die bedeutendste ist; er wird dann als der Centrakörper dieses Systems betrachtet, während die anderen Körper seine Gefolgschaft bilden. Mehrere solche Systeme können dann noch ein höheres System zusammensetzen, das höchste System ist das ganze Weltsystem. Unsere Erde gehört einem bei aller Ungeheuerlichkeit doch in Bezug auf das ganze Weltsystem nur äußerst winzigen Systeme an, dem Sonnensystem. Darin präsidiert die Sonne, gegen welche alle anderen Körper dieses Systems kaum in Betracht kommen. Diese Körper sind die Planeten (in der Reihe von der Sonne ab: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, nebst vielen hunderten kleinen Planetchen zwischen Mars und Jupiter) und Kometen (Haarsterne). Die Planeten ihrerseits präsidiren wieder in engeren Systemen, indem alle, bis auf Merkur, Venus und die ganz kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter, noch mit Monden versehen sind; die Erde mit einem Monde, Mars mit 2, Jupiter mit 4, Saturn mit 8 und noch mehreren Ringen dazu u. s. f.

Weiter lehrt die Himmelskunde, daß Alles im Weltenraume sich in steter Bewegung befindet; kein Körper ruht müßig, alle, klein und groß und selbst die allergrößten befinden sich in eilender Hast und jagen mit oft unbegreiflicher Geschwindigkeit dahin. Früher hat man geglaubt, daß nur die Planeten sich bewegen, und sie deshalb im Gegensatz zu den anderen Sternen, welche Fixsterne heißen, die umherirrenden (das bedeutet der Name Planeten) genannt. Jetzt wissen wir, daß auch die Fixsterne nicht fest am Himmel stehen, sondern gleichfalls sich bewegen und ihre Entfernungen von uns und von einander stetig ändern. Daß wir das nicht unmittelbar sehen können, sondern erst mit den feinsten Messungsmitteln der neueren Wissenschaft nachzuweisen im Stande waren, liegt an den ungeheuren Entfernungen dieser Körper von uns, vermöge deren Wege von vielen Hunderten von Millionen Meilen Raum nur in der Breite eines Haars erscheinen. Diese Bewegungen, welche von Urbeginn an vorhanden gewesen sind, würden alle Himmelskörper in geraden Linien forttreiben. Da jedoch die Himmelskörper sich gegenseitig anziehen, lenken sie sich gegenseitig von ihren Wegen ab und machen diese Wege krumm.

In dem Sonnensystem z. B. ist die Wirkung der Anziehung der Sonne auf die Planeten so groß, daß ihre geraden Wege sich in geschlossene krumme Linien umgewandelt haben, die fast kreisförmig sind und um die Sonne herumgehen. Die Sonne bildet hiernach gewissermaßen die Mitte unseres engeren Sonnensystems und wird von allen Planeten in Begleitung ihrer Monde in weiten fast kreisförmigen Bahnen umkreist. Die Planeten wieder bilden Mittelpunkte für ihre Monde, von welchen sie ihrerseits wie die Sonne von ihnen umkreist werden.

Es war bekanntlich der große Copernikus, der dieses Alles vor mehr als 300 Jahren entdeckt und damit den gewaltigsten Fortschritt in unserer Welterkenntniß herbeigeführt hat. Daß alle Planeten und Kometen außerdem mit der Sonne noch durch das Weltall jagen, ist fast selbstverständlich und auch nachgewiesen. Ob dabei unser Sonnensystem eine andere noch gewaltigere Sonne umkreist, ist noch nicht sicher entschieden, aber sehr wahrscheinlich. Jedenfalls muß diese höhere Sonne dann aber so weit von uns entfernt sein, daß sie uns nur als ein winziges Lichtpünktchen erscheinen kann. Nimmt man noch dazu, daß bei sehr vielen Körpern, so bei der Sonne und allen Planeten und Monden auch nachgewiesen ist, daß sie sich um sich selbst drehen, so sieht man, welche Unruhe in der Welt herrscht. Die Drehungen der Planeten und Monde um sich selbst bewirken bei ihnen den Wechsel von Tag und Nacht; für die Erde beträgt diese Umdrehungszeit 24 Stunden, ebensoviel etwa für Mars und Venus, Jupiter dreht sich trotz seiner Größe — er ist viele hundertmal größer als die Erde — in wenig mehr als 10 Stunden um sich herum, die Sonne in etwas mehr als 25 Tagen, der Mond genau in derselben Zeit, in der er sich um die Erde herum bewegt, in 28 Tagen etwa, weshalb er uns stets dieselbe Seite zuwendet. Uebrigens sind die Himmelskörper fest oder flüssig oder gasförmig, die Sonne z. B. ist zum größten Theil gasförmig und an der Oberfläche von dicken Wolken metallischer Dämpfe bedeckt, auch bestehen die Himmelskörper aus ganz denselben Stoffen wie die Erde (Art. 307).

254. Nunmehr ist es klar, weshalb die Himmelskörper, ihren gegenseitigen Anziehungen folgend, nicht zusammenstürzen. Sie fallen thatsächlich fortwährend gegen einander, aber da sie noch außerdem in Richtungen quer zu ihren Verbindungslinien stark bewegt sind, fallen sie an einander vorbei, und indem sie dieses stetig thun, drehen sie sich um einander. Wo zwei Himmelskörper keine solche Bewegung quer zu ihren Verbindungslinien haben, oder wo diese Querbewegung zu schwach ist, da stürzen sie thatsächlich zusammen. Wir sehen ja auch fast täglich solche Himmelskörper auf die Erde fallen, und sicher fallen deren noch viel mehr auf die Sonne und auf die anderen Fixsterne. Im Allgemeinen besteht also allerdings im Weltall das Bestreben nach Vereinigung, namentlich werden auch hier die Kleinen von den Großen aufgezehrt, oder richtiger gesprochen, die Kleinen kommen dabei am meisten zu Schaden, indem sie beim Auftreffen auf die Großen vielfach zerfchlagen und zersplittert oder gar verbrannt werden. Der Fall, daß große Himmelskörper auf einander fallen, ist noch nicht beobachtet, wird jedoch wahrscheinlich gleichfalls vorkommen; die Folgen eines Zusammensturzes solcher Riesen wie die Sonne oder auch nur wie unsere Erde und der Mond, sind, gemessen nach den Begriffen der Lebewesen,

so furchtbarer Art, daß man an sie gar nicht denken mag, sie lassen sich jedoch ziemlich genau voraussagen.

5. Kohäsion und Adhäsion.

255. Von den Wirkungen in unmeßbare Fernen kommen wir zu den Wirkungen in unendlicher Nähe. Wir haben hier zunächst die Kraft zu erwähnen, welche jeden Körper in sich zusammenhält. Man nennt diese Kraft die Kohäsion und stellt sie sich am einfachsten als eine Anziehung vor, welche die Theilchen eines Körpers auf einander ausüben, und die es bewirkt, daß die Körper nicht von selbst zerfallen und daß sie jeder Zerstückelung Widerstand leisten. Am stärksten ist die Kohäsion in den festen Körpern, schwächer in den Flüssigkeiten und anscheinend gar nicht vorhanden in den Gasen und Dämpfen, da in diesen vielmehr die einzelnen Theilchen einander zu fliehen scheinen. Die Kohäsion ist eine Kraft, die nur in unmeßbar geringen Abständen, aber in diesen oft mit ungeheurerer Intensität, wirkt. Wie außerordentlich rasch sie mit wachsender Entfernung der Theilchen abnimmt, ersehen wir daraus, daß, wenn wir einen Körper in zwei Theile zerschnitten haben, es uns nicht mehr möglich ist, ihn durch Zusammendrücken wieder ganz zu machen. Wir sind nicht im Stande, die Theile einander so weit zu nähern, daß die Kohäsion wieder genügend Kraft hat sie zusammenzuhalten. Alle Körpertheilchen wirken also auf einander erstens vermöge der allgemeinen Schwerkraft, sodann vermöge der Kohäsion; letztere verschwindet schon in für uns unmeßbar kleinen Abständen, erstere macht sich in den fernsten Weiten bemerkbar.

Auch bei der Kohäsion entsteht die Frage, warum die Theilchen der Körper dieser folgend sich nicht unmittelbar mit einander vereinigen; denn daß sie das nicht thun, sehen wir ja daran, daß wir fast jeden Körper noch zusammendrücken können. Dabei finden wir, daß es um so schwerer ist einen Körper zusammenzudrücken, je näher die Theilchen einander bereits sind. Man hat deshalb früher angenommen, daß alle Körpertheilchen einander nicht bloß anziehen, sondern auch abstoßen, und daß in gewissen Abständen die Anziehung überwiegt, je geringer aber die Abstände werden, um so mehr die Abstoßung in den Vordergrund tritt, bis sie die Anziehung völlig übermannt. Namentlich für elastische Körper ist diese Annahme ausgearbeitet worden und hat hier auch gute Dienste geleistet. Jetzt ist man geneigt, den Grund in einer Bewegung zu suchen, in der alle Theilchen der Körper sich stets, wie die Rücken eines Rückenschwarms, befinden sollen. Wir sehen diese Bewegung nicht, weil die sie ausführenden Theilchen sehr klein und auch die Wege, die diese, wenn auch mit großer Geschwindigkeit, zurücklegen, ganz unmeßbar geringfügig sind. Was wir also früher in Bezug auf das Verhalten der großen Himmelskörper gesagt haben, wäre

dann auch auf die unmeßbar kleinen Theilchen der Körper zu übertragen, derartig, daß jeder Körper wie eine Welt für sich zu betrachten sein würde.

256. Vielfach bemerken wir, daß auch verschiedene Körper Anziehungen auf einander ausüben, welche von der allgemeinen Schwerkraft durchaus abweichen und mehr der Kohäsion gleichen, indem sie wie diese nur in sehr geringen Abständen wirken. Wir nennen die Kraft, die dieses bewirkt, Adhäsion. Durch sie hängen z. B. zwei Glasplatten oder eine Glasplatte und eine glatte Stahlplatte u. s. f., wenn man sie an einander gedrückt hat, so fest zusammen, daß man oft einer ziemlich bedeutenden Anstrengung bedarf, um sie von einander gerade abzureißen. Auch die Wirkungen unserer Klebemittel beruhen wahrscheinlich auf Adhäsion, wengleich hier wohl auch Kohäsion mit im Spiele ist. Adhäsion und Kohäsion zusammen sind die Ursache der im ersten Kapitel beschriebenen Kapillaritätsercheinungen.

Zu den Kräften, welche in unmeßbarer Nähe wirken, sind auch die chemischen Kräfte zu rechnen, welche die chemischen Verbindungen und Zersetzungen verursachen, von diesen haben wir bereits gesprochen.

Drittes Kapitel.

Von dem Licht (Optik).

1. Lichtquellen.

257. Licht ist Alles, was uns die Körper sichtbar macht; ohne Licht vermögen wir keinen Körper zu sehen. Wenn wir also sagen, daß ein Körper uns sichtbar ist, so meinen wir damit zugleich, daß er uns Licht zusendet. Einige Körper erscheinen uns sehr hell, andere weniger hell, noch andere fast dunkel, wiederum andere so dunkel, daß sie nur dadurch gesehen werden, daß sie sich von ihrer weniger dunklen Umgebung abheben. Nach diesen oder ähnlichen Abstufungen beurtheilen wir die Menge des Lichtes, welches uns die einzelnen Körper zusenden. Je heller ein Körper ist, desto mehr Licht schreiben wir ihm zu, je dunkler, desto weniger. Für die Menge des Lichtes, die ein Körper aussenden kann, besitzen wir nach Oben hin ebenjowenig eine Grenze, wie für die Menge von Wärme. Nach Unten hin ist die Grenze gegeben, wenn Körper absolut dunkel sind. Die strahlendste Helle, die wir kennen, ist diejenige der Sonne; zwischen dieser und der absoluten Dunkelheit giebt es unendlich viele Abstufungen. Wir haben diejenige des Mondes, des elektrischen Bogenlichtes, des verbrennenden Magnesiumdrahtes, des Leuchtgases u. s. f., bis zu dem winzigen Licht des Del-

Lämpchens, das kaum noch mäßige Räume zu erhellen vermag. Die Instrumente, welche dazu dienen, die Helligkeit verschiedener Lichter mit einander zu vergleichen, sind die Photometer.

258. Gewisse Körper sind uns durch sich selbst sichtbar, sie heißen selbstleuchtend. Andere dagegen werden erst sichtbar, wenn sie beleuchtet sind. So ist die Sonne ein selbstleuchtender Körper; dagegen sind der Mond, die Erde und die anderen zum Sonnensystem gehörigen Körper im Allgemeinen nicht selbstleuchtend, sondern empfangen ihr Licht von der Sonne. Wir besitzen die Mittel dazu, die meisten Körper auf der Erde selbstleuchtend zu machen. Am einfachsten geschieht dieses dadurch, daß wir den Körpern möglichst viel Wärme zuführen. So können wir das dunkle Eisen durch Erhitzen dazu bringen, daß es rüthlich zu leuchten beginnt und durch weiteres Erhitzen es in strahlende Weißgluth versetzen. Gleiches gilt von den anderen Metallen, welche schwer schmelzen. Bei anderen Körpern gelingt dieses nicht, weil sie vorher schon sich verflüchtigen. Wir bedienen uns sodann gewisser chemischer Umsetzungen, wodurch entweder unmittelbar Licht hervorgebracht wird, wie z. B. das Licht des faulenden Holzes, des Phosphors, mancher leuchtender Thiere (Johanniskwürmchen), oder wodurch Stoffe entstehen, welche durch die bei den Umsetzungen auftretende Wärme zum Leuchten gebracht werden können.

Alles Licht, welches durch Anzünden hervorgebracht wird, welches also von brennenden Kohlen, brennendem Holz, Leuchtgas, Del, Talg u. s. f. geliefert wird, entsteht in dieser letztgenannten Weise. Hierüber ist schon in Art. 71 gesprochen worden. Später werden wir sehen, daß auch Elektrizität Licht hervorbringen kann, und zwar gleichfalls sowohl durch unmittelbare Schaffung, als auch mittelbar durch Hervorbringung von Wärme, welche dann ihrerseits die Körper bis zum Leuchten erhitzt. Das erstere findet z. B. statt bei den prachtvollen Lichterscheinungen, welche in luftverdünnten Räumen entstehen, wenn man durch sie Elektrizität hindurch treibt, wie in den, wohl kaum einem unserer Leser unbekanntem, Geisler'schen Röhren. Das zweite in unseren elektrischen Lampen, sowohl den Glühlichtlampen als auch den Bogenlichtlampen.

Gewöhnlich verbindet man mit der Vorstellung von einem selbstleuchtenden Körper zugleich die Vorstellung großer Hitze desselben. Dieses ist auch richtig, wenn der Körper durch Erwärmung leuchtend geworden ist. Es können aber Körper, welche auf eine der anderen oben genannten Arten zum Leuchten gebracht sind, durchaus dabei kalt bleiben. Jrgend welche Unterschiede zwischen dem Licht heißer und kalter Lichtquellen bestehen nicht.

2. Ausbreitung des Lichts (Schatten- und Lichtvertheilung).

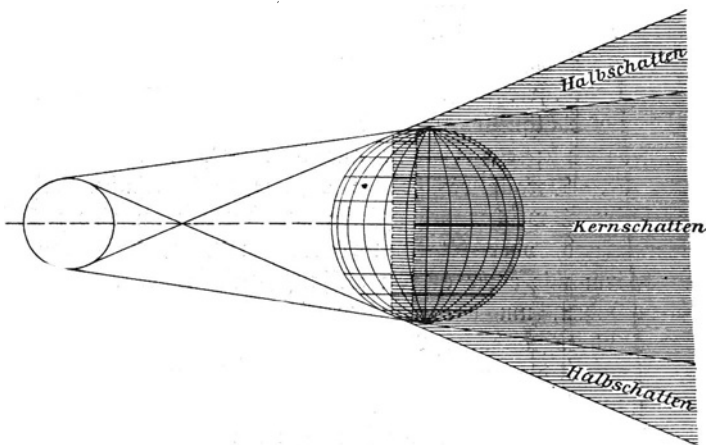
259. Was das Verhalten des Lichts zu den Körpern betrifft, so haben wir zunächst ein anscheinend rein Außerliches zu erwähnen, das jedoch zu einer wichtigen Folgerung führt. Es giebt Körper, welche Licht nicht durchlassen, sie sind undurchsichtig. Stellt man einem leuchtenden Körper einen solchen undurchsichtigen Körper entgegen, so entzieht dieser allen Orten hinter ihm, von denen aus man den leuchtenden Körper gar nicht sehen kann, alles Licht. Diese Orte liegen im Kernschatten. Stellen von denen aus man den leuchtenden Körper nur zum Theil zu sehen vermag, entzieht er das Licht desjenigen Theiles, den man nicht sieht. Diese Stellen erhalten also zwar Licht, aber zu wenig; sie liegen im Halbschatten oder Halblight. Orte, von denen aus man die ganze Lichtquelle überschauen kann, werden durch die Gegenwart des Körpers gar nicht gestört; sie liegen außerhalb des Schattens im vollen Licht oder Kernlicht. Der Kernschatten dehnt sich um so mehr aus, je kleiner der leuchtende Körper im Verhältniß zum schattenwerfenden ist. Er erstreckt sich, sich immer mehr erweiternd, bis ins Unbegrenzte, wenn der leuchtende Körper nur ein leuchtender Punkt (wie z. B. ein Fixstern) ist, und bildet den Theil einer Kegels, dessen Spitze im leuchtenden Punkt liegt, während sein Mantel durch den Umfang des schattenwerfenden Körpers geht. Im diesem Falle giebt es auch nur einen Kernschatten, keinen Halbschatten. Vergrößert sich der leuchtende Körper, so wird der Kernschatten immer schmaler und zugleich tritt rings um ihn der Halbschatten, sich mehr und mehr ausdehnend, auf. Ist der leuchtende Körper, soweit er dem schattenwerfenden zugewendet ist, so umfangreich wie dieser, so reicht der Kernschatten zwar immer noch in's Unbegrenzte, er ist aber an allen Stellen gleich breit, nämlich so breit, wie jeder der beiden Körper. Sobald der leuchtende Körper den schattenwerfenden an Größe übersteigt, zieht sich der Kernschatten zusammen und läuft in eine Spitze aus, so daß er einen Kegel bildet, dessen Mantel durch den Umfang des schattenwerfenden Körpers und denjenigen des leuchtenden geht. Dieser Kegel ist überall vom Halbschatten umgeben, der sich in's Unbegrenzte fortsetzt.

Einen solchen Schattenkegel wirft die von der Sonne beleuchtete Erde. Die Spitze dieses Kegels liegt mehr als 200000 Meilen hinter der Erde. Da der Mond durchschnittlich nur etwa 50000 Meilen von der Erde absteht, geräth er bei seiner Bewegung um die Erde manchmal auch in den Schatten der Erde. Bleibt er im Halbschatten, so wird er zwar noch vollständig beleuchtet, aber nur von einem Theil der Sonne. Kommt ein Theil von ihm in den Kernschatten, so erhält dieser gar kein Sonnenlicht. Ist er ganz im Kernschatten verschwunden, so zeigt er sich vollständig verdunkelt. Auf diese Weise erklären sich die

verschiedenen Arten der Mondfinsternisse, die wir am Himmelszelt beobachtet. Diese Mondfinsternisse der Erde sind also Sonnenfinsternisse für den Mond. Sonnenfinsternisse der Erde bekommen wir, wenn der Mond uns die Sonne ganz oder zum Theil verdeckt. Da jedoch der Mond kleiner ist als die Erde, ist der Theil des Kernschattens, mit dem er die Erde noch streifen kann, sehr schmal, so daß niemals die ganze Erde Sonnenfinsterniß haben kann (wohl aber der ganze Mond), sondern immer nur ein schmaler Streifen auf ihr. Im Uebrigen kann die Sonnenfinsterniß total sein, ringförmig oder sichelförmig, je nach dem wechselnden Abstände des Mondes von der Erde und je nach der Art, wie er sich für die betreffenden Punkte der Erde zwischen ihr und die Sonne schiebt. Sonnenfinsternisse der Erde sind Erdfinsternisse des Mondes.

Die nachfolgende Figur 19 zeigt die Konstruktion des Kernschattens und Halbschattens eines runden Körpers, der von einem runden Körper beleuchtet wird.

Fig. 19.



260. Einen Körper, welcher Licht auffängt, wollen wir allgemein einen Schirm nennen. Stellt man hinter einen solchen Schirm, ihm gleich gerichtet, einen zweiten, so schneidet dieser den Schatten des ersten durch; es entsteht auf ihm ein Schattenriß des schattenwerfenden Körpers. Die Begrenzung dieses Schattenrißes ist dem obigen zufolge abhängig von der Begrenzung des leuchtenden und von derjenigen des schattenden Körpers, sie ist also im Allgemeinen von vornherein nicht leicht vorauszusagen. Ist der leuchtende Körper sehr klein im Verhältniß zum schattenwerfenden Körper, so wird dessen dem Licht dargebotene Figur entscheidend sein; findet das Umgekehrte statt, so wird alles von der

Figur des leuchtenden Körpers abhängen. Kleine oder weitabliegende Lichtquellen geben deshalb richtigere Schattenrisse wie größere; sie bilden Körper durch ihren Schatten genauer ab. Kleine schattenwerfende Körper dagegen haben Schattenrisse, deren Umgrenzung fast nur von derjenigen der Lichtquellen bestimmt ist, bilden also mehr die Umgrenzung der Lichtquelle als ihre eigene ab.

261. Wir schneiden jetzt in dem ersten Schirm eine Oeffnung; sofort erscheint auf dem zweiten Schirm eine entsprechende helle Fläche innerhalb des Schattens. Ein Theil dieser Fläche ist besonders hell, er befindet sich im Kernlicht, das ist derjenige, welchem von dem übrigen Theil des Schirmes gar nichts von dem leuchtenden Körper verdeckt ist. Ein anderer, diesen rings umgebender Theil ist nur halbhell, befindet sich im Halblight, weil ihm ein Theil der Lichtquelle durch den Schirm verdeckt wird. Offenbar sind die Verhältnisse für die Beleuchtung ganz dieselben wie die für die Beschattung. Namentlich also ist die Begrenzung des hellsten Theiles (entsprechend dem Kernschatten) bestimmt durch die Form der Oeffnung und die Form der Lichtquelle. Ist die Lichtquelle sehr klein im Verhältniß zur Oeffnung, so ist die Begrenzung des Lichtflecks auf dem zweiten Schirm durch die Form der Oeffnung allein bestimmt, diese Form wird also abgebildet. Findet das Umgekehrte statt, ist nämlich die Oeffnung sehr klein im Verhältniß zur Lichtquelle, so ahmt die Form des Lichtflecks diejenige der Lichtquelle nach; es erscheint auf dem zweiten Schirm ein Bild der Lichtquelle. Darauf beruht die eigenartige Thatsache, daß man Abbildungen irgend welcher Gegenstände auch dadurch auf einem Schirm, oder einer Wand, oder Glasplatte erlangen kann, daß man einen großen Schirm mit einer engen Oeffnung zwischenstellt. Größe muß der Schirm haben, um alles fremde Licht auszuschließen. Man hat darauf hin photographische Apparate ganz ohne Gläser konstruirt. Eine Erscheinung, die in gleicher Weise zu erklären ist, kann Jeder leicht beobachten, der vor seinem Fenster Läden hat. Diese Läden haben vielfach Einschnitte, scheint durch sie die Sonne hinein, so sieht man auf der Wand nicht ein Bild des Einschnittes, sondern ein solches der Sonne, falls der Einschnitt nicht etwa zu groß ist. Wer keine solchen Läden hat, gehe an einen blätterreichen Baum und achte auf die Lichtflecke am Boden, welche zwischen den Schattenrisse der Blätter verstreut liegen. Scheint die Sonne auf den Baum, so sehen alle diese Lichtflecke rund wie die Sonne aus. Sie stammen vom Sonnenlicht, welches durch die Zwischenräume zwischen den Blättern durchgegangen ist. Diese Zwischenräume sind bei hinlänglich dichter Belaubung eng genug, sind aber kaum jemals kreisförmig, so daß von ihnen die angezeigte Form jedenfalls nicht herrühren kann. Findet zufällig eine sichelförmige Sonnenfinsterniß statt, so sind alle Flecke von

Sichelform. Uebrigens hängt die Form all' dieser Schatten und Lichtbilder streng genommen auch von dem Abstand der Schirme von einander ab.

262. So verwickelt nun anscheinend diese Verhältnisse sind, so kann man sie doch durch die einfachsten geometrischen Zeichnungen jedes Mal nachweisen, wobei lediglich gerade Linien von dem Umfang des leuchtenden nach demjenigen des Schattenwerfenden Körpers oder der Oeffnung in demselben zu ziehen und zu verlängern sind. Hieraus ist zu schließen, daß das Licht sich ganz geradlinig ausbreitet. Jede Linie von einem Punkt eines leuchtenden Körpers nach einem Punkt der Umgebung nennen wir einen Lichtstrahl. Der Körper beleuchtet die Umgebung vermitteltst dieser Lichtstrahlen. Ziehen wir von allen Punkten des leuchtenden Körpers nach einem Punkte der Umgebung gerade Linien, so haben wir alle Lichtstrahlen durch die dieser Punkt beleuchtet wird. Jeder leuchtende Punkt sendet also nach allen Punkten der Umgebung Lichtstrahlen, und in jedem Punkt der Umgebung vereinigen sich Lichtstrahlen, die von den einzelnen Punkten des leuchtenden Körpers ausgegangen sind. Wohin man auf geradem Wege von den einzelnen Punkten des leuchtenden Körpers nicht gelangen kann, da findet keine Beleuchtung statt, und jeder Punkt wird nur von denjenigen Punkten des leuchtenden Körpers beleuchtet, zu denen von ihm aus gerade Wege führen. Diese so einfachen Regeln bilden die Grundlage aller Licht- und Schattenkonstruktionen in ihren mannigfaltigsten Erscheinungen. Daß unter Umständen Licht freilich auch ein wenig um die Ecke herumgehen kann, werden wir später noch sehen (Art. 334).

3. Sichtbarkeit, Lichtgeschwindigkeit.

263. Ein Strahl für sich bietet uns keine bestimmte Lichterscheinung. Ein Punkt wird uns erst sichtbar, wenn sich mindestens zwei Strahlen in ihm kreuzen, oder an ihm nahe vorbeigehen. Je mehr Strahlen durch einen Punkt durchgehen oder je dichter Strahlen um ihn geschaart sind, desto heller erscheint er uns, desto mehr tritt er aus seiner Umgebung hervor. Kreuzen oder verdichten sich Strahlen nicht in einem Punkte, sondern in mehreren, so treten alle diese Punkte einzeln hervor, derjenige ist der hellste, der die meisten Strahlen in seiner Nähe hat. Folgen diese Punkte unmittelbar auf einander, so daß sie sich in steter Reihe an einander schließen, so haben wir sichtbare Linien oder Flächen oder Räume. Wir sehen also überall da leuchtende Stellen, von wo aus Strahlen ausgehen oder wo Strahlen sich durchkreuzen bezw. stark verdichtet sind. Damit aber diese Stellen sich als scharf umgrenzte Figuren darbieten, ist nothwendig, daß eben von ihnen vornehmlich die Strahlen herkommen, die in unser Auge gelangen. An ihrer Grenze muß ein plötzlicher Abfall der von dort herkommen-

den Strahlenmenge stattfinden. Ist das der Fall, so treten diese Stellen individuell aus ihrer Umgebung hervor, anderenfalls, wenn dieser Abfall nur allmählig vor sich geht, ist ihre Begrenzung verschwommen. Noch eines kommt in Betracht. Sind sie von Stellen umgeben, von welchen selbst Strahlen herkommen, oder gehen ihre Strahlen durch Räume, welche gleichfalls erleuchtet sind, kurz haben sie einen hellen Hintergrund, wie man sagt, so können sie sich nicht so hervorheben, als wenn sie allein leuchteten. Ist dieser Hintergrund so hell wie sie selbst, so verschwimmen sie in diesem, ihre Konturen verlieren sich, sie heben sich von ihm nicht ab; ist er noch heller, so erscheinen sie wieder, aber nur, weil sie dunkler sind, im Negativ, wenn wir mit den Photographen reden wollen. Körper können also aus ihrer Umgebung aus zwei Gründen sich abheben und individuell erscheinen, erstens, weil von ihnen mehr Strahlen herkommen als von dieser, und zweitens, weil das Umgekehrte der Fall ist. Helle Körper sieht man also nicht unter allen Umständen gesondert hervortreten. So sehen wir z. B. die Sterne am Tage nicht. Die ganze Luft ist nämlich am Tage von den Sonnenstrahlen durchleuchtet, das Licht der Gestirne vermischt sich mit diesem Sonnenlicht und tritt nicht gesondert hervor. Sobald aber die Sonne durch den Mond verfinstert ist, erscheinen alle Sterne. Aus gleichem Grunde sieht man die prachtvolle Glorie, von der die Sonne umgeben ist, und die man Korona nennt, nur, wenn der Mond die Strahlen ihres eigentlichen Körpers abschneidet, also bei Sonnenfinsternissen. Den Mond sehen wir, so oft er überhaupt am Tage am Himmel steht, deshalb, weil er uns von der Sonne mehr Strahlen zusendet als eine gleich große Fläche der Luft, auch wenn diese von der Sonne durchleuchtet ist. Ebenso sehen wir mitunter die Venus am hellen Tage; rückt sie aber der Sonne nahe, so kommen ihre Strahlen zuletzt durch Luftschichten, die uns mehr Strahlen zusenden als sie, und sie verschwindet unserem Auge. Tritt sie ganz in die Sonnenstrahlen, so sehen wir sie wieder, aber nun nicht, weil sie leuchtet, sondern weil sie sich dunkel von dem hellen Hintergrund abhebt.

264. Ferner sehen wir Körper und überhaupt leuchtende Stellen dort, wo die von ihnen herkommenden Strahlen zusammenlaufen. So sehr sind wir daran gewöhnt, an Orten Licht zu suchen, wo Strahlen außerhalb des Auges zusammenlaufen, daß wir selbst in Fällen, in denen Strahlen thatsächlich gar nicht zusammenlaufen können, weil sie auf irgend eine Weise plötzlich durchschnitten sind, daß wir also da, wo sie zusammenlaufen würden, wenn man sie gehörig verlängerte, Licht sehen, so als ob sie dort wirklich zusammenliefen. Solche Stellen sind also nur in unserer Einbildung vorhanden. Wir nennen sie darum auch imaginative oder virtuelle, während die Stellen, in denen Strahlen wirklich zusammenlaufen, reelle heißen. Für das Sehen

haben jene ganz dieselbe Bedeutung wie diese. Wir kommen bald darauf zurück.

265. Ein leuchtender Punkt sendet Strahlen nach allen Richtungen aus, denken wir uns um ihn herum eine Kugel gelegt, so beleuchtet er alle Theile der Innenfläche dieser Kugel, und zwar alle Theile gleich stark. Das Licht, was auf die Innenfläche dieser Kugel gelangt, ist alles, was der Punkt überhaupt ausjendet. Entfernen wir diese Kugel und legen eine andere größere um den Punkt herum, so dient dasselbe Licht, um nunmehr diese größere Kugel in allen Theilen gleichmäßig zu beleuchten. Jeder Theil dieser Kugel muß hiernach weniger Licht erhalten als ein gleich großer Theil der früheren engeren Kugel, und zwar in demselben Maße weniger, als die engere Kugel kleiner ist wie die weitere. Hieraus schließen wir, daß unter gleichen Umständen ein Flächenstück um so schwächer beleuchtet wird, je weiter es von der Lichtquelle entfernt ist, und zwar nimmt die Beleuchtungsstärke ab in demselben Verhältniß, in welchem der Abstand von der Lichtquelle mit sich selbst multiplicirt zunimmt, ein Gesetz ganz ähnlich dem früher behandelten Gesetz für die Abnahme der allgemeinen Schwerkraft. Neigen wir ferner die Fläche gegen die Lichtstrahlen, so gehen Strahlen vorbei, die früher aufgetroffen sind, also auch mit der Neigung gegen die Strahlen nimmt die Beleuchtungsstärke ab. Die Strahlen der Sonne sind in der That im Winter in unseren Breiten gegen die Erdoberfläche viel stärker geneigt als im Sommer, daher wir auch im Winter weniger Licht (und Wärme, wie wir noch sehen werden) bekommen als im Sommer.

266. Ferner hat die Erfahrung gelehrt, daß wenn ein Körper zu leuchten beginnt, nicht alle Körper sofort beleuchtet werden, sondern erst die ihm am nächsten befindlichen, dann die folgenden u. s. f., zuletzt die fernsten. Verliicht ein leuchtender Körper, so werden zuerst die nächsten, dann die folgenden u. s. f., zuletzt die fernsten Körper dunkel. Also das Licht breitet sich nicht momentan durch den Weltenraum aus, sondern bedarf dazu einer gewissen Zeit. Es verschwindet auch nicht mit der Lichtquelle momentan, sondern von Innen heraus erst im Laufe der Zeit. Man nennt die Geschwindigkeit, mit der das Licht von einem leuchtenden Körper aus sich ausbreitet, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes. Mit gleicher Geschwindigkeit breitet sich auch vom ausgelöschten Körper her die Dunkelheit aus. Diese Licht-(und Dunkelheit-)geschwindigkeit ist nun so außerordentlich groß, daß wir auf der Erde nur durch die allerfeinsten Messungsmittel nachweisen können, daß Licht und Dunkelheit in der That Zeit brauchen, um sich fortzupflanzen. Sie beträgt nämlich in der Luft nicht weniger als etwa 300 000 km in der Sekunde. Da der Umfang der Erde gegen 40 000 km hat, so vermöchte Licht in einer Sekunde mehr als 7mal sich rings

um die Erde herum fortzupflanzen. Von dem Monde bis zu uns sind es etwa 370000 km, diese Strecke würde das Licht in wenig mehr als einer Sekunde zurücklegen. Bis zur Sonne haben wir die stattliche Strecke von 150000000 km, dazu braucht das Licht etwa 500 Sekunden oder gegen 8 Minuten. Verschwände die Sonne plötzlich, so würden wir sie noch 8 Minuten lang sehen. In der That sehen wir auch die Sonne aus diesem Grunde 8 Minuten lang, nachdem sie schon untergegangen ist, und wir sehen sie 8 Minuten lang noch nicht, nachdem sie schon aufgegangen ist. Manche von den Fixsternen, die wir am Himmel sehen, sind unfassbar weit von uns entfernt; von dem uns nächsten Stern schon braucht das Licht an 3 Jahre, um zu uns zu gelangen, ihn würden wir noch 3 Jahre sehen, wenn er auch schon verschwunden wäre. Und so mag es Sterne geben, die wir jetzt noch sehen, die aber schon vor vielen Jahrhunderten ihr Licht verloren haben und andere, die wir noch nicht sehen, und die doch schon seit Jahrhunderten Licht aussenden. Manchmal beginnen Sterne plötzlich hell zu leuchten, wir müssen dann eine furchtbare Katastrophe auf ihnen befürchten, aber wenn Lebewesen dort davon betroffen sind, kommt unser Mitleid zu spät, diese haben längst ausgelitten, wenn wir es eben erst zu Gesicht bekommen. Dieses sind einige der Folgen davon, daß das Licht, wenn es sich auch mit für uns unfassbar großer Geschwindigkeit ausbreitet, doch immerhin Zeit zur Ausbreitung und zum Verschwinden braucht, und daß die Schöpfung von so ungeheuerlicher Größe ist, daß das unfassbar Große ihr gegenüber unfassbar klein wird. Uebrigens pflanzt sich das Licht nicht durch alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit fort, am raschesten geschieht dieses durch den sogenannten leeren Raum zwischen den Himmelskörpern. Sodann durch die Gase, Flüssigkeiten und am langsamsten, aber immerhin noch unfassbar schnell, durch die festen Körper. Im Allgemeinen können wir sagen, daß es sich durch einen Körper um so rascher ausbreitet, je weniger dicht dieser ist. Der Vorficht wegen nennt man Körper optisch dichter als andere, wenn Licht durch sie hindurch sich weniger rasch bewegt als durch diese.

4. Reflexion, Spiegelbilder.

267. Wir wollen nunmehr auf das Verhältniß des Lichtes zu der Körperwelt näher eingehen. Wir haben bereits bemerkt, daß auch Körper, welche nicht selbst leuchten, Licht aussenden können, nämlich dann, wenn sie welches von einem leuchtenden Körper zugesandt erhalten; sie vermögen also Licht zurückzustrahlen. Diese Erscheinung nennt man die Zurückwerfung oder Reflexion des Lichtes. Die Reflexion des Lichtes tritt stets ein, sobald Licht auf die Oberfläche eines Körpers stößt. Die Art der Zurückwerfung wird ganz durch die Beschaffenheit der Oberfläche bedingt. Ist die Oberfläche rauh, so wird

das Licht nach allen Seiten hin zerstreut. Dieses nennt man die diffuse Reflexion. Körper, welche in dieser Weise Licht reflektiren, senden es also nach allen möglichen Richtungen hin, wirken demnach auf andere Körper genau so wie selbstleuchtende Körper. Sie werden von allen Seiten gesehen und beleuchten alle Punkte des Raumes, von denen man überhaupt auf geradem Wege zu ihnen gelangen kann. Solche Körper sind z. B. Papier, Kreide, alle Erden, Hölzer. Kurz fast alle Körper der Natur werden uns durch solche diffuse Reflexion sichtbar. Von jedem einzelnen ihrer Punkte gelangen eine Menge von Strahlen in das Auge, wo dieses sich auch befinden mag, wenn es nur die Körper überhaupt ansieht, und wir sehen jeden einzelnen Punkt dieser Körper, weil die Strahlen, die in das Auge gelangen, von diesen einzelnen Punkten ausgehen. Sie kreuzen sich in diesen Punkten.

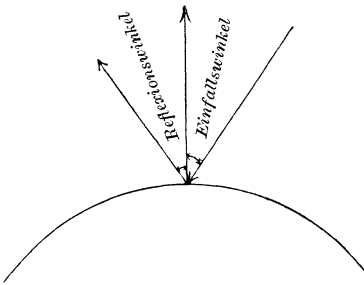
268. Die andere Art von Reflexion, die regelmäßige Reflexion, tritt bei Körpern auf, welche eine glatte und polirte Oberfläche haben. Solche Körper nennt man spiegelnde. Von diesen Körpern wird auffallendes Licht nicht nach allen Richtungen zerstreut, sondern nur nach ganz bestimmten Richtungen zurückgeworfen. Spiegel können deshalb ihrerseits auch nicht zugleich alle Punkte des Raumes durch reflektirtes Licht erhellen, sondern nur diejenigen, welche sich im Wege der von ihnen zurückgeworfenen Strahlen befinden. Dieses ist allgemein bekannt. Auch erscheint ein Spiegel nur an denjenigen Stellen hell, von welchen aus zurückgeworfenes Licht in das Auge gelangt. Dafür sind aber Spiegel an diesen Stellen ganz besonders hell. Sie vermögen auch andere Körper viel stärker zu beleuchten als diffus reflektirende Körper, weil sie ja nicht wie diese das Licht nach allen Richtungen zerstreuen, sondern es zusammenhalten. Unter Reflexion ohne jeden Zusatz versteht man diese regelmäßige, spiegelnde Reflexion. Sie geschieht ähnlich wie die Zurückwerfung einer elastischen Kugel, die man gegen eine Wand gerade oder schräg geschleudert hat. Das Gesetz hierfür war bereits im Alterthum bekannt. Es lautet: Der reflektirte Theil eines Lichtstrahls bildet denselben Winkel mit der Oberfläche wie der auffallende Theil und liegt außerdem mit diesem in einer Ebene, welche die Oberfläche senkrecht schneidet. Man kann dieses Reflexionsgesetz etwas gelehrter ausdrücken. Errichtet man an der Stelle, wo ein Strahl auf die Oberfläche eines Körpers auftrifft, eine gerade Linie genau senkrecht zu der Oberfläche an dieser Stelle, so nennt man diese Linie ein Einfallslot. Das obige Gesetz besagt nun: Der reflektirte Strahl liegt mit dem Einfallstrahl und dem Einfallslot in einer und derselben Ebene, und bildet mit dem Einfallslot genau den nämlichen Winkel wie der Einfallstrahl, das Einfallslot halbirt den Winkel zwischen diesen beiden Strahlen. Man

nennt den Winkel zwischen Einfallsstrahl und Einfallslot den Einfallswinkel, den zwischen reflektirtem Strahl und Einfallslot Reflexionswinkel, beide sind also einander gleich, dieses ist in der folgenden Figur 20 versinnbildlicht.

Insbefondere ist hervorzuheben, daß Strahlen, welche senkrecht auf einen Spiegel auffallen, auf den Weg zurückgeworfen werden, den sie gekommen sind; sie gehen also zur Lichtquelle zurück.

269. Aus der Eigenschaft der Spiegel, Licht regelmäßig zu reflektiren, ergibt sich, daß jede Spiegelstelle nur einen Strahl zurückwirft. Man sieht deshalb nicht eigentlich die Spiegel selbst an der reflektirenden Stelle, sondern vielmehr lediglich diejenigen Stellen des Raumes, in welchen sich die von ihnen zurückgeworfenen Strahlen wirklich oder gehörig verlängert durchkreuzen und diese brauchen nicht auf

Fig. 20.



den Spiegeln selbst zu liegen. Diese Durchkreuzungsstellen nennt man die Spiegelbilder. Sie sind wirklich oder reell, wenn die Durchkreuzung thatsächlich stattfindet, die Strahlen also nach der Reflexion einander zugeeignet sind, nicht wirklich, virtuell oder imaginativ, wenn dieses nicht stattfindet, die Strahlen also nach der Reflexion von einander abgeneigt sind, aber eine Durchkreuzung in der Verlängerung der Strahlen nach rückwärts erfolgen würde (Art. 264).

Reelle Bilder liegen deshalb stets vor den Spiegeln, virtuelle hinter den Spiegeln. Wir sehen also thatsächlich nicht die Spiegel, sondern Stellen vor ihnen oder hinter ihnen erleuchtet. Bilder aber sind diese Stellen von den Körpern, von welchen das Licht auf die Spiegel fällt. Man kann die reellen Bilder von den virtuellen leicht unterscheiden, denn weil die ersteren thatsächlich da sind, die anderen aber nicht, sondern nur in der Vorstellung, giebt es einfache Mittel, jene auch als solche Allen zugleich zu zeigen, wogegen diese unter keinen Umständen Allen zugleich sichtbar gemacht werden können. Bringt man nämlich dem Spiegel gegenüber in den Gang der reflektirten Strahlen einen Schirm, so kann man die wirklichen Bilder durch Hin- oder Herschieben des Schirmes, oder des Spiegels, oder der Lichtquelle mit Leichtigkeit auffinden. Sie erscheinen thatsächlich auf dem Schirm und können, da sie von diesem diffus reflektirt werden, von allen Seiten gesehen werden. Virtuelle Bilder dagegen lassen sich auf diese Weise niemals sichtbar machen. Man sieht nur einen verwaschenen Lichtfleck auf dem Schirm. Das aber haben die reellen Bilder mit den virtuellen gemein, daß man

auch sie ohne Zuhülfenahme solcher diffuser Reflexionen, wie eben solcher von einem Schirm, nicht von allen Seiten sehen kann, sondern immer nur dann, wenn man in Richtung der im Bilde sich kreuzenden Strahlen blickt. Sobald man den Kopf aus diesen Strahlen herausbringt, schwindet das Bild vollständig. Sieht man es trotzdem, wie es manchmal geschieht, in der Luft schweben, so kommt das nur daher, weil in der Luft Staub- und Nebeltheilchen vorhanden sind, welche es diffus reflektiren, wie es der Schirm that. Ein virtuelles Bild kann aber auch auf diese Weise nicht zum Vorschein kommen.

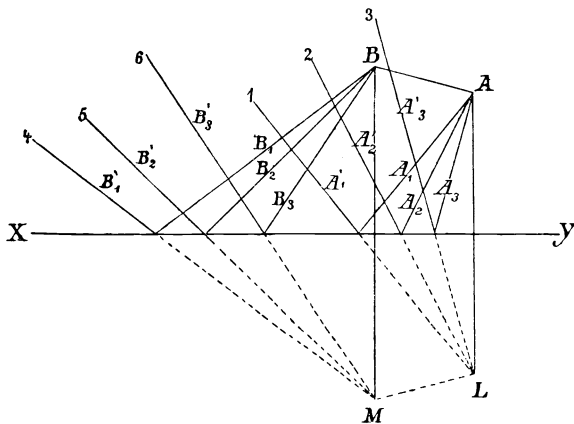
270. Ferner zeigt eine einfache Ueberlegung, daß, wenn man das Bild eines Gegenstandes sieht — man sagt gewöhnlich den Gegenstand im Spiegel sieht — man umgekehrt auch vom Gegenstande im Spiegel gesehen wird. Nie kann man im Spiegel von einem Orte aus gesehen werden, wenn man diesen Ort nicht auch selbst im Spiegel sieht. Zwei Personen können sich also nur gleichzeitig in einem Spiegel sehen; daß eine die andere darin sieht, ohne daß sie zugleich darin von ihr gesehen wird, ist unmöglich. Dieses ist eine einfache Folge der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes und gilt für alle möglichen Spiegel. Ueberhaupt besteht vollständige Gegenseitigkeit zwischen Gegenstand und Bild. Betrachtet man das Bild als Gegenstand, so liegt sein Bild da, wo der Gegenstand sich befindet; dieser ist sein Bild.

271. Wir haben nun zu erwähnen, daß manche Spiegel das Licht in der That so reflektiren, daß Strahlen, welche von einem Punkte ausgehen, sich nach der Reflexion wirklich, oder nach rückwärts gehörig verlängert in einem Punkte schneiden. Solche Spiegel geben also von jedem leuchtenden Punkt wieder einen Punkt als Bild. Ist ein Gegenstand aus mehreren Punkten zusammengesetzt, so entwerfen sie von jedem Punkte ein Bild. Die Bildpunkte liegen dann vielfach gegen einander so, wie es die einzelnen Punkte des Gegenstandes thun. Sie bilden dann in der That ein Spiegelbild des ganzes Gegenstandes. Ob ein solches Bild reell oder virtuell ist, ob es kleiner oder größer als der Gegenstand ausfällt, ob es aufrecht steht oder verkehrt ist, dieses alles hängt ab von der Form des Spiegels und der Lage der Lichtquelle zu ihm und läßt sich in jedem Falle bei Vergegenwärtigung des obigen Reflexionsgesetzes mit Leichtigkeit entscheiden.

Ebene Spiegel geben stets aufrechtstehende virtuelle Bilder, welche genau eben so weit hinter den Spiegeln zu liegen scheinen, als die Gegenstände sich vor ihnen befinden und genau eben so groß sind wie die Gegenstände. Wir können das mit Leichtigkeit an der folgenden Figur 21 zeigen. A, B sind zwei leuchtende Punkte, jeder von ihnen sendet einen Strahlenkegel aus, der in der Figur, um nicht durch viele Linien zu verwirren, durch je drei Strahlen A_1, A_2, A_3 , bezw. B_1, B_2, B_3 dargestellt ist. Die gerade Linie XY ist ein Durchschnitt durch

den ebenen Spiegel. Die Strahlen des ersten Regels geben die reflektirten Strahlen A'_1, A'_2, A'_3 , die des zweiten die Strahlen B'_1, B'_2, B'_3 , wobei diese reflektirten Strahlen nach dem Reflexionsgesetz mit dem Spiegeldurchschnitt XY genau dieselben Winkel bilden, wie die entsprechenden einfallenden Strahlen. Verlängert man die reflektirten Strahlen nach rückwärts, was durch die gestrichelten Linien geschehen ist, so sieht man, wie sich die Verlängerungen von A'_1, A'_2, A'_3 im Punkte L , die von B'_1, B'_2, B'_3 im Punkte M schneiden. Jene verlaufen also so, wie wenn sie von L , diese, wie wenn sie von M her kämen. L ist hiernach das Bild von A , M das von B . Beide Bilder sind virtuell, sie liegen hinter dem Spiegel und man sieht auch, daß der Spiegel XY die Strecke von A nach L und die von B nach M

Fig. 21.



halbirt. Die Bilder liegen also hinter dem Spiegel gerade den Gegenständen gegenüber; gesehen werden sie aber nur, wenn das Auge in Richtung der reflektirten Strahlen A'_1, A'_2, A'_3 , bezw. B'_1, B'_2, B'_3 blickt. Es sieht dann von den beiden Punkten A, B , ihr Bild LM , welches dem Gegenstande AB gegenüberliegt und eben so groß ist wie dieser Gegenstand. Da der Spiegel nur diejenige Seite des Gegenstandes zeigt, welche ihm zugekehrt ist, sieht man auch, daß im Bilde Links und Rechts vertauscht sein müssen. Uebrigens erhellt aus der obigen Darstellung, daß man bei einem ebenen Spiegel die Lage der virtuellen Bilder sofort angeben kann, man fällt von jedem Punkte des Gegenstandes auf den Spiegel eine Senkrechte und verlängert diese hinter dem Spiegel um ihre eigene Länge; der Endpunkt ist das Bild dieses Punktes. Auf diese Weise hätten wir die beiden Bildpunkte L und M auch finden können. Besteht die ganze Linie AB aus leuchtenden Punkten, so liegen alle Bilder dieser Punkte auf der Linie LM ,

diese Linie erscheint leuchtend, ist das Bild von AB. Ähnliches gilt von jedem beliebigen Gegenstand, man sieht ihn im ebenen Spiegel stets so, wie er selbst aussieht.

272. Von krummen Spiegeln nennt man diejenigen, deren Krümmung erhaben ist, konvexe, solche, deren Krümmung vertieft ist, konkave oder Hohlspiegel. Konvexe Spiegel geben stets virtuelle aufrechte und verkleinerte Bilder. Jeder kennt sie und ihre Wirkung, der sich in den in Gärten als Schmuckgegenstand aufgestellten spiegelnden Glaskugeln betrachtet hat. Konkave Spiegel geben reelle Bilder sowohl als virtuelle. Sind diese Spiegel kugelförmig, so entstehen reelle Bilder, so lange der Gegenstand dem Spiegel nicht näher gekommen ist als bis zur Hälfte seines Radius, anderenfalls sind die Bilder virtuell. Die reellen Bilder stehen verkehrt, auf dem Kopfe, die virtuellen aufrecht. Die virtuellen sind stets größer als der Gegenstand, die reellen nur dann, wenn der Gegenstand dem Spiegel näher ist als sein Mittelpunkt, ist er ihm ferner, so sind die Bilder kleiner. Der Abstand dieser Bilder von der Spiegelfläche variiert außerordentlich. In einem Falle befindet sich das Bild sogar in der Unendlichkeit, nämlich wenn der Gegenstand gerade in der Mitte zwischen dem Mittelpunkt des Spiegels und ihm selbst liegt. Ist dagegen der Gegenstand vom Spiegel unendlich fern, so schließen wir vermöge dessen, was wir oben über die Gegenseitigkeit zwischen Bild und Gegenstand gesagt haben, daß sein Bild in der Mitte zwischen dem Mittelpunkt des Spiegels und dem Spiegel selbst liegt. Nun sind Strahlen, welche aus unendlicher Ferne kommen, einander parallel, ebenso Strahlen, welche in unendliche Ferne gehen. Nach der Reflexion schneiden sich also parallele Strahlen an derselben Stelle, von welcher sie ausgehen müssen, wenn sie durch die Reflexion als parallele Strahlen zurückgesandt werden sollten. Diese Stelle heißt der Brennpunkt des Spiegels. Strahlen, welche vom Brennpunkt ausgehen, verlaufen nach der Reflexion parallel, Strahlen, welche parallel ankommen, durchkreuzen sich im Brennpunkt. Diese Bestimmung des Brennpunktes gilt für alle möglichen Spiegel, ob sie kugelförmig vertieft sind, oder parabolisch, ellipsoidisch u. s. f., sie gilt auch für konvexe Spiegel, nur ist der Abstand vom Spiegel je nach der Form des Spiegels immer in anderer Weise bestimmt. Der Brennpunkt kann auch virtuell sein, indem er hinter dem Spiegel liegt. Bei dem kugelförmigen Konkavspiegel liegt er, wie oben angegeben, um den halben Radius vor dem Spiegel, bei kugelförmigen Konvexspiegeln um den halben Radius hinter dem Spiegel, so daß er bei diesen nicht reell ist, bei parabolischen und elliptischen Spiegeln liegt er im geometrischen Brennpunkt, beim ebenen Spiegel liegt er in der Unendlichkeit.

Die Sonne ist von uns so weit entfernt, daß ihre Strahlen fast

als genau parallel angesehen werden können. Ihre Strahlen vereinigen sich also stets im Brennpunkt des Spiegels. Ebene Spiegel reflektiren sie hiernach parallel zurück, konvexe zerstreuen sie so, daß sie sich rückwärts verlängert hinter ihnen (wenn sie voll sind, in ihnen) in der Mitte zwischen Spiegel und Spiegelmittelpunkt schneiden und dort ein unendlich kleines virtuelles Bild zu erzeugen scheinen. Konkave Spiegel vereinigen sie thatsächlich vor sich in einem Punkt in der Mitte zwischen ihnen und ihrem Mittelpunkt, dort schneiden sich alle reflektirten Sonnenstrahlen zu einem reellen Bilde, und wenn man da einen Schirm hinhält, bekommt man einen äußerst hellen Lichtfleck, der aus Gründen, die wir später noch kennen lernen werden, so große Hitze zeigt, daß er zünden und bei genügender Größe des Spiegels sogar die feuerfestesten Substanzen schmelzen und verflüchtigen kann. Daher der Name des Vereinigungsortes als Brennpunkt.

273. Spiegel dienen häufig, um Licht an einen Ort zu werfen, wo sonst keines hinkommt. Man sieht, daß man dazu nur ebene und konkave Spiegel brauchen kann; die konvexen zerstreuen das Licht statt es zusammenzuhalten und womöglich zu verdichten. Beleuchtungsspiegel sind deshalb ausschließlich eben oder konkav. Will man ferner an einen Ort möglichst viel Licht konzentriren, so wählt man konkave Spiegel. Im Uebrigen hängt die Lichtmenge, die konzentriert wird, von der Stellung des Spiegels und von seiner Fläche ab, worauf aber nicht näher einzugehen ist, da die Theorie nicht einfach genug ist, praktisch aber Jeder sich die günstigste Stellung und Größe des Spiegels leicht ausprobiren kann. Ferner bedient man sich der Konkavspiegel, um Licht zusammengehalten in große Fernen zu senden, z. B., um das landläufigste nicht erst anzuführen, in den Leuchttürmen. Man stellt derartige Spiegel hinter die Flamme so, daß diese im Brennpunkt sich befindet, die Strahlen werden parallel aus dem Thurm herausgeschickt und bleiben also in weiten Fernen noch bei einander, so daß das Licht auch sehr weit gesehen werden kann. Doch hat man hierfür jetzt andere sicherer wirkende Einrichtungen. Endlich dienen Spiegel thatsächlich dazu, um Bilder von Gegenständen zu entwerfen, an denen man die äußere Beschaffenheit der Gegenstände betrachten kann. Alle Spiegel unserer Zimmer haben nur diesen Zweck; da man sich selbst nicht gut betrachten kann, sieht man in den Spiegel, dort hat man sein Ebenbild unmittelbar vor sich und kann es beliebig besichtigen. Aehnlichem Zwecke dienen die Spiegel, welche in gewissen, zur Beobachtung der Himmelskörper dienenden, als Spiegelteleskope bezeichneten, Fernrohren angebracht sind. Sie entwerfen Bilder dieser Himmelskörper, die man mit dem Auge oder mit besonderen Hülfsmitteln, die wir bald kennen lernen werden, untersucht.

274. Die Bilder, welche Spiegel entwerfen, sind durchaus von

deren Form abhängig, manche lassen so verzerrte Bilder entstehen, daß, wer in sie hineinsieht, vor sich selbst erschrickt, und, wenn er sich an die Scheußlichkeit gewöhnt hat, darüber lachen muß. Auf den Jahrmärkten findet man oft Buden, die als Lachkabinets bezeichnet werden; sie sind mit solchen Spiegeln ausgestattet, welche die tollsten Abbildungen der Gegenstände geben. Kombiniert man ferner mehrere Spiegel mit einander, so kann man das Licht hinbringen, wohin man will, und Bilder beliebig zu neuen Bildern zusammenstellen. Die Damen benutzen zwei im Winkel oder einander gegenüber gestellte Spiegel, um auch von der Rückseite ihrer Frisur oder ihrer Toilette eine Anschauung zu gewinnen. Allen bekannt werden auch die Kaleidofkope sein, welche aus Röhren bestehen, die mehrere im Winkel gegen einander gestellte Spiegel und bunte Glasstücke enthalten. Diese bilden sich in allen Spiegeln ab und die Bilder setzen sich zu schönen, sehr symmetrischen Gebilden zusammen. Auch Gespenstererscheinungen werden mit Spiegeln hervorgebracht.

Nicht immer auch giebt ein Spiegel von einem leuchtenden Punkt als Bild wieder einen leuchtenden Punkt, dieses ist sogar streng genommen kaum je der Fall. Meist ist das Bild eines leuchtenden Punktes eine leuchtende Fläche, die man als Brennfläche bezeichnet und deren Schnitt mit einer Ebene eine Brennlinie giebt. Man sieht solche Brennlinien z. B. am Boden eines Glases Wasser, wenn man es in geeigneter Weise gegen das Licht hält, oder wenn man ein Blech cylinderförmig biegt und mit der konkaven Seite dem Lichte zugewandt auf den Tisch stellt u. s. f. Diese Brennfläche hat in den praktisch wichtigen Fällen einen Punkt, der besonders hell ist, und dieser Punkt ist der Bildpunkt des leuchtenden Punktes. Da aber immerhin auch die anderen Punkte der Brennfläche mit wirksam sind, sind die Spiegelbilder, mit Ausnahme der von ebenen Spiegeln entworfenen, auch aus diesem Grunde ihren Gegenständen nicht immer ähnlich genug, und oft sehr verwaschen und undeutlich. Die Undeutlichkeit steigt noch, wenn das Licht in breiten Massen auf den Spiegel trifft.

275. Wir haben diese Verhältnisse genauer dargelegt, weil Spiegel in Jedermanns Händen sich befinden, der Leser also Alles leicht kontrolliren kann. Dann jedoch auch, weil damit ein großer Theil dessen, was noch weiter zu sagen ist, soweit vorweggenommen ist, daß es immer nur gewisser Hinweife bedürfen wird.

Wenn der Leser jedoch noch fragen will, wie werden eigentlich dunkle Gegenstände oder dunkle Stellen in Gegenständen abgebildet, da sie doch keine Strahlen, die zu reflektiren wären, aussenden, so lautet die einfache Antwort: Dadurch, daß ihre helle Umgebung abgebildet wird, sie erscheinen als Ausparungen in den Bildern der hellen Umgebung, so daß es aussieht, als ob sie selbst abgebildet wären.

5. Brechung, optische Apparate.

a) Gesetze der Brechung.

276. Nicht alles Licht, welches auf einen Körper auffällt, wird von diesem zurückgeworfen. Ein Theil des Lichtes wird auch von den Körpern durchgelassen. Auch dieser Theil ist bei den verschiedenen Körpern verschieden groß. Diejenigen Körper, welche viel Licht durchlassen, nennen wir durchsichtig; diejenigen, welche nur wenig durchlassen, durchscheinend. Undurchsichtig sind solche Körper, durch welche gar kein Licht dringen kann. Das durch die Körper durchgehende Licht bewirkt, daß man durch sie hindurchsehen kann. Es geht jedoch nicht in die Körper hinein und kommt auch nicht aus ihnen heraus, ohne eine gewisse Veränderung zu erfahren. Jeder Lichtstrahl geht nämlich in einen Körper nur dann ohne Veränderung hinein, wenn er auf seine Oberfläche genau senkrecht auffällt. Sobald er aber aus einem Körper in einen anderen schräg eindringt, wird er von seinem Wege abgelenkt, er erleidet an der Oberfläche einen Knick und setzt innerhalb des Körpers seinen Weg in anderer Richtung fort, als er angekommen ist. Dieses nennt man die Brechung oder Refraktion des Lichtes. Wenn die Oberfläche des Körpers rauh ist, so ist mit der Brechung zugleich wie im gleichen Falle bei der Reflexion eine Zerstreung des Lichtes nach allen Richtungen verbunden, die Brechung ist eine diffuse und die brechende Fläche wirkt ihrerseits bei der Beleuchtung anderer Körper wie eine selbstleuchtende Fläche. Wenn dagegen die Fläche glatt oder polirt ist, geschieht die Brechung regelmäßig wie die Spiegelung, jedem einfallenden Strahl entspricht nur ein gebrochener.

277. Eine Brechung an einer Fläche tritt nur dann ein, wenn diese Fläche zwei Substanzen von einander scheidet, innerhalb deren das Licht sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortpflanzt. Das Verhältniß der Lichtgeschwindigkeit in der einen Substanz zu der Lichtgeschwindigkeit in der anderen ist entscheidend für die Größe der Brechung. Ein Strahl wird beim Uebergang aus der ersten Substanz in die zweite um so mehr von seinem Wege abgelenkt, je verschiedener diese Lichtgeschwindigkeiten sind, je mehr also jenes Verhältniß von 1 abweicht. Es kann sogar vorkommen, daß diese Ablenkung so groß ist, daß der einfallende Lichtstrahl, wenn er zu schräg ankommt, in die erste Substanz zurück hinein gelenkt wird, daß er also gar nicht in die zweite Substanz eindringt. Es wird alsdann alles Licht reflektirt und die in dieser Weise spiegelnde Fläche erscheint ganz besonders hell und vollkommen undurchsichtig. Dieses nennt man die vollständige, oder totale Reflexion.

278. Da man von der brechenden Eigenschaft der Körper fast ausschließlich in der Luft Gebrauch macht, bezieht man die Lichtgeschwindigkeit in den verschiedenen Substanzen auf diejenige in der Luft, man nennt die Lichtgeschwindigkeit in der Luft dividirt durch die Lichtgeschwindigkeit in irgend einer Substanz den Brechungsquotienten der Substanz. Beispielsweise ist der Brechungsquotient für Wasser $1\frac{1}{3}$, d. h. in Luft breitet sich das Licht $\frac{1}{3}$ mal rascher aus, als in Wasser. Für Diamant ist die entsprechende Zahl $2\frac{1}{2}$, für Glas $1\frac{4}{10}$ bis $1\frac{7}{10}$ u. s. f.

279. Man hat nun für die Brechung folgende Gesetze gefunden. Zunächst liegt der einfallende Strahl mit dem Einfallslot und dem gebrochenen Strahl genau in derselben Ebene. Dieses entspricht den Verhältnissen der Reflexion. Ferner zeigt sich, daß, wenn der einfallende Strahl in einen Körper übergeht, in welchem das Licht sich mit geringerer Geschwindigkeit ausbreitet, welches also den größeren Brechungsquotienten hat, der gebrochene Strahl von der brechenden Fläche abgelenkt wird, daß er dagegen der Fläche zu gebrochen wird, wenn das Umgekehrte stattfindet, die zweite Substanz also den kleineren Brechungsquotienten aufweist. Dasselbe besagt die Angabe, daß der Strahl in der zweiten Substanz der Verlängerung des Einfallslotes in dieser Substanz im ersten Fall zugelenkt, im zweiten von ihm mehr abgelenkt wird. Daraus erklärt sich, warum ein Lineal schräg in Wasser gesteckt in der That geknickt, der Boden einer Wassermasse erhöht erscheint und Gegenstände in einem mit Wasser gefüllten Gefäß sichtbar werden, die sonst vom Rand schon verdeckt sind.

280. Hieraus ist ferner zu ersehen, daß die vorhin erwähnte totale Reflexion nur an einer Fläche geschehen kann, wo das Licht in eine Substanz mit größerer Lichtgeschwindigkeit, also kleinerem Brechungsquotienten, eintreten soll, z. B. beim Uebergang von Wasser oder Glas in Luft, von Diamant in Luft oder Wasser oder Glas u. s. f., nie aber, wenn es umgekehrt in eine Substanz mit größerem Brechungsquotienten überzugehen hat. Uebrigens tritt die totale Reflexion auch im ersten Falle nicht unter allen Umständen ein, sondern nur, wenn die Neigung der einfallenden Strahlen gegen die Fläche unter einen gewissen Werth sinkt. Für den Uebergang des Lichts von Wasser in Luft ist diese Grenzneigung etwa 42 Grad; sind die im Wasser ankommenden Strahlen um mehr als 42 Grad gegen die trennende Fläche geneigt, so gehen sie noch in Luft über, sobald aber die Strahlen auf die Fläche unter einem kleineren Winkel als 42 Grad auftreffen, prallen sie vollständig zurück, die Wasserfläche sieht silberglänzend aus und ist völlig undurchsichtig. Man sieht manchmal in einem Glase oder einer Karaffe mit Wasser Luftblasen, die wie Silber glänzen; das sind Stellen, an denen das Licht total reflektirt wird, weil es zu schräg gegen

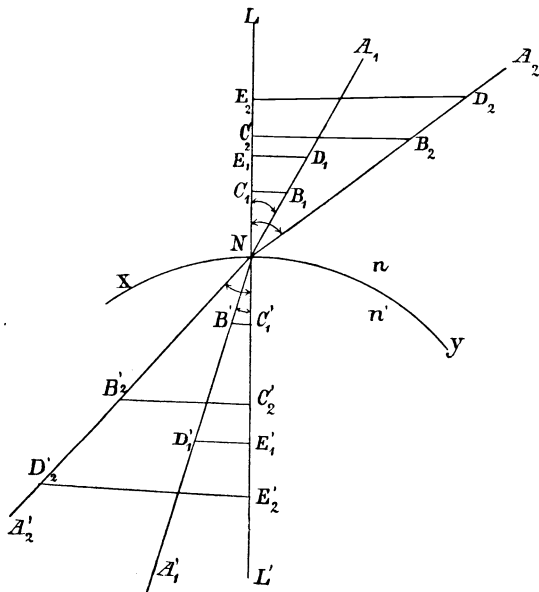
ihre Fläche auftrifft. Für den Uebergang aus Glas in Luft ist der nämliche Grenzwinkel für die Neigung gegen die Trennungsfläche etwa 50 Grad.

281. Auch die Größe der Ablenkung der Strahlen beim Uebergang aus einem Körper in einen anderen läßt sich genau angeben. Es ist nämlich das Verhältniß der Entfernungen gleichliegender Punkte des einfallenden Strahles und des gebrochenen von dem Einfallslothe bezw. von dessen Verlängerung für alle beliebigen, wie schräg oder wie steil auffallenden Strahlen, immer das nämliche, und zwar gleich dem umgekehrten Verhältniß der entsprechenden Brechungsquotienten. Wir wollen das wieder an einer Figur, 22 auf der folgenden Seite, zeigen. XY ist die als krumm angenommene brechende Fläche, $A_1 A_2$ sind zwei auffallende Strahlen, $A'_1 A'_2$ die gebrochenen, N ist der Auftreffpunkt, NL das Einfallslot, NL' das verlängerte Einfallslot. Es ist in der Figur angenommen, daß der Brechungsquotient n' der unteren Substanz größer ist als derjenige n der oberen. Deshalb sind $A'_1 A'_2$ dem Lothe NL' zu gebrochen, so daß der Brechungswinkel bei beiden Strahlen kleiner ist, als der Einfallswinkel. Ferner sind auf dem ersten einfallenden Strahl A_1 und seinem gebrochenen Strahl A'_1 zwei sonst beliebige Punkte B_1, B' angenommen, die gleich weit vom Auftreffpunkt N abstehen, $B_1 C_1$ und $B' C'_1$ sind ihre Entfernungen von dem Einfallslot und seiner Verlängerung. Ebenso sind B_2 und B'_2 zwei beliebige Punkte auf dem zweiten Strahl und seinem gebrochenen Strahl, die wieder beide vom Auftreffpunkt N gleich weit abstehen, und es sind $B_2 C_2$ bezw. $B'_2 C'_2$ deren Entfernungen vom Einfallslot und seiner Verlängerung. Wir haben dann $\frac{B_1 C_1}{B' C'_1} = \frac{n'}{n}$ ebenso $\frac{B_2 C_2}{B'_2 C'_2} = \frac{n'}{n}$ und so fort für jeden beliebig einfallenden und zugehörigen gebrochenen Strahl. Wir können das nämliche Gesetz auch noch anders ausdrücken. Nimmt man auf dem einfallenden Strahl irgend einen Punkt und auf dem zugehörigen gebrochenen einen anderen, welcher genau so weit vom Einfallslot absteht wie jener Punkt, so stehen die Entfernungen beider Punkte von ihrem Auftreffpunkte oder die Strahlenlängen bis zum Auftreffpunkte in dem nämlichen Verhältniß zu einander, wie die Brechungsquotienten, wie schräg oder steil der Strahl auch auffallen mag. In der Figur 22 sind für den Strahl A_1 und seinen gebrochenen A'_1 die Punkte D_1 und D'_1 solche zusammengehörige, indem $D_1 E_1 = D'_1 E'_1$ gemacht ist; ebenso im Strahl A_2 und seinem gebrochenen A'_2 die Punkte D_2 und D'_2 , weil $D_2 E_2 = D'_2 E'_2$ gewählt ist. Wir haben alsdann $\frac{D_1 E_1}{D'_1 E'_1} = \frac{n}{n'}$ und ebenso $\frac{D_2 E_2}{D'_2 E'_2} = \frac{n}{n'}$ und überhaupt für alle beliebigen Strahlen.

Endlich will ich noch sagen, daß die Mathematiker das nämliche

Gesetz auch so fassen: Der Sinus des Einfallswinkels dividirt durch den des Brechungswinkels ist gleich dem Brechungsquotienten der Substanz, in welcher der Strahl gebrochen wird, dividirt durch den Brechungsquotienten der Substanz, in welcher er ankommt. Der Leser kann sich nun diejenige Fassung aussuchen, die ihm am klarsten ist und seiner Vorstellung am meisten entspricht. Alle besagen gar nichts anderes, als daß der einfallende und gebrochene Strahl in den beiden Substanzen in gleichen Zeiten Wege zurücklegen, welche sich so verhalten wie ihre Geschwindigkeiten in diesen beiden Substanzen und zur Zurücklegung gleicher Wege Zeiten brauchen, welche den Geschwindigkeiten umgekehrt entsprechen. Das wird dem Leser ganz selbstverständlich erscheinen. Die mathematischen Gleichungen sind nur bequemer, wenn man die den einfallenden Strahlen zugehörigen gebrochenen wirklich zeichnen will. Man benennet dieses Brechungsgesetz als das Snellius'sche, weil es von einem (holländischen) Naturforscher Namens Snellius gefunden worden ist.

Fig. 22.



282. Nachdem ein Lichtstrahl beim Eintritt in einen anderen Körper gebrochen ist, setzt er seinen Weg in der neuen Richtung durch diesen Körper fort, bis er wieder auf die begrenzende Oberfläche trifft und an dieser aus dem Körper wieder austritt. Dabei erleidet er eine neue Brechung; kommt er an eine dritte Fläche, so erfährt er abermals eine Brechung u. s. f. So wird ein Lichtstrahl an jeder Fläche, in der er aus einer Substanz in eine andere tritt, immer wieder gebrochen und kann auf diese Weise eine beliebige Anzahl von Brechungen durchzumachen. Auch dann, wenn er innerhalb der nämlichen Substanz zwar bleibt, aber Theile derselben durchsetzt, die vom Licht nur mit verschiedenen Geschwindigkeiten durchzogen werden können, erfährt er Brechungen; ganz so, wie wenn er durch verschiedene Substanzen gekommen wäre.

Wir wissen z. B., daß die Luft in den höchsten Schichten am dünnsten ist und nach der Erdoberfläche hin stetig an Dichtigkeit zunimmt. Mit der Dichtigkeit aber variiert auch die Geschwindigkeit des Lichts in den einzelnen Schichten. Deshalb werden die Strahlen der Sonne und überhaupt aller Gestirne beim Durchgang durch die Luft, wenn sie diese nicht gerade senkrecht durchsetzen, fortwährend gebrochen, da die verschiedenen Schichten der Luft stetig in einander übergehen. Die Strahlen werden so zu krummen Linien und zwar kehren diese ihre hohle Seite nach unten. Gelangen sie in das Auge eines Menschen, so beurtheilt dieser die Lage des Himmelskörpers nach der Richtung des letzten Stückes dieser Strahlen. Der Körper scheint ihm darum höher über dem Horizont zu stehen als es thatsächlich der Fall ist. Darum sehen wir z. B. die Sonne schon ehe sie aufgegangen ist, und wir sehen sie noch, nachdem sie bereits untergegangen ist.

Ferner erhellt, daß wir durch solche krumme Strahlen auch manchmal Gegenstände auf der Erdoberfläche werden sehen können, die wir, weil sie zu fern sind, auf geradem Wege überhaupt nicht sehen sollten. Solche krumme Strahlen, die von Gegenständen der Erde in die Luft hineingehen und dort unter Umständen so gebrochen werden, daß sie zu anderen Stellen der Erde zurückbiegen, verursachen die Erscheinungen der Fata Morgana in ihren verschiedenartigen Gestaltungen. Wie schon bemerkt, sucht das Auge die Gegenstände immer in derjenigen Richtung, welche die Strahlen unmittelbar bei ihrem Eintritt in das Auge hatten, also nicht in Richtung des ganzen krummen Strahles, sondern in derjenigen des letzten Stückes. Daher sieht es durch solche gekrümmte Strahlen die Gegenstände, von denen die Strahlen ausgegangen sind, an ganz anderer Stelle als an derjenigen, wo diese sich befinden, nämlich oft am Himmel verkehrt schweben oder an Wolken u. s. f., wodurch die Gespensterhaftigkeit der Erscheinung noch ausdrucksvoller hervortritt. Man kennt ja die Schilderungen der Wüstenreisenden von Fata Morgana-Erscheinungen, die ihnen die wunderbarsten Gegenstände vorge spiegelt haben.

283. Durch Brechung können Lichtstrahlen ganz ebenso wie durch Spiegelung zur Durchkreuzung oder zur Anhäufung an bestimmten Stellen gebracht werden. Die Brechung wird also gleichfalls zur Entstehung von Bildern Veranlassung geben, und man wird durch solche gebrochene Strahlen wieder im Allgemeinen nicht die brechenden Flächen, sondern andere Stellen, diejenigen nämlich, in denen die Bilder entstehen, leuchtend sehen. Die Betrachtungen hierfür sind ganz die nämlichen, die wir bereits in Art. 269 ff. angestellt haben. Ob solche Bilder entstehen oder nicht, ob diese Bilder reell sind oder virtuell, ob sie den Gegenständen ähnlich sind oder nicht, ob sie größer oder kleiner wie die Gegenstände, oder gleich groß sind, ob sie aufrecht stehen oder

verkehrt, alles dieses hängt wieder von der Form der brechenden Flächen und der Lage der abzubildenden Gegenstände ab.

Gewöhnlich werden zur Herstellung von Bildern durchsichtige Körper (z. B. Glas) gewählt, welche von Kugelflächen (erhabenen oder hohlen) begrenzt sind, weil solche sich am leichtesten mit genügender Regelmäßigkeit herstellen lassen und geeignet sind Bilder hervorzubringen, welche den Gegenständen hinlänglich ähnlich sind. Die hier in Frage kommenden Apparate sind die Brillen, Lupen, Fernrohre, Mikroskope, Operngläser, Photographischen Kammern (Kamera obscura) u. s. f.

b) Das Auge.

284. Wir besprechen jedoch zuerst einen Apparat, den jeder in zwei Exemplaren mit sich herumführt, und der uns besonders die Unendlichkeit der Welt und die Allmacht ihres Schöpfers staunend erkennen läßt, das Auge. Es ist eine Kugel, Augapfel, von einer dicken Haut gebildet (Sclerotica genannt), welche vorne durchsichtig ist und dort Hornhaut (cornea) heißt. Hinter der Hornhaut kommt eine mit der wässerigen Flüssigkeit (humor aqueus) ausgefüllte Kammer. Diese reicht bis zu der Regenbogenhaut (Iris). Letztere bildet einen Ring, innerhalb dessen eine Oeffnung, die Pupille, vorhanden ist. Unmittelbar hinter dieser Oeffnung liegt ein durchsichtiger knorpeliger, von zwei Stücken von Kugelflächen begrenzter Körper, die Linse. Darauf folgt die das Uebrige ausfüllende Substanz, der gallertartige Glaskörper (humor vitreus). Im Inneren austapezirt ist das Auge mit verschiedenen Häuten, namentlich der das Adersystem enthaltenden Aderhaut und der das Nervengeflecht beherbergenden Netzhaut (Retina). Die Nerven sammeln sich zu einem dicken Strang, der den Sehnerven (nervus opticus) bildet und den Augapfel durchzieht, um nach dem Gehirn zu gehen. Außerdem ist das Auge durch viele an seine Außenseite geheftete Muskeln, welche zu den umgebenden Knochen führen, nach allen Richtungen drehbar. In Fig. 23 auf der folgenden Seite ist ein Durchschnitt durch ein menschliches Auge darstellt.

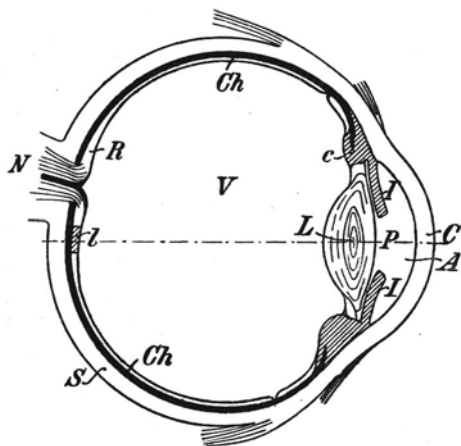
S ist die Sclerotica, C die Hornhaut, A die vordere Augenkammer, V die hintere, I die Iris, P die Pupille, L die Linse, R die Retina, N der Sehnerv, Ch die Aderhaut, Cl die Augenaxe, l die Stelle deutlichsten Sehens auf der Retina.

Beide Augen sind gleich gebildet, ihre Nervenstränge durchkreuzen sich, so daß der rechte Optikus links, der linke rechts in das Gehirn dringt. Alles in dem Auge, von der Hornhaut bis zur Retina, ist durchsichtig und von kugelförmigen Flächen begrenzt. Die Natur hat nun die Brechungsverhältnisse von Hornhaut, wässeriger Feuchtigkeit, Linse, Glaskörper so angeordnet, daß Strahlen, welche von Punkten der Außenwelt ausgehen, und in das ihnen zugewandte Auge dringen,

innerhalb des Auges oder nicht weit hinter ihm wieder in Punkten zu Bildern dieser Gegenstände sich vereinigen bezw. vereinigen würden.

Das Zuwenden des Auges geschieht durch Drehen des Auges selbst oder des Kopfes, meist durch beides. Wir richten uns dabei immer so ein, daß die ankommenden Strahlen bei beiden Augen gerade auf die Pupille zugehen, die Strahlen kommen dann in der Richtung der Augenachsen an. Sodann passen wir durch Bewegungen gewisser Muskeln die Form des Auges der Entfernung der Gegenstände in der Weise an, daß die Bilder in beiden Augen gerade auf die Retina fallen, und zwar auf eine bestimmte Stelle (l in der Figur) der Retina unterhalb der Eintrittsstelle des Sehnerven. (Diese Eintrittsstelle selbst ist blind; Licht, welches auf diese fällt, wird nicht wahrgenommen, sie heißt deshalb der blinde Fleck).

Fig. 23.



Als dann sehen wir die Gegenstände deutlich, indem ihre Bilder die Nerven der Retina erregen und die Erregung vermittelt des nervus opticus bis zum Gehirn fortgepflanzt wird.

285. Die Bilder auf der Retina sind verkehrt und sehr klein im Verhältnis zu den Gegenständen. Die Aufrichtung, Vergrößerung und Verlegung in die Gegenstände selbst, oder, falls die Strahlen krummlinig ankommen, dahin, wohin die Richtung der Strahlen unmittelbar am Auge

hinweist, jedenfalls aber in die Außenwelt, so, als ob die Bilder Gegenstände und die Gegenstände Bilder wären, ist ein seelischer Vorgang, von dessen Natur, wie von der Natur überhaupt aller Empfindungen wir nichts wissen. Das Bild giebt den Reiz, die Empfindung ist das Sehen. Doch sehen wir um so richtiger, je mehr wir bereits gesehen haben und durch die anderen Sinne unser Sehen haben kontrolliren können.

Das Vermögen der Anpassung des Auges an Entfernungen nennt man dessen Akkomodationsfähigkeit. Es ist für diese Fähigkeit ganz gleich, ob die Strahlen von wirklichen Gegenständen herkommen oder von Bildern von solchen. Nicht das einmal macht einen Unterschied, ob die Bilder reell oder virtuell sind, einzig das ist entscheidend, wo die Strahlen wirklich oder gehörig verlängert zusammen laufen.

286. Die Akkomodation ist immer mit einer gewissen Anstrengung verbunden, wie Jeder sofort merkt, sobald er einen Gegenstand deutlich sehen will, den er sonst nicht hinreichend scharf sieht. Die Entfernung von Gegenständen, die man ohne fühlbare Anstrengung deutlich sieht, nennt man die natürliche Sehweite. Diese natürliche Sehweite beträgt etwa 25 cm, d. h. Gegenstände in der Entfernung von 25 cm sieht ein normales Auge ohne besondere Akkomodation. Von Gegenständen, welche ferner sind, entsteht bei gleicher Stellung des Auges ein Bild vor der Netzhaut, von solchen, welche näher sich befinden, eines hinter der Netzhaut. Im ersten Fall gehen die Strahlen vor der Netzhaut bereits wieder aus einander, im zweiten laufen sie erst hinter der Netzhaut zusammen.

Jeder Punkt eines Gegenstandes giebt nun einen Strahlenkegel, der im Auge zu einem neuen Strahlenkegel gebrochen wird, dessen Spitze eben das Bild dieses Punktes ist. Trifft dieser Kegel vorher die Netzhaut, also ehe seine Strahlen im Bilde sich bereits durchkreuzt haben, oder trifft er die Netzhaut, nachdem dieses bereits geschehen ist, so beleuchtet er sie nicht in einem Punkt, sondern in einer Fläche. Jeder Punkt sieht also wie eine kleine Fläche aus, giebt einen Zerstreungskreis, und indem diese Kreise sich im Bilde vom ganzen Gegenstande über einander decken, entsteht auf der Netzhaut ein undeutliches und verwaschenes Bild. Da man nun alles so sieht, wie es auf der Netzhaut abgebildet ist, erscheint der Gegenstand undeutlich und verwaschen.

287. Hier hilft also die Akkomodation aus. Sie geht darauf aus, zu bewirken, daß alle Lichtkegel so gebrochen werden, daß ihre Spitzen genau auf die Netzhaut fallen. Dieses ist für Entfernungen außerhalb der natürlichen Sehweite im Allgemeinen leichter, als für solche innerhalb derselben. Für Gegenstände, die dem Auge allzunahe sind, ist die Akkomodation sogar ganz unmöglich. Jeder kann sich leicht davon überzeugen. Indessen sind die Grenzen der Akkomodationsfähigkeit auch abhängig von der Beschaffenheit des Auges; manche Augen entwerfen die Bilder der Gegenstände so weit vor der Netzhaut, andere wieder so weit hinter derselben, daß es bereits erheblicher Akkomodation braucht, sie auf die Netzhaut zu bringen; und da ein Bild an sich schon um so mehr vor der Netzhaut liegt, je weiter, und um so mehr hinter der Netzhaut, je näher der Gegenstand dem Auge ist, so reicht manchmal alle Akkomodation nicht aus, um das Bild auf die Netzhaut zu versetzen. Im ersten Fall sieht das Auge entfernte, im zweiten nahe Gegenstände undeutlich und verwaschen, es ist im ersten Falle kurzsichtig, im zweiten weitsichtig.

Diesem Mangel der Augen helfen wir durch Brillen ab. Brillen entwerfen von den Gegenständen Bilder in Entfernungen, auf

welche das Auge zu akkomodiren vermag. Das Auge betrachtet also durch Brillen nicht die Gegenstände selbst, sondern deren von diesen hergestellte Bilder, ob diese wirklich zu Stande kommen oder nicht, macht dabei keinen Unterschied. Die Brillen sind verschieden stark, was von der Krümmung ihrer Gläser abhängt; das heißt die Entfernungen, in denen ihre Bilder vor dem Auge liegen, sind verschieden groß. Man wählt sich diejenige Brille, bei deren Benutzung das Auge zum gewöhnlichen Sehen am wenigsten zu akkomodiren hat. Brille und Auge sind ein optischer Apparat, so, als ob das Auge mit noch einem brechenden Körper versehen wäre.

288. Man nennt den Winkel, unter welchem zwei von zwei Punkten ausgehende Strahlen an der Pupille des Auges sich schneiden, den Gesichtswinkel für den Abstand zwischen den beiden Punkten. Er ist um so kleiner, je kleiner der Abstand zwischen den beiden Punkten ist und je weiter sie vom Auge entfernt sind. Nun lehrt die Erfahrung, daß wir Strahlen nur dann als von einander gesondert aufzufassen vermögen, wenn ihr Winkel nicht unter einen gewissen Werth sinkt, etwa eine Bogenminute (eine Haaresbreite in deutlicher Sehweite), sonst fallen für uns die Strahlen zusammen, so, als ob sie nur von einem Punkte kämen. Wir vermögen deshalb Punkte, deren Strahlen am Auge Winkel bilden, die unterhalb jener Grenze liegen, nicht mehr von einander zu trennen, wir sehen sie zusammen als einen Punkt. Daraus folgt, daß wir an jedem Gegenstande nur diejenigen Punkte getrennt auffassen, von denen uns Strahlen zugehen, die am Auge stärker geneigt sind, als jenem kleinsten Gesichtswinkel entspricht. Von der Unterscheidung zwischen den einzelnen Punkten hängt aber die Erkennung der Beschaffenheit des Gegenstandes ab. Wir werden deshalb von einem Gegenstande um so weniger von seiner Struktur sehen, je kleiner er ist oder je ferner er sich vom Auge befindet. Wollen wir also einen Gegenstand hinsichtlich seiner Struktur recht eingehend studiren, um zwischen ihm und einem anderen dem Aeußern nach ihm ähnlichen zu unterscheiden (z. B. eine Seidenfaser, um sie in ihrer inneren Struktur von einer Wollenfaser zu unterscheiden), so lautet die Hauptregel, daß man den Gegenstand nahe an das Auge heranzubringen soll. Das weiß Jeder. Wäre nun die Akkomodationsfähigkeit des Auges unbeschränkt, so gäbe es kaum ein Mittel, das wirksamer wäre, um die Gegenstände zu besehen. Das ist aber nicht der Fall, es ist nicht möglich, die Gegenstände über einen gewissen Abstand an das Auge heranzubringen, ohne daß die Akkomodationsfähigkeit des Auges ein Ende nimmt und jene in Folge dessen undeutlich und verwaschen erscheinen. Ferner können wir auch nicht alle Gegenstände, deren Beschaffenheit unsere Neugier erregt, fassen und uns herannähern. Endlich sind manche Gegenstände so klein, daß selbst die stärkste Annäherung

an das Auge nicht ausreichend sein würde, um Strahlen, die von verschiedenen Punkten kommen, von einander zu trennen.

c) Lupen, Fernrohre, Mikroskope.

289. Hier greifen nun die optischen Apparate helfend ein. Man kann sie nach ihrem Zweck gemäß den obigen Angaben in folgende Klassen einteilen:

a) Apparate, welche von Gegenständen, die wir behufs genauer Unterscheidung ihrer Struktur ganz nahe an das Auge herangebracht haben, und die wir wegen mangelnder Akkomodation in solcher Nähe doch nicht deutlich sehen können, Bilder entwerfen, die mindestens unter dem gleichen Gesichtswinkel gesehen werden wie die Gegenstände, die sich jedoch im Abstand der deutlichen Sehweite vom Auge befinden. Wir nennen solche Apparate gewöhnlich Lupen. Sie bestehen aus einer Glaslinse oder aus mehreren in eine Fassung befestigten Glaslinsen, werden ganz nahe an den zu betrachtenden Gegenstand herangebracht und entwerfen von ihm ein virtuelles Bild, welches für ein hinter ihnen befindliches Auge in deutlicher Sehweite liegt. Das Bild erscheint mindestens unter dem gleichen Gesichtswinkel wie der Gegenstand, von der Stelle aus betrachtet, wo die Lupe sich befindet. Wir haben also den Vortheil, den Gegenstand noch ebenso groß zu sehen, daneben aber außerdem in deutlicher Sehweite, so daß wir ihn auch scharf genug sehen. Die Lupen sind, abgesehen von den Brillen, wohl die verbreitetsten optischen Instrumente, und werden auch in der Steuerpraxis, z. B. zur sichereren Ableseung von Skalen in Sammelgefäßen u. s. f. angewendet.

b) Apparate, welche dem gleichen Zwecke dienen und ebenso wirken, und außerdem die Gegenstände vergrößert erscheinen lassen. Solche nennen wir Okulare. Ein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen und den Lupen ist nicht vorhanden, sie sind gewöhnlich nur etwas complicirter eingerichtet, weil sie auch andere Zwecke zu erfüllen haben, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Auch dienen die Lupen zur unmittelbaren Betrachtung der Gegenstände, die Okulare zu denselben von Bildern von Gegenständen. Dieses ist jedoch etwas nur äußerlich unterscheidendes.

c) Apparate, welche von Gegenständen, die uns zu fern liegen oder zu klein sind, Bilder in hinreichender Nähe oder hinreichender Größe entwerfen. Solche Apparate nennen wir Objektive.

290. Allein aus Objektiven besteht der optische Theil der photographischen Kammer und des Projektionsapparates (Skioptikon). Die Objektive entwerfen von den Gegenständen reelle Bilder, welche bei jenen auf die lichtempfindliche photographische Platte fallen und dort durch chemische Umsetzungen fixirt werden (Art. 309), bei diesen auf

einem Schirm aufgefangen werden, von welchem aus sie überall gesehen werden können. Die Objektive der photographischen Apparate haben die Aufgabe, möglichst scharfe, die der Projektionsapparate bei aller Schärfe auch möglichst große Bilder hervorzubringen.

Objektive und Okulare zu einem Apparat verbunden, geben die Fernrohre, Mikroskope, Operngläser u. s. f. Das Objektiv ist dem Gegenstand, das Okular dem Auge zugewandt (daher die Namen). Jenes entwirft ein Bild vom Gegenstand vor dem Okular, durch dieses betrachtet man das Bild wie durch eine Lupe. Bei Fernrohren und Operngläsern u. s. f., kurz, Apparaten zur Betrachtung ferner Gegenstände, geben die Objektive reelle verkleinerte, aber sehr nahe gebrachte, in Folge dessen unter viel größerem Gesichtswinkel erscheinende Bilder, die Okulare rücken sie in die deutliche Sehweite und erhalten mindestens die durch das Objektiv hervorgebrachte Vergrößerung des Gesichtswinkels.

291. Fernrohre, welche zur Beobachtung der Himmelskörper dienen, nennt man astronomische Fernrohre. Sie haben außer der Naherückung und dadurch bewirkten Vergrößerung des Gesichtswinkels noch den Zweck, die Bilder möglichst hell erscheinen zu lassen. Wie das erreicht wird, ist aus Folgendem zu sehen. Die Helligkeit hängt ab von der Zahl der Strahlen, die in das Auge gelangen. Bei gewöhnlichem Sehen können natürlich nicht mehr hinein, als zur Pupille gelangen. Diese ist ziemlich eng. Sie erweitert sich zwar von selbst, wenn die Gegenstände zu dunkel erscheinen, um von ihnen mehr Licht in das Auge dringen zu lassen, wie sie sich auch selbstthätig verengert, um Strahlen abzuschneiden, wenn die Gegenstände uns zu hell leuchten und blenden. Allein ihre Erweiterung ist ebenso wie ihre Verengerung begrenzt, im Ganzen ist ihre Fläche jedenfalls klein. Lichtschwache Gegenstände, wie viele Himmelskörper (sogar die unendlich überwiegende Zahl) es sind, können deshalb nicht deutlich genug gesehen werden. Kann man aber Lichtstrahlen, welche auf eine große Fläche fallen, so verdichten, daß sie durch die kleine Fläche der Pupille hindurch können, so erscheinen die Körper so hell, wie wenn die Pupille so groß wäre wie jene Fläche. Nun sammelt das Objektiv alle auf es fallenden Strahlen im Bilde, das Okular nimmt die vom Bilde sich ausbreitenden Strahlen auf und durch dieses dringen sie in das Auge. Letzteres bekommt also um so mehr Strahlen, je größer das Objektiv ist, falls der aus dem Okular tretende Strahlenkegel, der also alles enthält, was auf das Objektiv an Strahlen gefallen ist, nicht etwa so breit ist, daß nur ein Theil durch die Pupille hindurch kann. Der Gegenstand ist dann so hell, als ob das Auge ihn unmittelbar mit so vielen Strahlen sähe, als auf die Fläche des Objektivs fallen.

Uebrigens erscheinen im astronomischen Fernrohr nur die Körper

unseres Sonnensystems unter einem hinlänglich vergrößerten Gesichtswinkel, die anderen Himmelskörper sind so außerordentlich weit entfernt, daß die Vergrößerung nicht ausreicht, um sie uns selbst in den stärksten Fernrohren anders denn als Punkte erscheinen zu lassen, bei diesen dienen die Fernrohre lediglich der Helligkeitsvermehrung, ihre Objektive sind deshalb sehr groß. Die astronomischen Fernrohre geben verkehrte Bilder, was bei den Himmelskörpern natürlich nicht stört.

Die Fernrohre, welche zur Betrachtung irdischer Gegenstände dienen (terrestrische Fernrohre), sind so eingerichtet, daß sie aufrechte Bilder entwerfen, und unterscheiden sich im Uebrigen von den astronomischen Fernrohren nicht. Das einfachste davon ist das Opernglas, das wohl Jeder kennt, andere solche Fernrohre sind der Krinstecher, das Reisefernrohr, die Fernrohre der Landvermesser (die übrigens oft auch verkehrte Bilder geben) u. s. f.

292. Mikroskope dienen zur Untersuchung sehr kleiner Gegenstände und haben darum die Aufgabe, von ihnen vergrößerte Bilder zu geben. Die Vergrößerung des Gesichtswinkels lediglich durch Herannäherung an das Auge würde nicht genügen, wie schon bemerkt; das Bild muß wirklich größer ausfallen, als der Gegenstand ist. An der Vergrößerung sind meist Objektiv und Okular beide theilhaft, das Objektiv liefert bereits ein vergrößertes reelles Bild, das Okular vergrößert es noch weiter und rückt es in deutliche Sehweite, sein Bild von dem Bilde des Objektivs ist, wie das aller Okulare, ein virtuelles.

Wir sahen, daß die Fernrohre nicht eigentlich vergrößerte Bilder geben, sondern sie nur unter einem größeren Gesichtswinkel erscheinen lassen, die Bilder sind sogar stets verkleinert. Deshalb können sie sehr hell erscheinen, weil alle Strahlen zusammengehalten werden. Anders ist es bei den Bildern der Mikroskope, diese sind thatsächlich größer als die Gegenstände, das Licht, was von den kleinen Gegenständen ausgeht, findet sich zwar vollständig in den Bildern wieder, aber es wird auf eine vergrößerte Fläche vertheilt. Diese kann daher in ihren einzelnen Theilen nicht so hell erscheinen, wie gleich große Theile des Gegenstandes. Mit der Vergrößerung nimmt also die Lichtstärke der Bilder ab, und diese werden oft so dunkel, daß man sie überhaupt nicht mehr sehen kann. Dieses ist der Grund, warum zu Beobachtungen mit stärkeren Mikroskopen auch stärkere Erleuchtung der Gegenstände erforderlich ist. Das nämliche gilt auch für die Projektionsapparate aus den gleichen Ursachen. Die Mikroskope sind deshalb gewöhnlich mit Spiegeln oder anderen Einrichtungen versehen, die dazu dienen, hinreichende Mengen von Licht auf die zu beobachtenden Gegenstände zu werfen. Für die gewöhnlichen Zwecke genügt es, durch

diese Spiegel das Tageslicht (am besten das einer hellen Wolke) oder Lampenlicht auf das zu untersuchende Objekt von oben oder unten zu werfen.

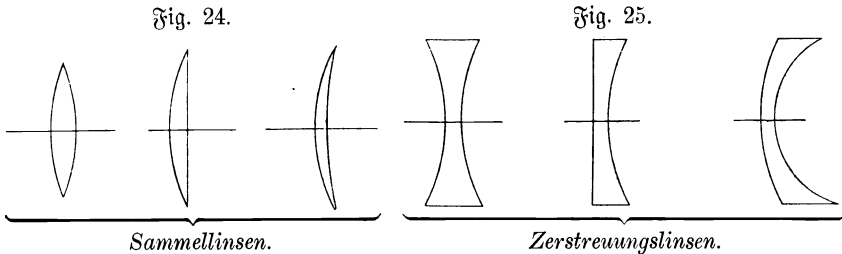
Mikroskope bieten das beste Mittel, die verschiedenen Gespinnstfasern von einander zu unterscheiden, was der Steuerbeamte oft genug zu thun haben wird.

293. Nach diesen allgemeinen Auseinandersetzungen wollen wir noch einige besondere Bemerkungen machen. Zunächst gilt bei der Abbildung durch Brechung der nämliche Satz über die Sichtbarkeit der Bilder, wie bei derjenigen durch Spiegelung, daß also Bilder, ob sie reell oder virtuell sind, nur gesehen werden können, wenn das Auge sich in Richtung der gebrochenen Strahlen befindet, es sei denn bei den reellen Bildern, daß man sie auf diffus reflektierende oder brechende Schirme fallen läßt, in welchem Falle das Licht so zerstreut wird, daß eben nach jeder Richtung Strahlen gehen. Sodann ist hervorzuheben, daß die Bilder nicht immer ihren Gegenständen ähnlich sind. Wie bei der Spiegelung wird auch bei der Brechung ein Lichtpunkt im Allgemeinen als Lichtfläche abgebildet, doch sind in den Fernrohren, Mikroskopen u. s. f. die Einrichtungen so getroffen, daß diese Lichtflächen fast nur in einem einzigen Punkt sichtbar sind, der dann der Bildpunkt ist, die Bilder also hinlänglich scharf erscheinen. Zur Aehnlichkeit gehört jedoch auch, daß die Bilder nicht verzerrt sind; sie müssen zwischen den verschiedenen Abmessungen die nämlichen Verhältnisse aufweisen wie die Gegenstände. Sie dürfen ferner auch nicht krumm sein, wenn jene eben sind u. s. f. Alles dieses läßt sich streng nicht erreichen. Indem man aber die brechenden Körper in geeigneter Zahl und Form an geeigneter Stelle angebracht und etwa störende Strahlen durch sogenannte Blenden von der Herstellung der Bilder ausgeschlossen hat, ist es der heutigen Technik gelungen, Apparate von sehr großer Vollkommenheit zu schaffen.

294. Die brechenden Körper in unseren optischen Apparaten bestehen alle aus Glas, sind rund und haben kugelige, konvexe oder konkave, oder auch ebene Begrenzung. Sie heißen allgemein Linsen. Linsen, welche auf beiden Seiten konvex sind, nennt man Sammellinsen (oder bikonvexe), ebenso auch, wenn sie auf einer Seite konvex, auf der anderen eben sind (plankonvex). Sind sie auf beiden Seiten hohl (bikonkav), oder auf einer hohl, auf der anderen eben (plankonkav), so werden sie als Zerstreuungslinsen bezeichnet. Es giebt auch Linsen, welche auf einer Seite erhaben, auf der anderen hohl sind. Ueberhaupt sind Sammellinsen in der Mitte dicker als am Rande, Zerstreuungslinsen umgekehrt am Rande dicker als in der Mitte. Beide Arten von Linsen sind in den folgenden Figuren 24 und 25 dargestellt. Eine Linie senkrecht durch die beiden Begrenzungsflächen hin-

durch (größte Dicke bei den Sammellinsen, geringste bei den Zerstreuungslinsen) heißt *Axe* der Linse.

Jede brechende Fläche hat, ganz so wie jeder Spiegel, einen reellen oder virtuellen Brennpunkt, in welchem sich also alle der *Axe* parallel an die Fläche ankommenden Strahlen nach dem Durchgang durch diese Fläche, wirklich oder gehörig verlängert, schneiden, und von dem Strahlen ausgehen müssen, falls sie nach Durchsetzung der Fläche parallel weiter gehen sollen. Da jedoch die Strahlen von der einen oder anderen Seite her ankommen können, so hat jede brechende Fläche sogar zwei Brennpunkte, einen für Strahlen, die aus der einen Substanz ankommen oder in dieser nach der Brechung weiter gehen sollen, einen anderen für Strahlen, die aus der zweiten Substanz ankommen oder in dieser nach der Brechung weiter gehen sollen. Ebenso hat auch jede Linse als Ganzes zwei Brennpunkte; einen für Strahlen,



welche von vorne ankommen oder nach der Brechung nach vorne gehen sollen, einen anderen für solche, welche von hinten kommen oder nach der Brechung nach hinten gehen sollen. Den Abstand eines Brennpunktes von der brechenden Fläche und bei nicht zu dicken Linsen von deren Mitte nennen wir *Brennweite*. Bei Linsen, welche beiderseits von derselben Substanz umgeben sind, z. B. Luft, sind beide Brennweiten gleich groß, die Linse liegt also in der Mitte zwischen ihnen. Alle Sammellinsen haben reelle Brennpunkte, alle Zerstreuungslinsen virtuelle. Sammellinsen werden deshalb auch als *Brenngläser* bezeichnet; sie geben brennende Sonnenbilder, wenn man sie gegen die Sonne richtet.

295. Die Linsen entwerfen je nach der Lage der Gegenstände zu ihnen reelle oder virtuelle, aufrechte oder verkehrte, vergrößerte oder verkleinerte Bilder. Zerstreuungslinsen geben unter allen Umständen von außer ihnen befindlichen Gegenständen virtuelle Bilder, welche aufrecht stehen und verkleinert sind. Sie eignen sich deshalb nur zu Okularen und werden dazu in dem sogenannten Galileischen Fernrohr, von dem das Opernglas eine Abart ist, angewendet. Die Bilder liegen stets auf derselben Seite wie der Gegenstand zwischen der Linse und

dem auf derselben Seite mit dem Gegenstand befindlichen Brennpunkt und nähern sich diesem, je weiter der Gegenstand von der Linse abrückt. Sammellinsen können gleichfalls virtuelle Bilder geben, nämlich dann, wenn der Gegenstand sich zwischen ihnen und dem entsprechenden Brennpunkte befindet. Auch diese Bilder stehen aufrecht, jedoch sind sie nicht verkleinerte, sondern vergrößerte. Diese Bilder liegen also mit den Gegenständen auf gleicher Seite. In dieser Weise werden Sammellinsen als Lupen und in den Okularen gebraucht. Die Vergrößerung wächst, je näher der Gegenstand von der Linse her an den Brennpunkt kommt, zugleich rückt das Bild auf derselben Seite mehr und mehr in die Ferne; wenn der Gegenstand gerade in dem Brennpunkt angelangt ist, ist das Bild unendlich groß, aber es liegt in unendlicher Ferne. Geht der Gegenstand auch nur unendlich wenig über den Brennpunkt hinaus, so schlägt das Bild auf die andere Seite um, es wird reell, indem es die Linse zwischen sich und dem Gegenstande hat; zugleich dreht es sich um, so daß es verkehrt steht. Es bleibt nun immer reell und verkehrt und rückt aus unendlicher Ferne immer näher an den zweiten Brennpunkt der Linse, je weiter der Gegenstand auf der anderen Seite von der Linse abrückt. Zuerst ist es noch vergrößert und zwar so lange, bis der Gegenstand von der Linse doppelt so weit abgerückt ist als der Brennpunkt; in diesem Abstand ist das Bild gerade bis zu der Größe des Gegenstandes herabgesunken und liegt so, daß die Linse in der Mitte zwischen ihm und dem Gegenstand sich befindet, steht also von der Linse gleichfalls um die doppelte Brennweite ab. Entfernt sich der Gegenstand noch weiter, so ist das Bild verkleinert und wird immer kleiner, indem es zugleich dem mit ihm auf gleicher Seite befindlichen Brennpunkt nahe rückt. Sobald der Gegenstand in unendliche Ferne gelangt ist, hat sein Bild den bezeichneten zweiten Brennpunkt erreicht und ist unendlich klein geworden. In allen Größen und Abständen bleibt es ihm jedoch ähnlich. Hieraus erhellt auch, daß bei der Abbildung wirklicher Gegenstände Zerstreuungslinsen niemals wie Sammellinsen, wohl aber diese wie Zerstreuungslinsen wirken können, nur geben sie dann statt Verkleinerungen Vergrößerungen.

296. Wir haben bisher angenommen, daß die Strahlen von einem wirklichen Gegenstande herkommen, so daß sie, von diesem ausgehend, gegen die Linse hin mehr und mehr auseinander fahren. Das Nämliche gilt, wenn sie von einem bereits entworfenen Bilde herkommen, indem sie, nachdem sie sich in diesem durchkreuzt haben, weitergehen. Treffen jedoch solche Strahlen eine Linse, ehe sie sich im Bilde durchkreuzt haben, so laufen sie umgekehrt gegen die Linse zusammen, sie würden sich ganz zusammenziehen, wenn die Linse sie nicht auffinge und wieder bräche. Solche Strahlen treffen die Linse, gewissermaßen

von vorne. Ihnen gegenüber vertauschen die Sammellinsen und Zerstreuungslinsen ihre Rollen. Hierüber ist also nichts besonderes zu sagen.

297. Wir haben nun nichts weiter zu thun als anzugeben, daß ganz dieselben Betrachtungen auch für Systeme von Linsen gelten, sobald diese alle einander parallel gestellt sind, so daß ihre Axen zu einer Axe zusammenfallen. Jedes System von beliebig vielen so vereinigten Linsen hat als Ganzes zwei Brennpunkte. Es wirkt wie eine einfache Sammellinse, wenn diese Brennpunkte reell, wie eine einfache Zerstreuungslinse, wenn sie virtuell sind. Die Objektive sind einfache Sammellinsen oder Systeme, welche wie einfache Sammellinsen wirken. Die Gegenstände liegen immer vor ihren ersten Brennpunkten, so daß ihre Bilder stets reell sind und verkehrt stehen. Bei Ferninstrumenten sind die Gegenstände noch viel weiter, als die doppelte Brennweite der Objektive beträgt, von diesen entfernt; die Bilder sind also auch verkleinert. Bei Mikroskopen bringt man die Gegenstände zwischen die doppelte und die einfache Brennweite. Die Bilder sind also vergrößert und von den Objektiven mehr als die doppelte Brennweite entfernt. Die Okulare sind einfache Zerstreuungslinsen oder aus beliebigen Linsen zusammengesetzt und wirken dann als einfache Zerstreuungslinsen in der bereits angegebenen Weise, nur daß sie statt einer Verkleinerung umgekehrt eine Vergrößerung herbeiführen.

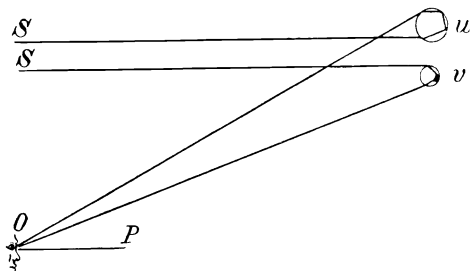
Systeme von Linsen statt einfacher Linsen benutzt man, um die früher angeführten und bald noch ferner zu erwähnenden Fehler der Abbildung zu korrigiren, sowie aus gewissen praktischen Rücksichten. Die einzelnen Systeme befinden sich in besonderen Fassungen und diese sind in einander und, bei den Mikroskopen, auch gegen die Gegenstände verschiebbar, um immer eine geeignete und möglichst scharfe Einstellung auf letztere oder deren Bilder zu bewirken. Doch hängt die Einstellung von der besonderen Beschaffenheit des beobachtenden Auges ab, weil nicht alle Augen die gleiche deutliche Sehweite haben. Sie kann also für ein Auge sehr scharf, für ein anderes zugleich völlig unbrauchbar sein. Jeder hat deshalb für sein Auge besonders einzustellen und sich dabei nach der Schärfe zu richten. Ist die Einstellung nicht ausreichend, so erscheint das Bild aus denselben Gründen, welche in Art. 286 angegeben sind, unscharf und verwachsen.

Diese gedrängte Auseinandersetzung muß genügen; in die Einzelheiten einzugehen würde große Vorbereitungen erforderlich machen, ist auch nicht nöthig, da das allgemeine Bild der vorstehenden Angaben dadurch nicht verändert wird.

298. Aus der vereinten Wirkung von Spiegelung und Brechung entstehen eine große Anzahl schöner Naturerscheinungen. Wir erwähnen nur die Höfe um Mond und Sonne, die durch Spiegelungen des Lichtes

in Eiskrytallen entstehen, welche in den hohen Schichten der Luft oft in großen Massen angesammelt sich befinden.

Fig. 26.



Sodann noch den Regenbogen, der durch Spiegelung und Brechung der Sonnenstrahlen in den in der Luft schwebenden oder als Regen herabfallenden Wassertropfen hervorgerufen wird; und zwar der innere durch Brechung, Spiegelung, Brechung, der äußere durch Brechung, Spiegelung, abermalige

Spiegelung, Brechung, wie es die Figur 26 zeigt. Ueber die Farben des Regenbogens wird der Leser sofort das Nöthige hören.

6. Farbenzerstreuung (Dispersion).

299. Licht erfährt, wenn es aus einem Körper in einen anderen eintritt, an der Trennungsfläche nicht bloß eine Ablenkung, sondern auch eine Ausbreitung und dadurch Zerlegung in verschiedene Farben. Man nennt dieses die Dispersion oder Farbenzerstreuung des Lichtes. Mit den Farben aber hat es folgende Bewandniß. Das Sonnenlicht scheint uns eine völlig gleichartige Erscheinung zu bilden, es ist blendend weiß. Nichtsdestoweniger ist das nicht der Fall. Wir bemerken zunächst, daß die verschiedenen Körper uns das Sonnenlicht nicht immer weiß zurückgeben, sondern roth, oder blau, oder grün u. s. f. Wir sagen dann, die Körper seien gefärbt und haben die Farben Roth, Blau, Grün u. s. f. Allein, wenn die Sonne untergegangen ist, zeigen die Körper, falls sie nicht sonst beleuchtet werden, keine Farben mehr. Die Farben sind auf ihnen also durch die Beleuchtung entstanden. Beleuchten wir ferner einen blauen Körper mit rothem Licht oder grünem Licht, so erscheint er dunkel. Er giebt also dieses rothe und grüne Licht nicht zurück, beleuchtet man ihn aber mit blauem Licht, so erscheint er in seiner Farbe. Hieraus müssen wir schließen, daß der blaue Körper zwar blaues Licht zurückwirft, alles andere Licht aber zurückhält oder durchläßt. Verallgemeinern wir dieses, so gelangen wir zunächst zu der Ansicht, daß das Sonnenlicht aus sehr verschiedenen Lichtarten zusammengesetzt ist. Alle Lichtarten zusammen bringen auf uns den Eindruck des Weißen hervor. Sobald Lichtarten im Weißen fehlen, entstehen die Farbeindrücke. Wir sagen darum geradezu, das weiße Sonnenlicht bestehe aus allen möglichen Farben, Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett u. s. f., und ein Körper erscheine uns auf der Oberfläche in einer bestimmten

Farbe, wenn er diese Farbe des Sonnenlichtes zurückwirft, die anderen Farben dagegen durchläßt oder zurückbehält. Ferner, ein Körper erscheine in seiner Masse gefärbt, wenn er diese Farbe durchläßt, alle anderen aber zurückwirft oder sonstwie zurückhält.

300. Worauf das Wesentliche der Verschiedenheit der einzelnen Lichtarten oder Farben beruht, werden wir später (Art. 329) sehen. Hier haben wir hervorzuheben, daß die verschiedenen Lichtarten sich in allen festen und flüssigen Körpern mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortpflanzen. Da wir nun gesehen haben, daß die Brechung durch Geschwindigkeitsänderungen an der brechenden Fläche veranlaßt wird und daß ihre Größe von dem Betrage der Geschwindigkeitsänderung abhängt, so folgt hieraus, daß die Körper verschiedene Farben verschieden stark brechen. Diese müssen deshalb aus einander treten, wenn sie früher vereinigt waren, so daß sie nun getrennt sichtbar werden. Das ist die Dispersion.

Tritt das Licht aus dem Körper wieder aus, so erfolgt eine erneute Brechung; diese kann im entgegengesetzten Sinne vor sich gehen wie die vorige, so daß die ganze Dispersion wieder aufgehoben wird. Doch kann die Ablenkung auch verstärkt zur Erscheinung kommen, das hängt ganz von der Form und der Beschaffenheit der Körper ab, in welche das Licht wieder eintritt. Die Glasprismen, welche Schmuckbehänge unserer Kron- und Wandleuchter bilden, sind besonders geeignet, die Dispersion des Lichts zu zeigen. Auch wird es jedem der Leser längst aufgefallen sein, welche herrliche Farbenercheinungen sie bieten, wenn die Sonne sie bestrahlt. Manchmal sieht man von ihnen Lichtstreifen an die Wand, die Decke oder den Boden des Zimmers geworfen, welche alle Farben, Roth, Gelb, Grün, Violett aufweisen. Dieses nennt man ein Spektrum. Zwischen den verschiedenen Farben sind keine Lücken, wenn man sie nicht durch besonderer Kunstgriffe veranlaßt, indem man z. B. das Licht, ehe oder nachdem es durch das Prisma gegangen ist, eine Substanz durchsetzen läßt, welche gewisse Farben zurückwirft oder zurückbehält. In der That enthält das Sonnenlicht alle uns nur bekannten Farben, ja unzählige Farben, da die von uns mit Namen bezeichneten nur besonders charakteristische betreffen, und jede Farbe in unzähligen Abstufungen zu den nächsten Farben führt.

301. Der Leser wird vernuthlich fragen, warum sieht man ein weißes Blatt, welches doch dem obigen zufolge alle Farben aussendet, durch ein Prisma nicht in der ganzen Fläche gefärbt, sondern nur an den Rändern. Dieses findet überhaupt bei jeder ausgedehnten leuchtenden Fläche, auch bei der Sonne, statt und hat folgenden Grund. Jeder Punkt sendet Licht aller Arten aus, und da das Prisma dieses Licht aus einander zieht, so erscheint jeder Punkt als ein mit allen Farben gefärbtes Band (das ist eben das Spektrum). Liegen nun zwei leuch-

tende Punkte dicht neben einander, so bildet das Prisma von beider Licht zwei gefärbte Bänder, die sich zum Theil decken müssen. Bei drei, vier . . . Punkten giebt es drei, vier . . . gefärbte Bänder, die sich zum Theil überdecken. Indem sich aber die verschiedensten Farben überdecken, bringen sie wieder den Eindruck Weiß hervor. Deshalb kann eine leuchtende Linie oder Fläche in ihrem Inneren nicht gefärbt erscheinen; die von den einzelnen Punkten gegebenen Spektren überdecken eben einander. An den Rändern aber ragen Stücke von Spektren der Randpunkte hervor, welche nicht von anderen Spektren überdeckt werden. Die Ränder erscheinen darum farbig. Auch ist leicht zu sehen, daß gegenüberliegende Ränder entgegengesetzt gefärbt sein müssen, nämlich mit den Farben der entgegengesetzten Enden des Spektrums eines Lichtpunktes, also die eine roth, wenn die andere violett erscheint und umgekehrt. Man sieht auch ein Blatt weißes Papier durch ein Prisma an zwei anstoßenden Kanten gelblich-roth, an den anderen blau-violett gefärbt. Befindet sich in einem weißen Blatt Papier ein schwarzes Stück aufgeklebt, so gilt für die Begrenzung zwischen diesem und dem weißen Papier ganz das nämliche wie für den Rand des weißen Papiers überhaupt; nur müssen sich hier die Farben selbstverständlich umkehren, die den blauen Rändern parallelen Ränder des schwarzen Papiers erscheinen roth, die den rothen parallelen blau gefärbt. Spektren beobachtet man also am reinsten, wenn man das Licht möglichst nur von einem Punkte ausstrahlen läßt. Doch kann auch eine scharfe Lichtlinie zweckentsprechend benutzt werden, wenn sie quer zu ihrer Richtung zu einem Bande aus einander gezogen wird, so daß die Spektren ihrer verschiedenen Punkte über- bezw. untereinander liegen. Apparate, welche zur Herstellung und Beobachtung der Spektren dienen — was dabei noch zu sehen ist, wird bald angegeben werden — heißen Spektroskope.

302. Wir sahen, daß das Licht der Sonne aus allen möglichen Farben gemischt ist. Dieses Licht erscheint uns völlig weiß. Indessen bedarf es zur Bildung des Weiß nicht immer aller nur möglichen Farben. Es reichen dazu schon zwei Farben aus. So geben Grün-blau und Roth und ebenso Blau und Gelb, Grüngelb und Violett mit einander gemischt Weiß. Zwei Farben, die sich gemischt zu Weiß ergänzen, nennt man Komplementärfarben. Doch ist nöthig, daß die Farben rein sind, wie sie die Prismen durch Zerlegung des Lichts liefern. Die gewöhnlichen Farben des Handels sind es nicht; sie sind meist schon selbst Mischfarben und ergänzen sich deshalb auch nicht paarweise zu Weiß.

Subjektiv erscheinen aber die Komplementärfarben vielfach bei einander durch Kontrastwirkung. Wird ein Schirm durch eine gelbliche Flamme (Gasflamme, Petroleumlampe, elektrisches Glühlicht, Kerze)

beleuchtet, so sieht durch Kontrast der Schatten eines Gegenstandes auf ihm bläulich aus. Grünlich wird der Schatten, wenn die Beleuchtung durch rothes Licht erfolgt. Aehnliches tritt bei den sogenannten Nachbildern ein, die im Auge entstehen, wenn wir dieses einer stärkeren Lichteinwirkung ausgesetzt haben, und die Jeder aus eigener Erfahrung hinlänglich kennt. Weiße Gegenstände erscheinen im Nachbild dunkel, dunkle weiß, rothe grünlichblau, gelbe blau u. s. f. Doch sind hier die Verhältnisse etwas complicirter.

303. Eine Folgerung aus der Zerlegung des Lichts in seine verschiedenen Farben durch die Brechung (bei der Spiegelung giebt es keine solche Zerlegung) ist noch die, daß durch Brechung von jedem leuchtenden Punkt so viele Bilder entstehen müssen, als er Farben aussendet. Diese Bilder liegen nicht einmal neben einander, sondern zum Theil auch hinter einander. Bilder, welche von Gegenständen durch Brechung entstehen, werden also eigentlich niemals scharf und ungefärbt sein können. Indessen hat man durch Verbindung von Linsen verschiedener Glasarten (Kronglas und Flintglas) zu sogenannten farblosen (achromatischen) Systemen und durch besondere Anordnung der Linsen dem Mangel der Farbenabweichung entgegen zu treten vermocht, so daß in den besseren optischen Apparaten die Bilder scharf und ungefärbt erscheinen. In schlechteren freilich sind die Bilder farbig, deshalb unscharf und undeutlich.

7. Spektralanalyse.

304. Sodann ist zu erwähnen, daß nicht jeder leuchtende Körper auch alle Farben, wie die Sonne es thut, aussendet. Dieses geschieht vielmehr nur bei den festen und flüssigen Körpern, wenn sie glühen, nicht dagegen der Regel nach bei den Gasen und Dämpfen. Jene geben also ein ununterbrochenes Spektrum, diese ein unterbrochenes, ein Linienpektrum. Im Uebrigen hängt Alles von der Natur der Gase und Dämpfe ab. So giebt leuchtender Dampf von Kochsalz nur zwei Farben, die noch dazu sich so wenig von einander unterscheiden, daß es besonderer Mittel bedarf, sie zu trennen. Das Spektrum dieses Dampfes besteht demnach nur aus zwei schwachen Linien, die beide gelb sind. Das Spektrum von Wasserstoff, welcher glüht oder sonstwie Licht aussendet, besteht wesentlich aus dreizehn Linien, von denen jedoch nur drei besonders hervortreten, eine ist roth, eine grünblau, eine dritte blauviolett. Andere leuchtende Dämpfe und Gase geben andere aus einzelnen getrennten Linien gebildete Spektren, so Eisendampf ein Spektrum, welches aus mehr als 400 Linien besteht. Die Linienpektren sind für die betreffenden Gase und Dämpfe sehr charakteristisch. Betrachtet man einen leuchtenden Dampf oder ein leuchtendes Gas durch ein Prisma, so sieht man so viele getrennte farbige Bilder

vom Dampf oder Gase, als sie an Farben aussenden, während leuchtende flüssige und feste Körper zu einem kontinuierlichen Bilde auseinander gezogen sind, welches alle Farben enthält (also genauer gesprochen aus unendlich vielen an einander grenzenden Bildern, für jede Farbe eines, besteht). An diesen Bildern, das sind eben die Linienspektren, kann man die Dämpfe und Gase stets wieder erkennen. Damit ist ein Mittel gewonnen auch von selbstleuchtenden Körpern, zu denen wir nicht hingelangen können, allein dadurch, daß man sie durch ein Prisma betrachtet, zunächst zu entscheiden, ob sie fest, flüssig oder gasförmig bezw. dampfförmig sind. Geben diese Körper ein kontinuierliches Spektrum, so sind sie fest oder flüssig, geben sie ein Linienspektrum, gas- bezw. dampfförmig. Auf diese Weise ist es thatsächlich gelungen, bei manchen Himmelskörpern (Nebelflecken) ihre gasförmige Natur nachzuweisen. Sodann lehrt die Vergleichung des Spektrums mit den Spektren auf der Erde untersuchter Gase oder Dämpfe unter Umständen auch die Natur der nicht erreichbaren Gase oder Dämpfe kennen.

305. Nur in dem Falle, wenn Gase und feste oder flüssige Körper zusammen Licht aussenden, scheint dieses nicht angängig zu sein, weil die Spektren sich überdecken. Hier tritt aber noch etwas anderes hinzu, was wieder aus dem Verhalten der Körper gegen das Licht folgt. Die Körper halten nämlich von Licht, welches durch sie geht, einen gewissen Theil zurück, sie absorbiren Licht. Manche absorbiren fast alles Licht, was auf sie fällt, werfen weder etwas zurück, noch lassen sie etwas durch. Dies sind die ganz schwarzen Körper, wie Ruß. Andere werfen mehr oder weniger zurück, absorbiren aber den Rest, so daß sie selbst zwar Farbe haben und sichtbar sind, aber jedes Durchsehen verhindern. Wieder andere lassen Licht durch, absorbiren jedoch von allen Farben etwas oder besondere Farben ganz oder zum Theil. Sie können dann im durchgehenden Licht ebenso gefärbt erscheinen wie andere im auffallenden. Im Uebrigen hängt alles von der Dicke der absorbirenden Schicht ab, je größer diese ist, um so mehr wird natürlich verschluckt. Es sind deshalb Körper in dicken Massen fast oder ganz undurchsichtig, durch die in dünnen Schichten gar wohl durchgesehen werden kann. Am durchsichtigsten sind Gase und Dämpfe, dann die nicht metallischen Flüssigkeiten. Doch verschluckt z. B. Wasser so viel Licht, daß in Gewässern schon in geringen Tiefen von 100 m nur wenig hinkommt und der tiefe Meeresgrund fast in völlige Finsterniß gehüllt ist.

306. Man weiß nun, daß alle Gase und Dämpfe, wenn sie leuchten, genau die Farben aussenden, welche sie von Licht, das durch sie durchgeht, absorbiren. Befindet sich also hinter diesen Dämpfen ein fester oder flüssiger leuchtender Körper, so werden

in dessen, sonst lückenlosem Spektrum, gerade die Farben fehlen, welche diese Gase oder Dämpfe im Leuchten selbst aussenden. Leuchten die Gase oder Dämpfe gleichfalls, so geben sie solche Farben selbst her, und diese nun vervollständigen anscheinend das Spektrum des festen oder flüssigen Körpers wieder. Wenn aber letzterer stärker leuchtet als erstere, so werden alle übrigen Theile des Spektrums heller sein, als die durch die leuchtenden Gase vervollständigten, es erscheinen darin die betreffenden Stellen trotzdem als dunkle Linien. Finden wir also, daß ein Körper zwar ein kontinuierliches Spektrum aussendet, dieses aber von dunklen Linien quer durchzogen ist, so wissen wir hiernach, daß dieser Körper fest oder flüssig ist und von einem oder mehreren Gasen bezw. Dämpfen umgeben ist. Zugleich können wir aus der Lage der dunklen Linien durch Vergleichung mit den hellen Linien der Gase und Dämpfe, die uns bekannt sind, sagen, von welchen Gasen und Dämpfen der Körper umgeben ist.

307. Dieses und das obige bilden den Grundgedanken der Spektralanalyse, welche uns nicht allein auf der Erde neue Elemente hat entdecken helfen, sondern auch die Zusammensetzung der Himmelskörper an ihrer Oberfläche zu enthüllen vermochte. Sie ist im Wesentlichen von deutschen Forschern geschaffen. Gustav Kirchhoff und Robert Bunsen haben wir diesen wunderbarsten Zweig der Naturforschung zu verdanken. Doch hat lange vor ihnen, gleichfalls ein Deutscher, Fraunhofer, die Thatfache entdeckt, daß das auf den ersten Blick kontinuierliche Spektrum der Sonne von einer Unzahl von dunklen Linien durchzogen ist — die man seitdem Fraunhofer'sche Linien nennt — ohne freilich ihre enorme Bedeutung zu erkennen. Die auffallendsten derselben hat er mit Buchstaben bezeichnet, z. B. mit D die dem Chlornatriumdampf entsprechende Doppellinie, mit C, F und H γ die drei hervorragendsten Linien des Wasserstoffs u. s. f. Diese Bezeichnungen sind noch jetzt maßgebend; jeder Optiker weiß, daß D eine Lichtfarbe bezeichnet, welche vom Chlornatriumdampf absorhirt, aber auch ausgesandt wird. In diesen Fraunhofer'schen Linien haben Kirchhoff und Bunsen wie in einem Buch gelesen, daß die Sonne auf ihrer Oberfläche fast alle Stoffe enthält, die wir auch auf der Erde besitzen, und die Folgezeit hat gelehrt, daß im Weltall überhaupt hinsichtlich der Zusammensetzung der Himmelskörper größte Einheitlichkeit herrscht, da man auf ihnen bis jetzt nur einen oder zwei Stoffe erkannt hat, welche wir auf der Erde noch nicht haben nachzuweisen vermocht.

8. Umwandlungen des Lichts.

308. Was wird nun aus dem absorhirtten Licht? Nach dem Princip der Erhaltung der Kraft kann es nicht verloren gehen. Es geht auch nicht verloren, sondern bringt in den Körpern besondere Er-

scheinungen hervor, von denen bald die einen, bald die anderen vorherrschen. Es kann erstens wieder als Licht zum Vorschein kommen. Dieses geschieht bei manchen Körpern, die, nachdem sie beleuchtet worden sind, im Dunkeln nachleuchten (Phosphorescenz), wie der Diamant, die leuchtenden Farben. Sodann bei anderen Körpern, indem das absorbirte Licht während der Beleuchtung gewisse besondere Lichterscheinungen hervorruft, die man Fluorescenz nennt. So bewirkt es beim Petroleum, welches im durchgehenden Lichte gelblich aussieht, im auffallenden Licht die eigenthümliche bläuliche Farbe. Die im ersten Abschnitt als Reagenz oft erwähnte Curcumatinktur ist gelb, fluorescirt jedoch grün, Uranglas ist geblichgrün und fluorescirt hellgrün, Flußspath, welches manchmal violett oder grünlich vorkommt, giebt blaues Fluorescenzlicht, kleingestößene Rinde der Roßkastanie mit Wasser übergossen giebt eine Flüssigkeit, welche prachtvoll hellblau leuchtet, eine Lösung der Chlorophylls in Aether sieht im durchgehenden Licht grün, im auffallenden blutroth aus. In allen diesen und mit Leichtigkeit noch zu vermehrenden Fällen sieht man deutlich, daß das Fluorescenzlicht nicht etwa von der Oberfläche, sondern aus dem Innern der Körper herkommt. Eine andere Wirkung des absorbirten Lichtes besteht in Erwärmung der Körper, dieses Licht geht also auch in Wärme über.

309. Endlich — und das ist die wichtigste Umwandlung des absorbirten Lichtes — bringt es chemische Umsetzungen hervor, von der Art, wie wir deren mehrere bereits kennen gelernt haben (Art. 137, 187 ff.). In dieser Weise ist das absorbirte Licht in den lebenden Pflanzen thätig, denen es im Aufbau ihres Körpers aus den unorganischen Stoffen, die sie der Luft durch Blätter und Zweige und dem Erdboden durch die Wurzeln entnehmen, behilflich ist. Es ist bekannt, wie durstig nach Licht die meisten Pflanzen sind, so daß viele von ihnen sich dem Lichte zuneigen und manche ihm mit einzelnen Theilen ihres Körpers folgen. Bei Lichtmangel verkommen sie größtentheils. Praktisch wird die Eigenschaft des Lichtes, absorbirt chemische Zersezungen zu veranlassen, namentlich in der Photographie benutzt. Die Substanzen, welche dazu hauptsächlich Verwendung finden, sind die Haloidsalze des Silbers, Chlor Silber, Jod Silber, Brom Silber (Art. 187). Die Zersezung hängt von der absorbirten Menge des auffallenden Lichtes ab, welche unter sonst gleichen Umständen der Lichtstärke proportional ist. Fällt also auf die lichtempfindliche Platte das durch die Linsen der Camera Obscura entworfene Bild eines äußeren Gegenstandes, so werden an allen hellen Stellen stärkere Zersezungen eintreten, als an den dunkleren. Mit anderen Worten, die Zersezungen geben ein Bild, welches dem durch das Licht entworfenen in der Lichtvertheilung entspricht. Darauf beruht eben überhaupt die Möglichkeit zu photo-

graphiren. Das durch die Zerlegung des Silberfalzes ausgefchiedene Silber tritt als feines fchwarzes Pulver auf. Alle im Lichtbilde hellen Stellen erfeheinen alfo im Zerlegungsbilde dunkel, alle dort dunklen hier hell. Das Zerlegungsbild ift alfo das Gegenftück zum Lichtbilde. Man nennt es deshalb das Negativ. Photographirt man diefes (nachdem man die überflüffigen Zerlegungsprodukte durch Waſchen entfernt hat) durch Auflegen eines mit lichtempfindlicher Subftanz verfehenen Papiere und Ausfeßen gegen das Licht der Sonne, fo bekommt man das Gegenbild zum erften Zerlegungsbilde, alfo ein zweites Zerlegungsbild, welches demnach genau dem Lichtbilde gleicht, das ift das Poſitiv, die eigentliche Photographie.

310. Indeffen ift zu bemerken, daß nicht alle Lichtarten, in gleichen Mengen abſorbirt, gleich ſtark chemiſch wirken. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Lichtarten gegen das violette Ende des Spektrums hin viel ſtärker chemiſch wirksam ſind, als die gegen das rothe Ende hin. Photographiren im blauen Licht erfordert darum ſehr viel weniger Zeit als ſolches im gelben oder rothen, die Expoſitionsdauer ift für erfteres Licht unvergleichlich viel kürzer als für letzteres. In gelbem und rothem Licht kann man photographiſche Platten lange Zeit ganz frei halten, ohne daß ſie ſich ſchwärzen. Es eignen ſich darum auch nicht alle Beleuchtungen der Gegenſtände zum Photographiren, ſondern nur diejenigen, welche auch viele „chemiſche Strahlen“ enthalten, das ſind ſolche, die die Sonne, das elektriſche Bogenlicht, das Magnesiumlicht und andere weiß oder bläulich ausſehende Lichtarten geben. Hieraus folgt die Schwierigkeit, farbige Gegenſtände hinreichend ſcharf und naturgetreu zu photographiren; wartet man ſo lange, bis auch das von den gelben Stellen herkommende Licht hinreichend gewirkt hat, ſo ift das von den blauen oder violetten herſtammende ſchon allzu ſehr wirksam geweſen, und giebt ganz ſchwarze Flecken; thut man das nicht, ſo ſind wieder die gelben Stellen unſcharf. Dieſer Schwierigkeit hat die neuere Photographie Abhülfe zu ſchaffen gewußt, indem ſie den Silberfalzen Stoffe beigemiſcht hat, welche die nicht genügend chemiſch wirksamen Strahlen ganz beſonders ſtark abſorbiren, ſo daß durch die Menge gewonnen wird, was dem einzelnen Strahl an chemiſcher Kraft fehlt.

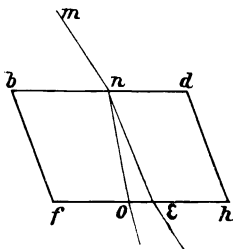
Ich möchte zugleich erwähnen, daß chemiſch wirksame Strahlen noch von ſolchen Stellen des Spektrums des Sonnenlichts und anderer Lichtarten über das Violet hinaus herkommen, die wir gar nicht mehr ſehen. Das Spektrum enthält alſo noch mehr Strahlen, als wir zu ſehen vermögen, oder, es giebt Licht, welches nicht mehr als Licht wahrgenommen wird, ſondern nur durch ſeine chemiſche Wirkung ſich bemerkbar macht. Ähnliches gilt vom rothen Ende des Spektrums, auch vor dieſem giebt es Licht, welches nicht als Licht wirkt, ſondern,

wie wir später sehen werden, als Wärme. Alle Strahlen, die uns z. B. die Sonne zusendet, zerfallen hiernach in drei Theile. Davon geben zwei Theile, von denen einer (der ultraroth genannt) in der Farbe vor dem Roth, der andere (der ultraviolette) hinter dem Violett liegt, keine Lichtwirkungen (doch kann der ultraviolette durch Fluorescenz sichtbar gemacht werden), der erste Theil jedoch bewirkt vornehmlich Wärme, der zweite chemische Umsetzungen. Der dritte Theil liegt zwischen den beiden anderen, vereinigt in sich die Hauptwirkungen der beiden anderen Theile und leuchtet außerdem.

9. Doppelbrechung.

311. Zu noch anderen Eigenschaften des Lichtes gelangen wir, wenn wir eine andere Art der Zertheilung beim Uebergang in Körper betrachten. Manche Körper haben nämlich die Eigenthümlichkeit, daß sie Licht beim Durchgang durch sie nicht bloß in seine Farben zerstreuen, sondern überhaupt in zwei getrennte Theile zerlegen, deren jeder für sich alle im auffallenden Licht enthaltenen Farben besitzt. Aus einem Strahl werden also in solchen Körpern zwei Strahlen. Man nennt sie deshalb doppelbrechend. Der eine Strahl heißt der ordentliche (ordinäre), der andere der außerordentliche (extraordinäre). Sieht man z. B. durch einen Kalkspathkrystall (Art. 163 b) nach einem leuchtenden Punkt, so erscheint dieser doppelt. Das Licht, welches vom Punkt ausgeht, wird beim Eintritt in den Krystall in zwei Theile zerlegt, die sich von einander getrennt halten, selbstverständlich mehr und mehr aus einander gehen und beim Austreten aus dem Krystall auch getrennt bleiben. Je dicker der Krystall, desto mehr stehen die Bilder

Fig. 27.



von einander ab. Dieses ist in der nebenstehenden Figur 27 dargestellt: b d f h ist der Kalkspathkrystall, m n der einfallende Strahl. Man bemerkt, wie dieser an der Einfallstelle n in die zwei Strahlen n o und n e auseinandergeht, welche nach dem Austritt bei O und E die beiden Strahlen O und E geben. Der ordentliche Strahl ist hier O, der außerordentliche E. Hält man den austretenden Strahlen O und E einen Schirm entgegen, so sieht man auf diesem, wo sie ihn schneiden, zwei Lichtflecke. Dreht man den Krystall um den einfallenden Strahl herum, so drehen sich die beiden Lichtflecke gleichfalls herum, das ist voraus zu sehen. Die Helligkeit ändert sich dabei nicht. Aus dem, was wir über den Grund für die Erscheinung der Brechung gesagt haben, können wir unmittelbar schließen, daß die beiden Strahlen im Krystall sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortpflanzen.

Wir können also auch sagen, daß es Körper giebt, die das in sie eintretende Licht in zwei Theile zerlegen, die sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten in ihnen ausbreiten und die sie darum von einander trennen.

312. Die Erfahrung hat gelehrt, daß diese Körper Krystalle (Art. 5) sind; kein in sich vollkommen gleichartiger und gestaltloser Körper zeigt Doppelbrechung, falls man ihn nicht etwa durch einseitigen Druck oder Zug oder durch besondere Behandlung mittelst Wärme und Elektrizität oder Magnetismus in seinem Inneren ungleichartig macht. Nicht einmal alle Krystalle weisen Doppelbrechung auf, nämlich diejenigen nicht, welche keine besonders hervortretende Figuraxe haben und welche dem sogenannten ersten, regulären oder tesseralen System angehören. (Beispiele dafür sind Krystalle des Salzes, Diamants, Granats, Alauns, Borazits, Flußspath, Salmiak, Spinell u. s. f.) Auch von den anderen Krystallen verhalten sich nicht alle gleich. Einige brechen die beiden Theile weiter aus einander als die anderen, sie sind stärker doppelbrechend als diese.

Ferner haben diejenigen Krystalle, die eine besonders hervortretende Figuraxe besitzen (es gehören dazu die beiden folgenden Krystallsysteme, das Tetragonale und das Hexagonale), noch die Eigenschaft, daß der eine von den beiden Strahlen, in die sie einen einfallenden Strahl zerlegen, sich völlig wie ein gewöhnlich gebrochener Strahl verhält. Er gehorcht allen früher angegebenen Gesetzen (Art. 280, 281), ist also die gerade Fortsetzung des einfallenden Strahls, wenn dieser die Krystallfläche senkrecht trifft, liegt bei schräger Einfallrichtung mit dem einfallenden Strahl und dem Einfallslotz stets in der nämlichen Ebene, hat, welche Richtung er im Krystall auch einschlagen mag, stets die nämliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit und gehorcht auch dem Snellius'schen Brechungsgesetz. Er ist also wirklich ein ordentlicher Strahl, wie er genannt wurde. Der andere Strahl ist darin außerordentlich, daß er den einfachen Brechungsgesetzen nicht gehorcht und seine Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Krystall ganz von seiner Richtung in ihm abhängt. Eine besondere Richtung haben diese Krystalle, in welcher der außerordentliche dem ordentlichen völlig gleicht. Man nennt sie die optische Axe des Krystalls; die Krystalle selbst heißen darnach optisch einaxig. Tritt ein Strahl in Richtung dieser Axe in einen solchen Krystall, so bleibt er einfach. (Beispiele für derartige Krystalle sind im tetragonalen System: Zirkon, Zinnstein; im hexagonalen: Bergkrystall, Eis, Beryll, Chlorcalcium, Korund, Kalkspath, Rubin, Smaragd, Turmalin, Sapphir u. s. f.)

Die den drei letzten Systemen angehörenden Krystalle geben keine ordentlichen Strahlen; in ihnen sind beide Strahlen außerordentlich und folgen also beide nicht den gewöhnlichen Brechungsgesetzen, nament-

lich sind bei beiden die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten durchaus abhängig von ihren Richtungen im Krystall. Trotzdem nennt man auch bei ihnen einen der Strahlen ordentlich, nämlich denjenigen, der sich weniger abweichend von den gewöhnlichen Brechungsgesetzen verhält. Diese Krystalle haben zwei optische Axen, sie heißen darum optisch zweiaxig. In jeder der Axen haben also beide Strahlen gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Doch erfolgen für Strahlen, welche diese Richtungen einschlagen, sehr merkwürdige Zerlegungen, auf die wir hier nicht eingehen können (Beispiele für zweiaxige Krystalle sind Arragonit, Chlorbaryum, Glimmer, Arholith, Salpeter, Schwefel, Schwerspath, Seignettesalz, Strontanit, Talk, Topas, Anthracit, Bernsteinsäure, Borax, Augit, Eisenvitriol, Feldspath, Gyps, Oxalsäure, Weinsäure, Zucker, Kupfervitriol, und eine große Zahl von Salzen und Doppelsalzen). Diese und die vorausgehenden Beispiele betreffen meist Körper, deren Zusammenfügung der Leser aus dem ersten Theil schon kennt.

10. Polarisation.

313. Außer der Doppelbrechung erfahren die einfallenden Strahlen noch eine andere sehr wichtige Veränderung. Ein gewöhnlicher Lichtstrahl, wie wir ihn z. B. von der Sonne zugesandt erhalten, zeigt ringsherum um seine Erstreckung, das ist um seine Fortpflanzungsrichtung, überall die nämlichen Eigenschaften. Wir mögen den ihn aussendenden Körper, oder, was auf dasselbe hinauskommt, den ihn aufnehmenden, um seine Richtung drehen, wie wir wollen, es bleiben alle Erscheinungen völlig ungeändert. Solches Licht nennt man natürliches Licht. Anders verhalten sich die Strahlen, die aus doppelbrechenden Körpern kommen, sie zeigen eine ausgesprochene Seitlichkeit. Läßt man von den beiden Strahlen, welche z. B. aus einem Kalkspathkrystall austreten, einen, den ordentlichen oder außerordentlichen, durch einen zweiten Kalkspathkrystall gehen, so zerfällt dieser Strahl dabei wieder in zwei Strahlen. Fängt man diese auf einem Schirm auf, so hat man zwei Lichtflecke, einen vom ordentlichen, den anderen vom außerordentlichen Strahl. Insoweit ist also alles noch ganz ebenso, wie wenn man natürliches Licht durch einen Krystall gehen läßt. Aber wenn man im letzteren Falle den Krystall um die Strahlenrichtung dreht, verändern zwar die Lichtpunkte ihre Lage, wie schon erwähnt, doch bleiben ihre Helligkeiten ganz unverändert. Dagegen, wenn wir im anderen Fall in gleicher Weise einen der beiden Krystalle drehen, drehen sich nicht bloß die Lichtflecken, sondern sie ändern auch ihre Helligkeit, und zwar nimmt der eine an Helligkeit zu, wenn der andere abnimmt. Stehen die Krystalle vollkommen gleich, so daß einer wie die Fortsetzung des anderen aussieht, wenn sie zufällig gleich dick sind, so ist nur einer von den Lichtpunkten zu sehen, dreht man dann z. B. den zweiten

Krystall, so erscheint auch der zweite Lichtpunkt und nimmt stetig an Helligkeit zu, während der andere in gleichem Maaße an Helligkeit abnimmt. Sobald die Drehung 90 Grad erreicht hat, hat jener alles Licht an sich gerafft und dieser ist verschwunden. Dreht man noch weiter, so verliert er wieder an Helligkeit und der andere tritt hervor, bis die Drehung 180 Grad erreicht hat, nun ist der andere wieder ganz hell und jener ist verschwunden. Bei weiterer Drehung treten dieselben Erscheinungen hervor. Dasselbe würde stattfinden, wenn man nicht den Krystall um den einfallenden Strahl, sondern diesen um sich selbst drehen würde. Also der außerordentliche Strahl und der ordentliche, die im zweiten Krystall aus dem einen, aus dem ersten ausgetretenen ordentlichen oder außerordentlichen Strahl entstanden sind, beide haben zwei Lagen im zweiten Krystall, in denen sie besonders hell sind und zwei andere, in denen sie ganz verschwinden. Hieraus folgt, wenn wir uns zur besseren Verfinnbildlichung die Strahlen horizontal fortlaufend denken, daß jeder dieser beiden Strahlen ein Rechts und ein Links, Oben und Unten hat, und zwar hat jeder von ihnen rechts dieselbe Beschaffenheit wie links und oben wie unten, aber die Beschaffenheit an der rechten oder linken Seite ist bei beiden eine andere als die in der oberen oder unteren. Dabei ist der einzige augenfällige Unterschied zwischen diesen Strahlen und natürlichen Strahlen der, daß sie von einem Strahl herrühren, der durch einen doppelbrechenden Krystall durchgegangen ist, die natürlichen dagegen vom leuchtenden Körper unmittelbar kommen. Der Durchgang durch diesen Krystall muß diesen Strahlen also eine Seitlichkeit verliehen haben.

314. Diese Seitlichkeit nennt man die Polarisation; Lichtstrahlen, welche sie zeigen, heißen polarisirt. Natürliches Licht ist also unpolarisirt. Es wird erst polarisirt, sobald es durch doppelbrechende Krystalle geht. Dabei erstreckt sich die Polarisation auf den ordentlichen und außerordentlichen Strahl zugleich und zwar stehen ihre Seiten im rechten Winkel zu einander. Denn, wenn man beide durch den zweiten Krystall gehen läßt, so daß man vier Lichtpunkte zu zwei Paaren hat, zeigen diese Paare beim Drehen des zweiten Krystalls entgegengesetztes Verhalten, erlischt in dem einen der ordentliche Lichtpunkt, so leuchtet im anderen dieser dafür um so heller und statt dessen ist in diesem der außerordentliche verschwunden u. s. f.

Wir werden später (Art. 332) für diese Seitlichkeit eine bessere Vorstellung gewinnen. Einstweilen können wir sagen, ein solcher (es giebt auch Strahlen, die in anderer Weise polarisirt sind, davon sehen wir hier ab) polarisirter Lichtstrahl beruht auf einem Vorgang in einer Ebene, die seine ganze Länge enthält. Wir nennen diese Ebene die Polarisationsebene. Drehen wir den Strahl,

so dreht sich auch diese Ebene. Bei einem natürlichen Lichtstrahl existirt eine solche Ebene nicht, bei ihm finden die Vorgänge rings um ihn in allen Richtungen in ganz gleicher Weise statt. Geht ein solcher Strahl jedoch durch einen doppelbrechenden Körper durch, so wird er in zwei polarisirte Strahlen zerlegt, die Polarisationsebenen dieser beiden Strahlen stehen senkrecht zu einander; diese Strahlen sind senkrecht zu einander polarisirt. Geht ein polarisirter Lichtstrahl durch einen doppelbrechenden Krystall, so wird auch er in zwei Strahlen, die wieder senkrecht zu einander polarisirt sind, zerlegt. Die Doppelbrechung zerlegt also nicht bloß die Strahlen, sondern ordnet auch die Vorgänge, durch welche sie gebildet sind, in bestimmter Weise.

315. Doch ist die Doppelbrechung nicht das einzige Mittel, natürliches Licht zu polarisiren. Jede Reflexion und Brechung polarisirt Licht bereits, wenngleich im Allgemeinen nur theilweise. Es giebt sogar für die Reflexion einen gewissen Einfallswinkel — für die Reflexion von Glas in Luft z. B. beträgt dieser Winkel 55 Grad —, unter welchem alles Licht polarisirt zurückgeworfen wird und zwar fällt die Polarisationsebene mit der Ebene, welche den einfallenden und reflektirten Strahl enthält, zusammen. Solches Licht verhält sich dann nach der Reflexion völlig wie das aus einem doppelbrechenden Krystall tretende. Unter allen anderen Umständen verhält sich reflektirtes und gebrochenes Licht wie eine Mischung aus natürlichen und polarisirten Strahlen. Die Menge der polarisirten Strahlen nimmt mit wachsender Zahl der Reflexionen und Brechungen zu. Die Deutung all dieser Erscheinungen ist die, daß alle Körper die Neigung haben, auf das Licht ordnend zu wirken. Sie reflektiren Licht und lassen Licht nur durch, wenn dieses sich einer gewissen Ordnung unterzogen hat. Krystalle können sogar unter allen Umständen nur solches Licht durchlassen, welches vollständig geordnet ist. Doch kann diese Ordnung nach zwei Seiten vor sich gehen, indem die Vorgänge, welche den Strahl bilden, in zwei zu einander senkrechten Ebenen geschehen können, ohne daß der Krystall dem Strahl den Durchgang wehrt. Die Vorgänge ordnen sich deshalb beim Eintritt des Lichtes in den Krystall in solchen zwei zu einander senkrechten Ebenen, und da sich zugleich eine Differenz in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der beiden so geordneten Vorgänge einstellt, werden sie auch nach verschiedenen Richtungen abgelenkt, es entsteht die Doppelbrechung. Sicher wird diese Ordnung durch die innere Beschaffenheit der Krystalle und Körper bewirkt. Dem Auge bietet polarisirtes Licht die nämliche Erscheinung dar wie natürliches (doch hat es allerdings auch für das Sehen einige besondere Eigenthümlichkeiten). Physikalisch ist es aber von diesem sehr verschieden, wie sich oben bereits gezeigt hat, und wie noch bei vielen anderen Gelegenheiten hervortritt.

316. Wir haben nur noch auf Folgendes, das polarisirte Licht betreffend, aufmerksam zu machen. Entfernt man von den beiden aus einem Krystall austretenden Strahlen einen, z. B. den außerordentlichen, und läßt nur den anderen durch den zweiten Krystall durch, entfernt dann von den aus diesem austretenden wieder einen, so daß man zuletzt überhaupt nur einen Strahl (statt vier) noch übrig behält, so wissen wir, daß bei gewisser Stellung des zweiten Krystalls zum ersten er völlig ausgelöscht wird, d. h. aus beiden Krystallen tritt überhaupt kein Licht aus, und wenn man durch sie durchsieht, ist alles dunkel.

Für die Entfernung immer eines der Strahlen hat man verschiedene Einrichtungen. Die beste ist die unter dem Namen des Nikol'schen Prisma bekannte. Ein Kalkspathkrystall ist vorne und hinten in bestimmter Weise geschliffen, dann fast diagonal zu zwei Keilen durchgeschnitten. Diese Keile sind dann durch Kanadabalsam wieder zusammengeklebt, so daß der Krystall unverletzt erscheint. Tritt senkrecht zur vorderen Fläche ein Strahl ein, so wird er doppelt gebrochen, der ordentliche geht bis zur Verklebungsschicht und fällt dort unter einem solchen Winkel auf die Kanadabalsamschicht — welche einen geringeren Brechungs-

Fig. 28.

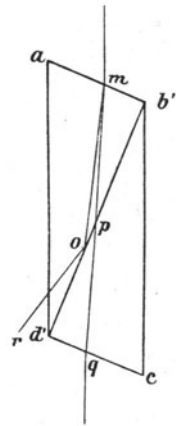
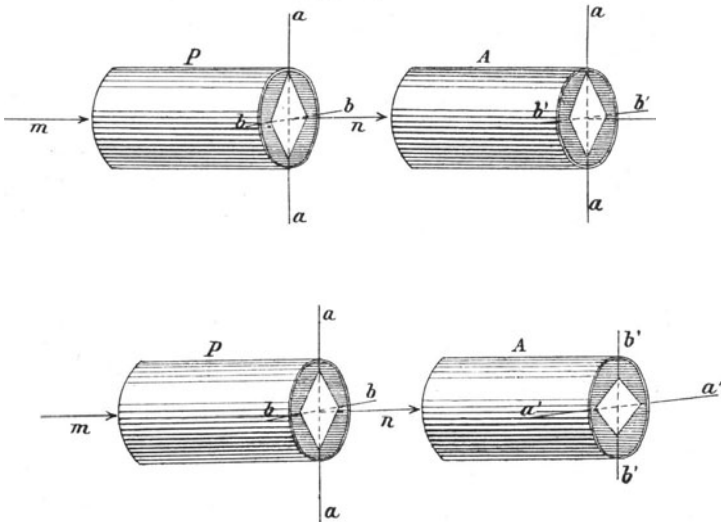


Fig. 29.



coefficienten hat, als diesem Strahl im Kalkspath zukommt — daß er total reflektirt werden muß (Art. 277). Er geht dann durch die Seite

des Prismas. Der außerordentliche dagegen kann, weil ihm ein kleinerer Brechungsquotient als der Walfamschicht zukommt, nicht total reflektirt werden, er geht durch diese durch und tritt aus der Hinterfläche des Krystalls aus. Stellt man diesem Nikol'schen Prisma ein ähnliches gegenüber, so geht also in dieses nur ein Strahl hinein. Dieser wird wieder in einen ordentlichen und außerordentlichen zerlegt, von denen der ordentliche wieder total zur Seite reflektirt wird, der außerordentliche aber durchgeht, es bleibt also zuletzt wirklich nur ein Strahl übrig. Stehen die Prismen hinter einander mit parallelen Kanten, parallele Prismen, so erscheint beim Durchsehen durch sie alles hell, dreht man ein Prisma um seine Länge als Axe um 90 Grad, gekreuzte Prismen, so wird alles dunkel, man kann durch sie nicht durchsehen. Man nennt das erste Prisma das polarisirende oder den Polarifator, das zweite das analysirende oder den Analysator. Die umstehenden Figuren 28 und 29 zeigen den Strahlengang in einem Nikol'schen Prisma und die Anordnung zweier solcher Prismen parallel und gekreuzt. Ich würde den Leser mit dieser etwas complicirten Beschreibung nicht behelligen haben, wenn sie nicht nöthig wäre, um die Wirksamkeit eines für gewisse Steuerabfertigungen wichtigen Apparates zu erklären. Dazu habe ich jedoch erst noch eine weitere eigenthümliche Einwirkung gewisser Körper auf das Licht mitzutheilen.

11. Drehung der Polarisationsebene.

317. Bereits bei der Reflexion und Brechung polarisirten Lichtes findet eine Drehung der Polarisationsebene statt, durch welche diese im reflektirten Strahl der Einfallsebene, im gebrochenen einer dazu senkrechten Ebene genähert wird. Doch tritt diese Drehung nur bei schräg auffallendem Licht ein; senkrecht auffallendes geht ohne Drehung durch und wird ohne Drehung reflektirt. Außerdem findet die Drehung nur an der Oberfläche statt, sonst nirgend. Es giebt jedoch Körper, welche polarisirtes Licht auch dann drehen, wenn dieses gerade durch sie durchgeht, und außerdem dieses Licht in ihrer ganzen Masse drehen, nicht bloß an der Oberfläche beim Eintritt in ihre Substanz. Dadurch unterscheidet sich diese Drehung grundsätzlich von der durch gewöhnliche Reflexion und Brechung bewirkten. Man schreibt solchen Körpern, sie heißen optisch aktive, während die anderen optisch inaktive genannt werden, Drehungsvermögen zu, welches allen anderen fehlt, und vermöge deren sie jeden polarisirten Lichtstrahl, der in sie eintritt und durch sie durchgeht, so lange um sich selbst drehen, als er sich in ihnen befindet. Die Drehung eines Strahles, oder was dasselbe ist, seiner Polarisationsebene, wächst also mit der Länge des Weges, den der Strahl in dieser Substanz zurücklegt, und zwar wächst sie diesem Wege proportional. Ist der Weg in

einem Fall doppelt oder dreimal so lang wie in einem anderen, so ist auch die Drehung der Polarisationssebene doppelt oder dreimal so groß. Die Geschwindigkeit der Drehung ist für verschiedene Substanzen verschieden. Gleiche Wege durch verschiedene Substanzen bedingen also nicht gleiche Drehungen, sondern im Allgemeinen verschiedene. Als spezifisches Drehungsvermögen einer Substanz bezeichnet man diejenige Drehung, die die Polarisationssebene erfährt, wenn der Lichtstrahl einen Weg von 100 Millimeter in ihr zurücklegt.

318. Eine Drehung kann nun in dem einen oder anderen Sinne erfolgen; stellt man sich dem ankommenden gedrehten Strahl entgegen, so heißt er rechtsgedreht, wenn die Drehung von links nach rechts erfolgt ist (wie die des Zeigers einer Uhr), linksgedreht im anderen Fall (entgegengesetzt der des Zeigers einer Uhr). Die drehenden Substanzen drehen theils nach rechts, sie heißen dann Rechtsdrehende, theils nach links, sie sind dann Linksdrehende. Dextrose z. B. ist rechtsdrehend, ebenso Rohrzucker, Lävulose dagegen linksdrehend. Doch giebt es Substanzen, welche bald rechts bald links drehen. Diese sind jedoch fast ausschließlich Krystalle und zeigen dann auch in den Formen gewisse Sonderheiten, wodurch man die rechtsdrehenden sofort von den linksdrehenden unterscheiden kann. Ein Theil der aktiven Substanzen dreht nur im festen krystallisirten Zustande und verliert das Drehvermögen, sobald er flüssig wird oder in Lösung kommt. Ein anderer dreht nur im flüssigen und gelösten, oder zwar festen aber nicht krystallinischen (also im amorphen) Zustand.

319. Im Uebrigen ist das Drehungsvermögen aller Substanzen von der Temperatur abhängig. Es nimmt mit wachsender Temperatur stetig ab, kann sich jedoch bei den an zweiter Stelle genannten Substanzen noch erhalten, selbst wenn die Verdampfungsstemperatur überschritten ist, also die Substanzen in Dampfform übergegangen sind. Ferner ist von Wichtigkeit, zu bemerken, daß die Drehung sehr stark von der Farbe des Lichtes abhängig ist. Sie nimmt zu, je weiter die Farbe nach dem violetten Ende des Spektrums hin liegt. Geht also polarisirtes Licht, welches mehrere Farben enthält, durch eine aktive Substanz, so sind die Polarisationssebenen der verschiedenen Farben verschieden stark gedreht. Dadurch tritt eine gewisse Scheidung der Farben ein, die man als Rotationsdispersion bezeichnet.

Wie sich diese Scheidung für das Ansehen äußert, können wir leicht zeigen. Wir lassen das aus dem aktiven Körper ausgetretene Licht durch einen Analysator gehen. Da also in Bezug auf diesen die Polarisationssebenen der verschiedenen Farben nunmehr verschieden orientirt sind, werden, dem Früheren zufolge, die verschiedenen Farben aus ihm auch nicht mit gleicher Helligkeit austreten können, gewisse davon werden sogar ganz ausgelöscht sein. Nachdem das Licht aus

dem Analysator ausgetreten ist, wird es also nicht in derselben Weise aus den verschiedenen Farben gemischt sein, wie bei Eintritt in ihn, seine Gesamtfarbe wird also ein anderes Aussehen bekommen. Waren in ihm ursprünglich alle Farben enthalten, so daß es beim Eintritt weiß aussah, und wird der Analysator so gedreht, daß die gelben Strahlen aus ihm gar nicht herauskommen, so wird das austretende Licht, da ihm die mittlere Farbe mangelt, hauptsächlich aus den Endfarben bestehen und röthlich-violett aussehen. Dreht man jetzt den Analysator nach der einen oder anderen Seite, so tritt entweder die blaue oder die rothe Farbe stärker hervor, das Gesichtsfeld schlägt also in Blau oder Roth um. Da diese Farben sehr verschieden von einander sind, kann man also jene Stellung des Analysators, bei der die röthlich-violette Färbung entsteht, mit großer Sicherheit auffinden. Deshalb hat man diese Färbung als die empfindliche bezeichnet (*teinte de passage*), sie ist gegen jede Drehung des Analysators empfindlich, indem sie nach der einen Seite in Blau nach der anderen in das davon so verschiedene Roth übergeht. Zugleich sieht man, daß bei Anwendung aus verschiedenen Farben zusammengesetzten Lichtes (z. B. von Tageslicht, Lampenlicht u. s. f.) durch keine Drehung der Nikols eine vollständige Verdunkelung des Gesichtsfeldes eintreten kann, sondern daß dieses stets farbig, wenn auch mehr oder weniger hell, erscheint, sobald nur zwischen den Nikols eine aktive Substanz vorhanden ist. Nur wenn einfarbiges Licht angewendet wird, kann das Gesichtsfeld auch bei Gegenwart aktiver Substanzen ganz verdunkelt werden.

320. Ehe wir weiter gehen, haben wir einige der Körper, die diese merkwürdige Eigenschaft des Drehvermögens besitzen, namhaft zu machen. Von den Krystallen haben diese Eigenschaft nicht doppelbrechende und von den doppelbrechenden die optisch einaxigen. Letztere für solche Strahlen, welche in Richtung der optischen Axe eintreten und im Krystall verlaufen; alle folgenden Angaben beziehen sich darum bei diesen Krystallen auf Platten, welche senkrecht zur optischen Axe aus ihnen geschnitten sind, und von senkrecht auffallenden Strahlen durchsetzt werden. In allen anderen Richtungen dieser Krystalle und der Krystalle überhaupt wird die Drehung durch die Doppelbrechung verdeckt. Die Krystalle sind aktiv nur als Krystalle. Der am stärksten drehende krystallinische Körper ist der Zinnober (HgS), eine Platte davon, von etwa 111 mm Dicke, dreht gelbe Strahlen, wie sie Kochsalzdämpfe aussenden, vollständig um ihre Richtung herum. In weitem Abstände davon kommen zwei Körper, die für uns kein Interesse haben, und dann der interessanteste aller drehenden Krystalle, bei dem die Erscheinungen der Drehung zuerst studiert ist, der Bergkrystall (SiO_2). Die Drehung dieses Krystalls beträgt für oben bezeichnete Strahlen bei einer Dicke der Platte von 100 mm etwa $21\frac{1}{3}$ Grad.

Der Bergkrystall kommt in der Natur in zwei Modifikationen vor, die chemisch genau dieselbe Zusammensetzung haben, aber für den Anblick sich dadurch von einander unterscheiden, daß die Gestalt der einen genau das Spiegelbild derjenigen der anderen ist. Sie sind in Figur 3 auf Seite 6 dargestellt. Diese beiden Modifikationen verhalten sich in Bezug auf Drehung der Polarisationsebene genau entgegengesetzt, beide drehen diese Ebene zwar um gleich viel, aber die eine dreht sie rechts, die andere links. Stellt man sich also von beiden Modifikationen zwei gleich dicke Platten her und läßt das Licht durch beide Platten gehen, so tritt der Strahl zuletzt ungedreht aus; die zweite Platte hat ihn um eben so viel zurückgedreht, als die erste ihn vorgedreht hat. Sind die beiden Platten ungleich dick, so kommt der Strahl mit der Differenz der Drehungen der Platten heraus; ist also die eine von den beiden Platten 2, 3, 4 u. s. f. mal so dick wie die andere, so beträgt die Drehung das 1fache, 2fache, 3fache u. s. f. der Drehung der dünneren Platte.

Bergkrystall hat auch eine starke Rotationsdispersion. Klebt man zwei entgegengesetzt drehende Platten Seite an Seite, neben einander, und stellt diese Doppelplatte zwischen zwei Nikols, so erscheint das Gesichtsfeld bei Benutzung von Tageslicht in zwei Hälften getheilt, die ungleich gefärbt sind und von einer scharfen Linie, der Trennungslinie, an der die Platten zusammengeklebt sind, geschieden werden. Stellt man auf die empfindliche Farbe ein, so sind sie gleichgefärbt, sobald man aber dann den Analysator dreht, wird die eine Hälfte roth, die andere blau, dieses ist eine Erweiterung dessen, was am Schluß des vorausgehenden Artikels gesagt ist. Andere drehende Krystalle zu nennen (ihre Zahl ist sehr beschränkt) ist nicht von Belang.

321. Von Stoffen, welche im amorphen Zustand, fest oder in Flüssigkeiten gelöst, drehen, kennt man an 300. Sie sind sämtlich organischer Natur und zum größten Theil entweder rechtsdrehend oder linksdrehend. Einige von ihnen kommen in zwei Modifikationen vor, in denen sie entgegengesetzt drehen. Krystallisirt verlieren sie das Drehungsvermögen. Es gehören dazu gewisse Kohlehydrate, Mannite, Glycoside, organische Säuren, Terpentine, Harze, ätherische Oele, Kampher, Alkaloide, Bitterstoffe, Eiweißstoffe u. a. m. Das meiste Interesse für uns haben die drehenden Kohlehydrate. Zunächst die Zuckerarten (Art. 104 ff.). Von den Zuckerarten $C_6H_{12}O_6$ dreht Inositol gar nicht, Dextrose nach rechts, Lävulose und Invertzucker (Dextrose und Lävulose zu gleichen Theilen) nach links. Die Zuckerarten $C_{12}H_{22}O_{11}$ drehen alle rechts, namentlich also auch der gewöhnliche Zucker, Rohrzucker. Von den Kohlehydraten $C_6H_{10}O_5$ und Vielfachen davon sind Cellulose und Pectin inaktiv, Rübenkummi (im Saft der Zuckerrübe) dreht rechts, Stärke und Dextrin links, Gummi arabikum rechts und links. Glucoside (Art. 115) drehen meist

links oder gar nicht, Abkömmlinge davon jedoch auch rechts. Von den Säuren (Art. 98 ff.) drehen die meisten links und rechts, so die Weinsäure, Äpfelsäure, Asparaginsäure; weshalb man Links- und Rechts-säuren unterscheidet, z. B. Linksweinsäure, Rechtsweinsäure. Inaktiv sind die Traubensäure, Bernsteinsäure, Fumar- und Maleinsäure, Citronensäure u. s. f. Terpentinöl dreht links und rechts. Aetherische Oele (Art. 118 ff.) drehen links (z. B. Lavendelöl, Wachholderöl, Rosenöl) oder rechts (z. B. Fenchelöl, Muskatöl) oder links und rechts (z. B. Rosmarinöl, Pfefferminzöl) oder gar nicht (z. B. Anisöl, Zimmtöl, Nelkenöl, Bittermandelöl). Von Alkaloiden (Art. 130) drehen links Chinin, Morphin, Nikotin, Atropin, Aconitin, Santonin u. s. f.; rechts Conchinin, Cinchonin, Coniin u. s. f., gar nicht Betain, Berberin, Veratrin u. s. f. Leimstoffe (Art. 132), wie Glutin und Chondrin drehen links, ebenso Eiweißstoffe (Art. 131 ff.).

322. Die Erfahrung hat gelehrt, daß auch bei allen diesen Stoffen, ob sie an sich flüchtig sind (wie Terpentinöl) oder in inaktiven Flüssigkeiten (wie Wasser) gelöst sind, die Drehung proportional ist der Dicke der durchstrahlten Schicht. Befinden sich also verschiedene drehende Stoffe hinter einander gereiht, so summiren sich ihre Drehungen, wenn sie alle nach gleicher Richtung drehen, und es subtrahiren sich die nach entgegengesetzten Richtungen gehenden Drehungen. Die Gesamtdrehung ist also die Summe aller Drehungen nach der einen abzüglich aller Drehungen nach der anderen Seite und geschieht nach der Richtung, welche überwiegt. Dieses gilt jedoch nur, wenn die Substanzen getrennt hinter einander geschaltet sind; sind sie durch einander vermischt, so treten gewöhnlich verwickelte Beziehungen, die das Endergebniß nicht übersehen lassen, auf. Ganz die nämlichen Regeln gelten für Krystalle, sie bleiben also auch in Kraft bei der Kombinirung dieser Körper mit Krystallen, so daß, wenn man die Drehung eines dieser Körper durch die eines Krystalls kompensirt hat, diese Drehung genau so groß und entgegengesetzt ist, wie die des Krystalls.

Befindet sich ferner eine drehende Substanz in Lösung, so nimmt die Drehung mit wachsendem Gehalt der Lösung an drehender Substanz zu, zwar nicht genau proportional, aber bei manchen Substanzen so wenig davon abweichend, daß die Zunahme dem Gehalt gleichlaufend angesehen werden kann. Dieses gilt namentlich vom Zucker.

12. Polarimeter.

323. Von besonderer praktischer Wichtigkeit ist die Erscheinung der Drehung geworden für die Bestimmung des Zuckers. Die Apparate, welche hierzu dienen, sind im Princip die nämlichen, welche überhaupt

zur Untersuchung der Drehung benutzt werden. Sie heißen allgemein Polarisationsapparate oder Polarimeter, in der besonderen Anwendung auf Zucker auch Saccharimeter. Eine Beschreibung liegt nicht im Plane dieses Buches, nur das Princip ihrer Wirksamkeit soll angegeben werden.

Ihr wesentlicher Theil besteht aus zwei hinter einander angeordneten Nicol'schen Prismen, Polarifator und Analysator. Stellt man diese auf ein bestimmtes Aussehen des Gesichtsfeldes ein, und bringt einen aktiven Körper zwischen sie, so ändert sich dieses Aussehen, und man muß den Analysator um seine Axe drehen, um das frühere Aussehen wieder herzustellen. Der Winkel, um den man ihn hat drehen müssen, ist genau der nämliche, um den die Substanz den Strahl um sich selbst gedreht hat, also gleich der Drehung der Polarisationsebene in dieser Substanz.

Manche Polarimeter sind so eingerichtet, daß das erste Aussehen des Gesichtsfeldes nicht durch Drehen des Analysators, sondern durch Einschalten einer anderen Substanz wieder hergestellt wird, welche um gleich viel aber entgegengesetzt dreht wie die ursprüngliche. Kennt man dann die Drehung der eingeschalteten Substanz, so ist damit auch diejenige der untersuchten gegeben. Diese Einrichtung nennt man den Kompensator. Er besteht aus einer Bergkry stallplatte, welche links oder rechts dreht, und aus zwei durch diagonale Durchschneidung einer entgegengesetzt, rechts oder links, drehenden zweiten Bergkry stallplatte gewonnenen Keilen, die man mittelst einer Schraube an einander beliebig verschieben kann. Durch Verschieben dieser Keile erzielt man, sozusagen, eine Bergkry stallplatte von beliebig veränderlicher Dicke. Stehen die Keile so, daß die durch ihre gegenüberstehenden Stücke gebildete Platte so dick ist, wie die ungetheilte Platte, so dreht der Kompensator das Licht gar nicht; verschiebt man die Keile nach der einen oder anderen Richtung, so tritt eine Drehung ein, weil dann die von den gegenüberstehenden Keilstücken gebildete Platte dünner oder dicker ist als die ungetheilte Platte. Man kann so jede durch eine zwischen die Nicols gebrachte Substanz bewirkte Drehung durch Verschieben der Keile wieder aufheben, so daß das Gesichtsfeld das frühere Aussehen zurückbekommt. Die Verschiebung der Keile ist dann zugleich ein Maas für die Größe der Drehung der Substanz, mit der Verschiebungseinrichtung ist deshalb auch die Ableeskala verbunden. Alle übrigen Einrichtungen an den Polarimetern sind nur dazu vorhanden, ein Gesichtsfeld von bestimmtem Aussehen herzustellen, welches leicht und sicher wieder erkannt und wieder hergestellt werden kann. Die dazu angewandten Mittel sind recht mannigfaltig und die verschiedenen Polarimeter unterscheiden sich hauptsächlich durch diese.

324. Das in Händen der Steuerbeamten befindliche Saccharimeter
Weinstein, Phosphat und Chemie für Steuerbeamte.

nach Soleil-Wenzke macht von den durch Rotationspolarisation bewirkten Farbenererscheinungen Gebrauch. Es enthält deshalb hinter dem Polarifator die im Art. 320 erwähnte Bergkrystalldoppelpatte. Das bei der Einstellung des leeren Instruments durch Drehen gewisser die Reile an einander verschiebender Schrauben herzurichtende Gesichtsfeld ist das der empfindlichen Farbe, wobei die beiden durch eine Linie getrennten Hälften des Gesichtsfeldes gleichfarbig röthlich-violett erscheinen. Nach Einschaltung der drehenden Substanz werden die beiden Hälften ungleichfarbig; durch nochmaliges Drehen der betreffenden Schraube wird die frühere gleichmäßige Färbung wieder hergestellt. In dem anderen in den Händen der Steuerbeamten befindlichen Saccharimeter von Schmidt und Hänisch, dem sogenannten Halbschattenapparat, besteht das Gesichtsfeld gleichfalls aus zwei Hälften, die nur in der richtigen Einstellung gleiches röthliches Aussehen haben. Es wird also auf dieses gleiche Aussehen eingestellt. Bewirkt ist dieses Aussehen durch eine etwas complicirte Einrichtung des polarisirenden Nikols. Andere, jedoch im steuerlichen Dienst nicht benutzte Polarimeter, sind auf Arbeiten mit einfarbigem Licht eingerichtet oder besitzen keine Compensation u. s. f.

Nebeneinrichtungen der Polarimeter sind das damit verbundene Galilei'sche Fernrohr vor dem Analysator zur Beobachtung des Gesichtsfeldes an der Stelle, wo es gebildet wird (die Doppelpatte oder das besondere Prisma), ferner Bergkrystallplatte zur Korrigirung der Farben im Gesichtsfeld, Linsen zum Concentriren und Zusammenhalten des Lichts u. s. f. Die nachfolgende Figuren 30 und 31 stellen die ganze Einrichtung eines Wenzke-Soleil'schen Polarimeters dar, in der oberen Hälfte ist der Apparat, in der unteren Hälfte seine Optik angegeben.

325. Die Skala der steuerlichen Saccharimeter ist ganz willkürlich festgestellt worden. 0 bedeutet freilich eine Lösung, die gar keinen Zucker enthält, also gar nicht dreht, hat also eine natürliche Festsetzung, 100 jedoch ist eine solche, die im zehnten Theil des sogenannten Mohr'schen Liters (Raumgehalt von 1 kg reines Wasser bei der Temperatur 17,5 Grad, während das wahre Liter der Raumgehalt von 1 kg reines Wasser bei der größten Dichtigkeit, das ist bei 4 Grad, ist), also in 100 cem der Lösung bei 17,5 Grad 26,048 g reinen Rohrzucker besitzt, was wir als Normallösung bezeichnen, wie die 26,048 g als Normalgewicht in allen Anleitungen figuriren. Dieses ist in der That völlig willkürlich. Doch ist das für die Bestimmung des procentischen Gehaltes ohne Bedeutung, falls man von jeder Substanz, deren Rohrzuckergehalt man bestimmen will, die nämliche Menge 26,048 g in 100 cem in Lösung bringt. Die sogenannte „Polarisation“, das ist die Drehung an der Skala des Saccharimeters abgelesen, giebt dann die in der Lösung enthaltene Zuckermenge im Verhältniß zu der in der Normallösung vorhandenen. Enthält die

Lösung außer Wasser nichts anderes als Zucker, so muß die Polarisation 100 ergeben, das heißt die ganze aufgelöste Substanz ist Zucker. Den Procentgehalt der Lösung an Zucker findet man dann durch die

Fig. 30.

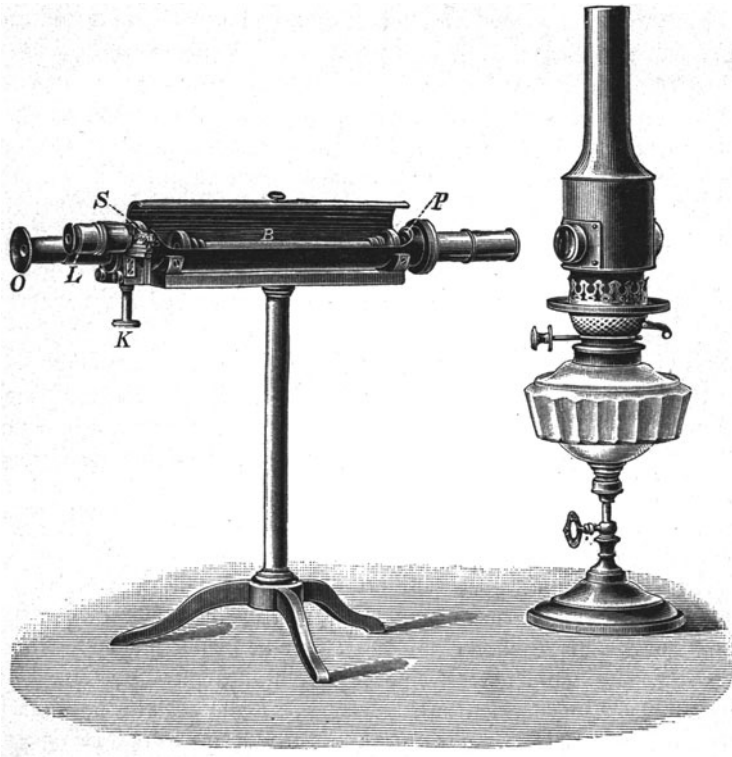
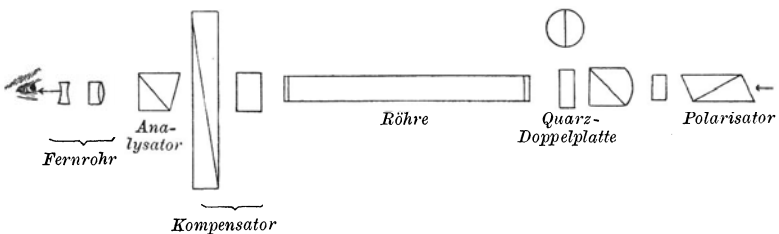


Fig. 31.



Spindelung mit einem dazu eingerichteten Aräometer, z. B. der Spindel nach Brig. Ist das jedoch nicht der Fall, so giebt die Spindelung die Procente der überhaupt in Lösung befindlichen Substanz, die Polarisation nur die des Zuckers. Der sogenannte Quotient, das ist das

100fache der Polarisation, dividirt durch die Procentangabe der Spindelung, giebt also den gesuchten Procentgehalt an reinem Zucker. Daß man zur Aufnahme der zu untersuchenden Substanzen auch die nämliche Röhre benutzen muß, welche zu derjenigen der Normallösung diente, ist selbstverständlich, da ja der Betrag der Drehung auch von der Länge der durchstrahlten Schicht abhängt. Auch ist klar, warum man bei Benutzung einer kürzeren oder längeren Röhre in demselben Verhältniß das abzuwägende Gewicht der in Lösung zu thuenen Substanz vergrößern bezw. verringern muß, falls man nicht vorzieht, mit demselben Normalgewicht zu arbeiten, und statt dessen die abgelesene Polarisation mit der betreffenden Verhältnißzahl zu multipliciren oder zu dividiren. Ebenso hat man das Normalgewicht im Verhältniß zu verringern bezw. zu vermehren, falls man die Lösung nicht auf 100, sondern auf weniger bezw. mehr Kubikcentimeter bringen will. Das Nähere des Verfahrens gehört nicht hierher, da diese Auseinandersetzungen nur das Verständniß bewirken sollen.

326. Die Polarimeter dienen nicht allein zur Bestimmung des gewöhnlichen Zuckers, sondern auch aller anderen Zuckerarten, überhaupt aller drehenden Substanzen; man hat die betreffenden Polarisationen nur mit dem Verhältniß der specifischen Drehung dieser Substanzen (für gelbes Licht der Chlornatriumflamme und mittlere Temperatur: Traubenzucker 51,7 rechts, Fruchtzucker 100,0 links, Invertzucker etwa 20,0 links, Stärke mehr als 200,0 rechts) zu derjenigen des gewöhnlichen Zuckers (für gleiches Licht 67,0. Wie stark die Drehung von der Lichtfarbe abhängt, kann man daran sehen, daß vom Roth bis zum Violett die Drehung auf das Dreifache steigt) für die Strahlen, für welche das Polarimeter eingerichtet ist, zu multipliciren. Auch daß man die Mengenverhältnisse zweier in Lösung zugleich vorhandener Zuckerarten mittelst des Polarimeters ermitteln kann, ist bekannt. In dem auch die Steuerbeamten beschäftigenden Fall, daß gewöhnlicher Zucker und Invertzucker zugleich vorhanden sind, geschieht das durch Polarisiren der unveränderten Lösung und nachdem sie durch Kochen mit Salzsäure invertirt ist, d. h. der gewöhnliche Zucker in Invertzucker verwandelt ist. Die Formeln und Tabellen, die zur Berechnung dienen, sind durch Versuche ermittelt.

13. Wellenlehre des Lichtes (Undulationstheorie).

a) Das Licht als Wellenbewegung.

327. Was ich nun noch vom Licht vorzutragen habe, kann sehr kurz gefaßt werden, da es lediglich zur weiteren Belehrung dienen soll und mit der Praxis der steuerlichen Abfertigung nicht in Verbindung steht. Wir haben aus den Erscheinungen der Polarisation geschlossen,

daß zwar natürliche Strahlen rings herum um ihre Richtung gleichartig sind, nicht aber polarisirte. Diese haben ausgesprochene Seitlichkeit und sind Vorgänge in Ebenen, welche diese Strahlen selbst enthalten. Naturgemäß fragt man, was das für Vorgänge sind. Die Frage hängt offenbar mit derjenigen zusammen nach dem, was überhaupt Licht ist. Hier ist ein Dreifaches zu unterscheiden: 1) Was geht in Körpern vor, welche leuchten? 2) Wie verbreitet sich das Licht durch den Raum? 3) Was geht im Auge oder genauer in der Seele der Lebewesen vor, daß sie durch Licht Gegenstände sehen und erkennen können? Auf Frage 1) und 3) besitzen wir keine rechte Antwort, die erstere betrifft die Natur der Körper und der Erscheinungen überhaupt, die dritte außerdem noch die Natur unserer Wahrnehmungen. Ueber beide giebt es nur Muthmaassungen, über welche die tiefsten Denker nicht einig sind. Die zweite Frage läßt sich eher beantworten und diese ist auch die praktisch wichtigste, doch wird auch über die erste Frage hier und im Abschnitt über Electricität und Magnetismus einiges zu ersehen sein. Was man über die Verbreitung des Lichtes annimmt ist folgendes.

328. Der ganze Raum ist von einer unendlich feinen Materie erfüllt, die man Aether nennt. Diese durchdringt nicht bloß den Raum, sondern auch alle Körper ohne Unterschied. In jedem Körper richtet sie sich nach dessen Beschaffenheit; Aether im Glase hat also etwas andere Eigenschaften wie Aether im Wasser, oder in der Luft, oder im freien Raume, oder in Krystallen u. s. f. Dieser Aether nun verbreitet das Licht; alle Lichtstrahlen sind also Vorgänge im Aether. Sobald ein Körper leuchtet, setzt er allen Aether in ihm in Bewegung. An der Oberfläche des leuchtenden Körpers setzen dessen sich bewegende Aethertheile auch die Aethertheilchen der unmittelbaren Umgebung in Bewegung, diese dann die nächsten, diese wieder die nächsten u. s. f. immer weiter durch den Raum hindurch, bis zu anderen Körpern. Also die Verbreitung des Lichtes ist eine Verbreitung von Bewegung der Aethertheilchen, verursacht durch einen leuchtenden Körper, und wir sehen, wenn diese Bewegung der Aethertheilchen auch in unser Auge gedrungen, an die Netzhaut gelangt ist und dort die Nerven in Erregung setzt.

329. Ueber die Art dieser Bewegung hat man die Annahme gemacht, daß sie niemals in Richtung der Strahlen selbst geschieht. In Richtung der Strahlen geschieht nur die Verbreitung der Bewegung, die Bewegung selbst geht quer zu den Strahlen vor sich. Solche Bewegungen, die quer zu ihrer Verbreitungsrichtung geschehen, nennt man *Transversale*. Dabei können die Bewegungen sehr mannigfaltig sein, immer jedoch geschehen sie so, daß die Theilchen sich nicht von ihrer ursprünglichen Stelle dauernd entfernen, sondern stets nur um diese hin und her gehen. Also sind sie Schwingungs- oder Oscillations-

Bewegungen (Art. 220). Da ferner die Bewegung sich allmählig ausbreitet, befinden sich nicht alle Theile eines Strahles zu derselben Zeit im gleichen Bewegungszustande. Alle Theilchen machen mit der Zeit alle Bewegungen durch, aber zu derselben Zeit befinden sich immer nur einzelne im gleichen Zustande (gleicher Phase) der Bewegung, andere wieder in anderen Zuständen. Man nennt den Abstand zwischen zwei nächsten Aethertheilchen, welche sich in genau dem nämlichen Bewegungszustand befinden, die Wellenlänge des Strahls. Auf jeder Wellenlänge sind alle möglichen Bewegungszustände vorhanden. Von Wellenlänge zu Wellenlänge wiederholen sich diese Bewegungszustände in stets gleicher Reihenfolge, und so besteht ein Strahl aus einzelnen ganz gleich beschaffenen an einander gereihten Stücken, denen sich mit Weiterverbreitung des Lichtes mehr und mehr anschließen; und jedes Stück, das ist jede Wellenlänge, enthält alle Bewegungen, die in irgend einer der anderen Wellenlängen vorkommen und in gleicher Folge. Dieser allgemeine Charakter der Bewegung, vermöge dessen wir sie Wellenbewegung nennen, wird auch nicht geändert, wenn die Strahlen an Körper gelangen oder in solche eindringen.

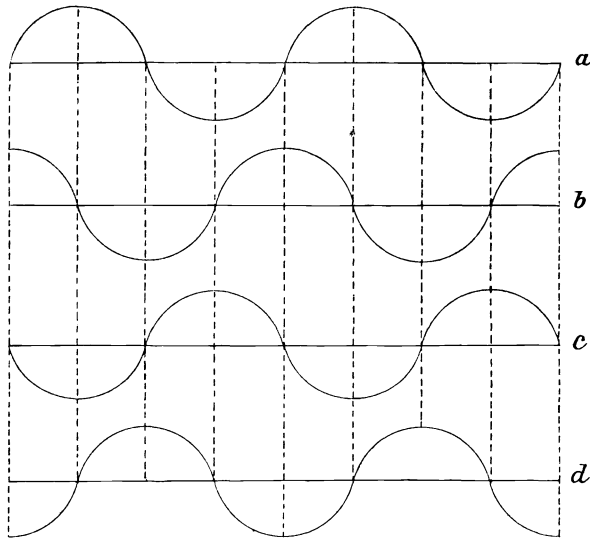
Von der Länge der Wellen hängt die Eigenschaft des Lichtes für unsere Empfindung ab. Strahlen, welche aus Wellenlängen zwischen etwa 0,016 bis 0,0008 mm zusammengesetzt sind, bringen Wärmeerscheinungen hervor, solche deren Wellenlängen zwischen 0,0008 und 0,0003 mm liegen, leuchten, wärmen und wirken chemisch, darunter wirken sie hauptsächlich nur chemisch. Alle eigentlichen Lichtarten haben also Wellenlängen zwischen etwa 0,0008 und 0,0003 mm. Die verschiedenen Farben haben verschiedene Wellenlängen, und zwar nehmen die Wellenlängen vom rothen Ende des Spektrums nach dem violetten hin stetig ab. Ob also ein Licht roth, oder gelb oder grün u. s. f. aussieht, hängt allein von der Wellenlänge seiner Strahlen ab.

330. Kommt die Bewegung aus dem Aether des Raumes an einem Körper an, so ergreift sie auch die Aethertheile dieses Körpers. Allein da diese von den Eigenschaften des Aethers im Raum abweichende, nach der Natur des betreffenden Körpers sich richtende, Eigenschaften haben, wird die Bewegung modificirt. Stößt sie z. B. auf einen Körper, in welchem der Aether dichter oder weniger dicht ist als im Raume, so prallt sie zum Theil ab, ganz ähnlich wie ein elastischer Ball, der auf eine Wand trifft, und auch nach ähnlichen Gesetzen. Dadurch entsteht Reflexion. Zum Theil dringt sie jedoch in den Aether des Körpers ein und erfährt eine Ablenkung von ihrem ursprünglichen Wege (Brechung) und eine Zerstreung in Gruppen von Strahlen gleicher Wellenlänge (Dispersion in Farben) oder auch eine Zerlegung in verschiedene Wellensysteme (Doppelbrechung) u. s. f.

331. Da die mittlere Wellenlänge des leuchtenden Lichtes dem

obigen zufolge etwa 0,0005 mm beträgt, so enthält 1 m Strahl durchschnittlich gegen 2000000 solche Wellenlängen. Das Licht legt in der Sekunde 300000000 m zurück, in einer Sekunde bilden sich demnach nicht weniger als 600 Billionen Wellenlängen hinter einander aus; wohl mehr als in 10000000 Jahren Menschen auf der ganzen Erde entstehen. Zugleich folgt, daß, weil jede Wellenlänge alle Bewegungszustände enthält, ein Aethertheilchen seine ganze Bewegung jedes Mal durchschnittlich in dem 600billionten Theil einer Sekunde vollführt, also in einer Sekunde 600 Billionen Mal um seine Ruhelage oscillirt. Die Bewegung der Aethertheilchen im Lichtstrahl ist hiernach ein unfaßbar rasches Zittern. Wollte Jemand den Umfang der Erde mit

Fig. 32.



einem einzelnen Millimeter ausmessen, so müßte er 15000 Mal dieses thun, um eben so viele Operationen auszuführen, wie ein Aethertheilchen in einer Sekunde hin und her schwingt. Wie viele Jahrtausende müßte er wohl dazu leben!

332. Wir haben früher gesehen, daß polarisirte Strahlen Seitlichkeit besitzen und daraus schon den Schluß gezogen, daß sie jedenfalls einen Vorgang andeuten, der in einer sie selbst enthaltenden Ebene geschieht. Jetzt können wir genauer sagen: Polarisirte Strahlen der behandelten Art bestehen aus Bewegungen in einer Ebene. Am einfachsten werden wir uns vorstellen, daß in einem polarisirten Strahl jedes Aethertheilchen in gerader Linie senkrecht zum Strahl hin und her pendelt. Der Strahl sieht in Folge dessen in jedem Augenblick wie eine Schlangenlinie aus. Die obenstehenden 4 Figuren versinnbildlichen

zwei Wellenlängen eines solchen Strahls in vier verschiedenen um den vierten Theil einer Oscillationsdauer von einander abstehenden Zeitmomenten, man sieht wie die Zustände der einen Wellenlänge sich in gleicher Folge in der anderen wiederholen, und zugleich, wie jede Wellenlänge in den einzelnen Theilen fortwährend ihre Form ändert und dabei doch die allgemeine Form beibehält.

Solche Wellen entstehen z. B. in einer Schnur und laufen darin entlang, wenn man sie an einem Ende faßt, und dieses fortwährend in einer und derselben Linie hin und her oder auf und ab bewegt. Denkt man sich von einem Punkte aus solche Schnüre nach allen Richtungen ausgehen und sich ins Unendliche erstrecken, und läßt diesen Punkt das Ende jeder der Schnüre einmal erschüttern, so läuft in jeder Schnur eine Welle fort, bis ins Unendliche. Folgt noch eine Erschütterung, so entsteht eine weitere Welle, die der ersten nachläuft; kurz jeder Erschütterung entspringt eine neue Welle, und jede Welle läuft hinter den früheren her, ohne daß doch dabei die einzelnen Theile der Schnur andere Bewegungen ausführten als quer zum Fortlaufen der Wellen gerichtete. Erfolgen die Erschütterungen des Endes einer Schnur immer in gleicher gerader Linie, so haben wir ein Bild für gewöhnliche geradlinig polarisirte Lichtstrahlen. Geht die Erschütterung in der Weise vor sich, daß das Ende stetig im Kreise herumgedreht wird, so sind die Wellen schraubenförmig und pflanzen sich so fort, und jedes Theilchen der Schnur bewegt sich in einem Kreise um seine ursprüngliche Lage als Mittelpunkt; solche Wellen nennt man kreisförmig polarisirt. Wird das Ende der Schnur in einer Ellipse bewegt, so hat man wieder schraubenförmige, schraubenartig sich fortbewegende Wellen, nur ist die Schraubenlinie an einer Seite weiter als quer dazu. Das giebt ein Bild von elliptisch polarisirten Wellen. Wir können also jetzt das Wesen der Polarisation des Lichtes allgemeiner dahin fassen, daß in polarisirtem Licht die Aethertheilchen zwar beliebige (in geradlinig polarisirtem geradlinige, in kreisförmig polarisirtem kreisförmige u. s. f.) Bahnen beschreiben, aber jedenfalls stets dieselben Bahnen in stets gleicher Weise durchlaufen.

Ein Bild für natürliches Licht gewinnen wir, wenn wir annehmen, daß die Erschütterungen des Endes einer Schnur fortwährend in Richtung und Größe und Form geändert wird, dabei aber innerhalb jeder für uns meßbaren, wenn auch noch so kurzen Zeit, alle Aenderungen erschöpft sind, und dann, jedoch in völlig beliebiger Folge, wiederkehren. Die Bewegungen der Aethertheilchen in einem natürlichen Lichtstrahl sind also unregelmäßig oder besser ungeordnet, bald kreisförmig, bald geradlinig, bald heftiger, bald langsamer, jetzt rechts dann links u. s. f. Das Charakteristische bleibt jedoch bestehen, daß auch sie senkrecht zur Ausbreitung des Lichtes geschehen. Indem natürliches Licht an Körper

kommt und in diese eindringt, oder von dieser Reflexion erfährt, wird es zum Theil oder ganz polarisirt. Die Körper wirken also auf die Schwingungen der Aethertheilchen ordnend. Doch hängt die Form und der Grad der Ordnung, die sie schaffen, einerseits von ihrer eigenen Natur ab, andererseits von Nebenumständen, wie Einfallswinkel, Brechungswinkel u. s. f.

b) Strahlen, Interferenz, Beugung.

333. Drei sehr merkwürdige Folgerungen ergeben sich aus den obigen Ansichten. Erstens: Wir können einen Lichtstrahl nicht mehr als eine gerade Linie ansehen; die gerade Linie bei einem Strahl ist nichts weiter als seine Ausbreitungsrichtung. Im Uebrigen ist aber ein Lichtstrahl mitunter ein sehr complicirtes Gebilde.

Zweitens: Da Bewegungen sich gegenseitig vernichten können, wenn sie nämlich nach entgegengesetzten Richtungen geschehen, so müssen sich zwei Lichtstrahlen, in denen die Bewegungszustände gerade entgegengesetzt sind, z. B. wie die in a und c der vorausgehenden Figur, völlig auslöschen. Also Licht zu Licht addirt kann mitunter völlige Finsterniß geben. Sind die Bewegungszustände in zwei Strahlen nicht genau entgegengesetzt, aber immerhin einander widerstreitend, so tritt wenigstens eine Schwächung des Lichtes ein. Stimmen sie mit einander ganz oder zum Theil überein, so entsteht eine Verstärkung. Diese Erscheinungen, daß Lichtstrahlen einander ganz auslöschen, schwächen oder auch verstärken, je nach den Umständen, nennt man die Interferenz des Lichtes. Sie tritt z. B. stets auf, wo Licht auf dünne Schichten von durchsichtigen Körpern trifft. Ein Theil wird an der ersten Oberfläche reflektirt, ein anderer tritt in den Körper ein, wird von der anderen Oberfläche zurückgeworfen und tritt zum Theil wieder aus der ersten Oberfläche heraus. Dieser kann mit dem ersten Theil interferiren und bewirkt, daß im einfarbigen Licht die Schicht mit dunklen und hellen, im vielfarbigen mit verschieden gefärbten, Stellen besetzt erscheint. Derartige Erscheinungen, namentlich farbige, wird der Leser oft genug gesehen haben. Dünne Schichten Del auf Wasser, Seifenblasen, blindgewordenes Glas, Sprünge im Glase und anderen durchsichtigen Körpern u. s. f. bieten sie. Die sogenannten Newton'schen Farbenringe, die entstehen, wenn man zwei Glaslinsen oder eine Glaslinse und eine Glasplatte zusammenlegt, sind gleichfalls solche Erscheinungen der Interferenz; die Schicht, welche sie bewirkt, ist die Luftschicht zwischen den Gläsern. Gleichfalls müssen unter Umständen Interferenzen entstehen, wenn die aus einem doppelbrechenden Krystall austretenden zwei Strahlensysteme sich nicht hinlänglich trennen, man bekommt dabei die farbenprächtigsten Zeichnungen zu sehen. Doch sind

die dabei entscheidenden Verhältnisse etwas complicirt und die nöthigen Einrichtungen nicht gerade einfach.

334. Drittens: Kommt Licht an eine Oeffnung in einem Schirm, so erschüttert es, wie alle Aethertheilchen, auch die in der Oeffnung befindlichen. Diese bilden nun ihrerseits Ausgangsstellen von Erschütterungen für alle Theilchen, welche hinter dem Schirm liegen. Also muß man hieraus folgern, daß Licht durch Schirmöffnungen nicht gerade durchgeht, sondern hinter dem Schirm sich nach allen Seiten ausbreitet. Dieses ist auch in der That der Fall, Strahlen, welche durch Oeffnungen gehen, werden am Rande nach der Seite abgelenkt. Dieses nennt man die Beugung des Lichtes. Streng genommen geschieht die Abbeugung nach allen Richtungen, so daß die Strahlen, die an der Oeffnung zusammengehalten sind, beim Durchgang durch sie bis an die hintere Schirmwand gebeugt werden, und nunmehr hinter dem Schirm den ganzen Raum ausfüllen.

Indessen lehrt die genaue Rechnung — und die Erfahrung bestätigt es —, daß je weiter die Oeffnung ist, um so rascher die Helligkeit der abgelenkten Strahlen nach der Seite zu abnimmt, so daß bei hinlänglich weiten Oeffnungen es den Anschein hat, als ob das Licht nur gerade durchgeht. Sind die Oeffnungen jedoch sehr eng, so tritt allerdings die Beugung sehr bemerkbar hervor, durch sehr enge Oeffnungen wird das Licht vollständig in einer Halbkugel zerstreut. Dabei kommen verschiedene Strahlen mit einander in Konflikt und es entstehen neben der Beugung Interferenzerscheinungen. Fängt man das durch eine Oeffnung gegangene Licht auf einem Schirm auf, so sieht man deshalb bei geeigneter Einrichtung den Rand des Lichtflecks nicht allein verwaschen, sondern auch von abwechselnd hellen und dunklen oder farbigen Streifen umgeben, die ganz weit außerhalb der Umgrenzung liegen können, welche der Lichtfleck bei geradem Durchgange des Lichtes haben müßte. Offenbar gilt ganz das nämliche auch von Licht, welches am Rande von Körpern überhaupt vorbeigeht. Also auch die Schattengrenzen dürfen nicht scharf sein, sondern müssen von abwechselnden Streifen von Hell und Dunkel oder von Farbenrändern begrenzt sein. Das ist auch thatsächlich der Fall.

Daß wir das im Allgemeinen nicht sehen, liegt daran, daß die gewöhnlichen schattengebenden Körper ziemlich ausgedehnt sind und dabei die Streifen so dicht auf einander folgen und so schmal sind, und auch so wenig in der Helligkeit abweichen, daß sie nicht mehr hervortreten können. Richtet man sich aber entsprechend ein, so sind all' diese Erscheinungen auf das Schönste zu sehen. Z. B. bekommt man prachtvolle Farbenbänder, die sich zu ganzen Spektren zusammensetzen, und sogar mehrere Spektren hinter einander geben, die immer länger und allerdings auch immer schwächer werden, je weiter man beiderseits von

der Mitte abgeht, wenn man Licht von einer polirten Fläche reflektiren läßt, welche mit nahe auf einander folgenden parallelen Linien versehen ist (Beugungsgitter). Die komplementären Erscheinungen erhält man beim Durchsehen durch eine Glasplatte, welche von solchen Linien durchzogen ist. Viele der Farbenercheinungen in der Natur, welche unser Auge entzücken, und uns mit Bewunderung für die Schönheit der Schöpfung erfüllen, entstehen durch solche Beugungen und Interferenzen (so bei vielen Schmetterlingen, manchen Vögeln — man denke an die Augen in den Pfauenfedern —, Meeresthieren, wie dem Venusgürtel u. s. f.). Sie rühren also nicht von Farbstoffen her, und heißen deshalb vielfach auch physikalische Farben. Darnach sind also auch die in Art. 259 ff. gemachten Auseinandersetzungen zu berichtigen. Sie gelten im Großen und Ganzen, nicht aber im Einzelnen und sind nur für die gewöhnlichen Verhältnisse hinlänglich richtig.

335. Weiter können wir auf diese Verhältnisse leider nicht eingehen. Nur das wollen wir bemerken, daß kaum eine unserer Wissenschaften, vielleicht mit Ausnahme der Astronomie, mit solcher Schärfe und Genauigkeit alle Erscheinungen, mitunter complicirtester Art, voraus zu berechnen weiß, wie die Optik. Es sind manche Erscheinungen sogar rechnerisch früher bekannt gewesen, als man sie in der Erfahrung gefunden hat. Die Mittel dazu bietet die oben dargelegte Ansicht von der Art, wie Licht sich ausbreitet, die Wellenlehre oder Undulationstheorie des Lichtes, deren Ausbildung sich an die Namen Huyghens, Young, Fresnel, Neumann, Kirchhoff knüpft. Newton hat das Licht für von den leuchtenden Körpern fortgeschleuderte Theilchen ihrer Substanz gehalten und darauf gleichfalls eine bewunderungswürdige Theorie gebaut, die man jedoch hat aufgeben müssen, als man so viele Thatfachen fand, die durch diese Theorie in keiner Weise erklärt werden konnten.

Viertes Kapitel.

Vom Schall und den Tönen (Akustik).

1. Töne und Geräusche.

336. Im Anschluß an die Betrachtungen über das Licht wollen wir einige Bemerkungen über den Schall vortragen. Unter Schall verstehen wir alles, was gehört werden kann, wie unter Licht alles, wodurch gesehen werden kann. Doch unterscheiden wir dabei zwei Klassen, Geräusche und Töne, jene sind unregelmäßig, diese geregelte Schallercheinungen.

Alle Schallercheinungen werden durch Bewegungen hervorgerufen und durch Bewegungen fortgeleitet. Dieses ist so augenfällig, daß hierüber auch im Alterthum kein Zweifel bestand. Insofern stimmen sie mit den Lichterscheinungen überein. Allein während beim Licht Aethertheilchen sich bewegen, besteht der Schall in Bewegungen gewöhnlicher Materie, derartig daß nirgend ein Schall entstehen oder sich verbreiten kann, wo keine solche Materie vorhanden ist. Bekannt ist der Versuch, durch den das unmittelbar bewiesen wird. Man stellt eine stetig tönende Glocke unter den Recipienten einer Luftpumpe; sobald man die Luft auszupumpen beginnt, wird der Glockenton schwächer und schwächer; hat man die Luft ganz entfernt, so ist gar nichts mehr zu hören. Der Ton kann den leeren Raum, der seinen Entstehungsort vom Ohre trennt, aus Mangel an gewöhnlicher Substanz nicht durchdringen. Läßt man Luft wieder zu, so erscheint auch der Ton wieder.

337. Noch einen anderen Unterschied gegen die Lichtbewegung haben wir anzuführen. Diese geschieht stets quer zur Richtung der Ausbreitung, ist transversal; die Schallbewegung dagegen geht genau in der Richtung ihrer Verbreitung vor sich, sie ist longitudinal. Im Uebrigen ist sie wie jene eine oscillatorische. Sowohl die Theilchen der den Schall, durch Anschlagen (Klaviersaite, Glocke, Trommel u. s. f.), Reiben (Violine, Harfe), Anblasen (Pfeifen, Blasinstrumente, Flöten, Klarinetten, menschliche Stimmen) u. s. f., gebenden Körper als auch die Theilchen der den Schall verbreitenden (z. B. Luft) gehen in Richtung der Schallausbreitung hin und her. Die oscillatorische Bewegung der letzteren wird durch die der ersteren bewirkt. Kommen diese Bewegungen in das Ohr, so bringen sie die Schallempfindung, das Hören hervor, wie die Lichtbewegungen, wenn sie in das Auge gelangen, die Lichtempfindung, das Sehen, bewirken. Breitet sich ein Schall in einem Körper aus, so verursachen die hin und her gehenden Bewegungen der einzelnen Theilchen Verdichtungen und Verdünnungen, und diese pflanzen sich im betreffenden Körper fort. Wir haben also auch beim Schall Wellen und entsprechend Wellenlängen zu unterscheiden.

Folgen sich die Verdichtungen und Verdünnungen in regelmäßiger Ordnung, so entstehen Töne; sind sie jedoch unregelmäßig, so bringen sie das Gefühl des Geräusches hervor. Indessen giebt es eine scharfe Grenze zwischen Tönen und Geräuschen nicht.

338. Die Ausbreitung des Schalls geschieht in der Luft mit einer Geschwindigkeit von gegen 330 m in der Sekunde. Sie ist also sehr viel geringer als diejenige des Lichts, deshalb sehen wir stets zuerst den Blitz und hören oft viel später den Donner. In Flüssigkeiten ist diese Geschwindigkeit größer, z. B. in Wasser 1435 m in der Sekunde, noch größer ist sie im Allgemeinen in festen Körpern, in Tannenholz beträgt sie 6000, in Eisen und Glas 5000 m u. s. f.

2. Tonleiter.

339. Bei jedem Ton unterscheiden wir seine Stärke, seine Höhe und seinen Klang (oder Klangfarbe). Die Stärke hängt ab von der Größe (Amplitude) der Ausschläge der einzelnen oscillirenden Theilchen der tönenden Körper; je heftiger eine Klaviersaite angeschlagen wird, desto stärker tönt sie. Mit dieser Größe wächst entsprechend die Größe der Ausschläge der Theilchen des den Ton verbreitenden Körpers. Die Tonhöhe ist durch die Wellenlänge der Schwingungen, oder was auf das Nämliche herauskommt, durch die Anzahl der Schwingungen in bestimmter Zeit, die Schwingungszahl bestimmt. Der Ton ist um so höher, je kleiner seine Wellenlänge, also auch die Schwingungsdauer, je größer also die Schwingungszahl ist. Tonhöhe entspricht hiernach völlig der Lichtfarbe, wie Tonstärke der Lichtstärke analog ist. Ein Ton, welcher eben so hoch ist wie ein anderer, ist dessen Prime, ein Ton, welcher doppelt so hoch ist, dessen Oktave. Die Prime eines Tones hat mit ihm die gleiche Schwingungszahl und gleiche Wellenlänge, die Oktave die doppelte Schwingungszahl und halbe Wellenlänge. Da es in der Musik nicht auf die einzelnen Töne, sondern auf deren Verbindung und Aufeinanderfolge ankommt, kehren alle Tonverhältnisse in den einzelnen Oktaven wieder. Dieses ist der Grund, warum man nur die Töne einer Oktave zu betrachten hat. Diese Töne bilden zusammen die Tonleiter.

340. Es giebt innerhalb einer Oktave selbstverständlich unzählig viele Töne, praktisch jedoch werden deren nur wenige angewendet. Nennen wir das Verhältniß der Schwingungszahlen zweier auf einander folgender Töne deren Intervall (wofür man oft auch einfach Ton sagt), so sind diese Intervalle in der Durtonleiter

$$\underbrace{c \quad d}_{\frac{9}{8}} \quad \underbrace{e \quad f}_{\frac{10}{9}} \quad \underbrace{g \quad a}_{\frac{16}{15}} \quad \underbrace{h \quad c}_{\frac{9}{8}}.$$

Das heißt der Ton c macht 8 Schwingungen in derselben Zeit, in der der Ton d deren 9 vollzieht u. s. f. Die Intervalle unserer Durtonleiter bestehen also aus 3 Zahlen $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$, $\frac{16}{15}$. Die erste heißt ein großes, die zweite ein kleines ganzes Intervall, die dritte ein großes halbes Intervall. Ein großes ganzes Intervall ist gleich $\frac{8}{10}$ des kleinen ganzen Intervalls. $\frac{8}{10}$ bildet hiernach den Intervallunterschied zwischen einem großen ganzen und kleinen ganzen Ton, es heißt ein Komma. Es giebt auch ein kleines halbes Intervall, dessen Zahl ist $\frac{3}{4}$. Das Produkt dieses kleinen halben Intervalls und des großen halben Intervalls ist gleich $\frac{10}{9}$, die beiden Intervalle zusammen geben hiernach ein kleines ganzes Intervall. Der Unterschied zwischen einem großen halben Intervall und einem kleinen halben

Intervall ist mehr als doppelt so groß wie der zwischen einem großen ganzen Intervall und einem kleinen ganzen Intervall.

Die Intervalle der einzelnen Töne gegen den ersten Ton sind

$$1 \quad \frac{9}{8} \quad \frac{5}{4} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad 1\frac{5}{8} \quad 2.$$

Diese heißen bekanntlich Prime, Sekunde, Terz, Quart, Quinte, Sexte, Septime, Oktave.

Die zweite Tonleiter, deren wir uns bedienen, die Molltonleiter, besteht aus folgenden Intervallen

$$\frac{9}{8} \quad 1\frac{1}{3} \quad \frac{10}{9} \quad \frac{9}{8} \quad 1\frac{1}{3} \quad \frac{9}{8} \quad 1\frac{0}{9}.$$

Sie enthält also dieselben großen und kleinen ganzen und halben Intervalle, nur in anderer Anordnung. Die Intervalle gegen den ersten Ton sind

$$1 \quad \frac{9}{8} \quad \frac{6}{5} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{8}{5} \quad \frac{9}{5} \quad 2.$$

Beide Tonleitern geben also gleiche Primen, Sekunden, Quarten, Quinten und Oktaven, dagegen verschiedene Terzen, Sexten und Septimen. Die Durleiter hat eine große Terz, große Sexte und große Septime, die Mollleiter kleine Terz, kleine Sexte und kleine Septime. Der Unterschied zwischen diesen großen und kleinen Intervallen beträgt $\frac{3}{4}$, also ein kleines halbes Intervall.

Diese beiden Tonleitern heißen die diatonischen.

341. Eine Tonleiter läßt sich von jedem beliebigen Ton aus bilden, der Ausgangston ist die Tonika. Bei der Bildung der Leiter hat man genau die Intervalle einzuhalten, also unter Fortlassung der charakterisirenden Bezeichnungen groß und klein, z. B. in einer Durtonleiter.

Ganzes, Ganzes, Halbes, Ganzes, Ganzes, Ganzes, Halbes Intervall.

Die gewöhnliche Tonfolge c d e f g a h c ist eine solche Tonleiter auf c als Tonika. Geht man jedoch von der Tonika e aus, so würde, wenn man f nehmen wollte, ein halbes Intervall an erster Stelle stehen, während doch ein ganzes stehen sollte. Wollte man g nehmen, so würden anderthalb Intervalle stehen, was auch nicht geht. Man muß also einen Zwischenton zwischen f und g einschalten, dieser kann durch Erhöhung des f oder durch Erniedrigung des g geschaffen werden. Auf diese Weise also hat sich die Nothwendigkeit herausgestellt zwischen die ganzen Intervalle noch andere halbe einzuschalten, durch Erhöhung der voraufgehenden Töne oder durch Erniedrigung der nachfolgenden. Die so erweiterte Tonleiter heißt die enharmonische. Die Erhöhung eines Tones bezeichnet man bekanntlich durch Anhängung eines is, die Erniedrigung durch solche eines es an den Buchstaben des Tones. Die enharmonische Durtonleiter auf c würde demnach sein

	cis	dis	eis	fis	gis	ais	his
c	d	e	f	g	a	b	c
des	es	fes	ges	as	b	ces	

342. Der Mensch bei freiem Singen bringt diese Erhöhungen und Erniedrigungen unwillkürlich hervor. Bei musikalischen Instrumenten, namentlich den Schlaginstrumenten, würde diese große Zahl von Unterscheidungen sehr unbequem sein; man hat sich darum allmählig dahin geeinigt, die geringen Unterschiede zwischen den erhöhten und erniedrigten Tönen außer Acht zu lassen, und hat das ganze Intervall einer Oktave in 12 gleiche halbe Intervalle getheilt. Das ist die temperirte Stimmung unserer chromatischen Tonleiter. Doch ist die Temperirung auf Kosten der Natürlichkeit erzielt, alle Intervalle sind verändert. Wie man aus diesen halben Tönen die verschiedenen Tonleitern zusammenzusetzen hat, gehört nicht hierher. Es ist auch ungemein einfach, da man immer nur die beiden Intervallereihen

Ganzes, Ganzes, Halbes, Ganzes, Ganzes, Ganzes, Halbes bei den
Durtonleitern

Ganzes, Halbes, Ganzes, Ganzes, Halbes, Ganzes, Ganzes bei den
Molltonleitern

zu bilden hat.

3. Akkorde, Klangfarbe, Resonanz.

343. Das Zusammenklingen zweier oder mehrerer Töne bezeichnen wir hier allgemein als Akkord. Wir fassen es im Allgemeinen als angenehm harmonisch oder konsonirend auf, wenn die Intervalle aller Töne einfache Verhältnisse bieten; sonst sind sie dissonirend. Doch besteht eine bestimmte Grenze zwischen Konsonanzen und Dissonanzen nicht, wenn auch die Extreme scharf von einander sich unterscheiden. Zwei Töne bilden mit Ausnahme der Sekunden und Septimen Konsonanzen, drei Töne geben, wenn sie in Terzen auf einander folgen, konsonirende Dreiklänge (z. B. der Durdreiklang c e g, der Molldreiklang c es g, bei dem die kleine Terz der großen vorgeht. Die einfachen Verhältnisse sind hier $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$ bezw. $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$ u. s. f.); unter ähnlichen Verhältnissen bilden vier Töne einen Viereklang (z. B. der Septimenakkord f, a, c¹, e¹), fünf Töne einen Fünfklang u. s. f. Es scheint sehr verwunderlich, daß unsere Empfindung sich nach der größeren oder geringeren Einfachheit von Zahlenverhältnissen richten soll. Die Thatsache wird aber verständlicher, wenn man beachtet, daß zwei oder mehr Töne ebenso mit einander interferiren können, wie zwei Lichtstrahlen. Sind nun die Schwingungszahlen zweier solcher Töne von einander verschieden, so verstärken und schwächen sie sich

abwechselnd. Wir hören dieses in den sogenannten Schwebungen, deren Anzahl für zwei zusammenklingende Töne in der Zeitsekunde gleich ist dem Unterschiede der Schwingungszahlen dieser Töne. Von dieser Anzahl in der Sekunde hängt der Eindruck des Zusammenklings ab. Er wird mit wachsender Zahl im Allgemeinen schlechter. Doch sind die Verhältnisse etwas verwickelt, da die Empfindung nicht der Zahl der Schwebungen proportional geht und vielfach auch von der Höhe der Töne und ihrer Klangfarbe abhängt. Es können Zusammenklänge in höheren Oktaven durchaus angenehm sein, die in tieferen stark dissoniren, und umgekehrt. Absolute Konsonanzen sind Prime und Oktave, vollkommene namentlich die Quinte und dann auch die Quarte. Die anderen sogenannten Konsonanzen sind unvollkommen, weil sie besonders durch die Höhe der Töne bestimmt sind.

344. Die Klangfarbe hängt bekanntlich von der Beschaffenheit des Körpers ab, welcher den Ton hervorbringt. Der nämliche Ton klingt gesungen ganz anders, als auf dem Klavier angeschlagen, und auf diesem anders als auf der Violine, oder der Flöte u. s. f. Der Grund für diese auffallende Erscheinung besteht darin, daß kein Ton unserer Musikinstrumente für sich eine einfache Erscheinung ist, jeder vielmehr bereits einen Zusammenklang verschiedener einfacher Töne bildet. Die Schwingungszahlen dieser, einen Ton zusammensetzenden, Einzeltöne stehen zu einander in den einfachen Verhältnissen von 1, 2, 3, 4, 5, . . . Man nennt die sämtlichen einen Ton bildenden Einzeltöne die Theiltöne des Tones, den Theilton mit kleinster Schwingungszahl seinen Grundton, die anderen seine Obertöne. Ein Ton besteht also aus Grundton und Obertönen; so der Ton c des Klaviers aus den Tönen c, c¹, g¹, c², e², g², b², c³ u. s. f. Es bedarf besonderer Aufmerksamkeit und besonderer Vorkehrungen, um die Partialtöne eines Tones getrennt von einander zu hören. Das Ohr faßt sie im Zusammenklang auf und bestimmt nach der Zahl von ihnen, die noch genügende Stärke haben, und nach der Höhe derjenigen, welche sich besonders bemerkbar machen, den Charakter des Tones. Die Klangfarbe wird also durch die hervortretenden besondern Obertöne bestimmt. Töne ohne Obertöne klingen weich, aber in der Tiefe dumpf; solche mit den ersten Obertönen sind klangvoll; bei Anwesenheit der ungeradzahlgigen Obertöne (im vorigen Beispiel g¹, e², b² u. s. f.) allein sind sie hohl; scharf und rauh fallen sie aus, wenn die höheren Obertöne hervortreten u. s. f.

345. Der Mensch und viele Lebewesen besitzen die Mittel sowohl Töne zu hören, als auch solche hervorzubringen. Die tiefsten Töne, die wir noch als solche erkennen, haben etwa 30 Schwingungen in der Sekunde, also in der Luft eine Wellenlänge von $\frac{3}{2}\frac{3}{10}$, das ist 11 m. Die höchsten hörbaren Töne reichen bis gegen 40000 Schwingungen

hinauf; die Wellenlänge für diese beträgt also $\frac{330}{40000}$. Das ist etwas mehr als 8 mm. Töne mit kleineren Schwingungszahlen als 30 hören sich nicht mehr wohl als solche an, sie sind knarrend. Töne mit mehr als 40000 Schwingungen hören wir überhaupt nicht. Doch scheint es manche Thiere zu geben, die sie vernehmen können. Also alle als Töne noch zu unterscheidenden Schalle bilden etwa 11 Oktaven. Doch reichen die musikalisch verwertbaren Töne nur bis etwa 4000 Schwingungen, also 82 mm Wellenlänge hinauf. Das giebt etwa 7 Oktaven. Das c unserer Klaviere enthält gegen 130 Schwingungen, die Normalstimmgabel a¹ 435 Schwingungen u. s. f. Jedenfalls hat das Ohr ein viel umfangreicheres Gebiet als das Auge, da dieses nur wenig mehr als 2½ Oktaven an Farben umfaßt. Sein Bau ist auch viel verwickelter als der des Auges und noch entfernt nicht in allen Einzelheiten erkannt.

Was das Hervorbringen von Tönen betrifft, so geschieht es nicht bloß durch Singen, sondern beim Menschen auch im Sprechen. Die Konsonanten zwar bestehen zumeist aus Geräuschen. Die Vokale aber sind Klänge von besonderer Farbe. So enthalten nach Helmholtz, dem die Lehre vom Schall so Unendliches zu verdanken hat, die Vokale A; E; I; O; U der Reihe nach die Töne b², b³ und f¹; a⁴ und f; b¹; f.

346. Endlich haben wir noch zu erwähnen, daß die Schallschwingungen wie die Lichtschwingungen auch reflektirt werden; dadurch entsteht das Echo. Sodann veranlassen sie Körper, auf die sie treffen, zum Mitschwingen, das giebt die Resonanz, deren wir uns bei unseren Musikinstrumenten in so ausgedehntem Maaße bedienen, um die Töne zu verstärken. Ebenso beruht darauf die Vermittelung des Hörens, da die in das Ohr eintretenden Schallwellen zunächst das Trommelfell in Schwingungen versetzen und durch dieses erst die Gehörknöchelchen in Bewegung bringen, die ihrerseits die Schwingungen bis in das innere Ohr hinleiten, woselbst sie die Nerven treffen. Ferner erfahren Schallwellen auch Beugung, und zwar, da sie relativ lang sind, auch an großen Oeffnungen und um große Körper herum, ganz so wie Licht durch kleine Oeffnungen und kleine Körper. Die Folge ist, daß wir beim Schall sehr oft „um die Ecke“ hören, aber freilich auch, daß wir die Richtung, aus welcher der Schall kommt, oft falsch beurtheilen. Der Schall hat jedoch auch Schatten. Daß der Schall auch Interferenz erfährt, ist schon hervorgehoben worden, daß er beim Uebergang aus einem Körper in einen anderen gebrochen wird, braucht nur erwähnt zu werden.

Fünftes Kapitel.

Von der Wärme.

1. Wärme und Wärmequellen.

347. Die Erfahrung lehrt, daß manche Körper sich warm anfühlen, andere wieder kalt und daß wir, ohne die Beschaffenheit der Körper zu ändern, sie beliebig für unser Gefühl warm oder kalt machen können. Die Erwärmung und die Abkühlung kann so weit getrieben werden, daß wir die Körper nicht mehr anfassen können, ohne uns zu verbrennen oder uns Frostblasen zuzuziehen. Doch ist damit das Aeußerste noch nicht erreicht. Für die Erwärmung wenigstens scheint es gar keine Grenze zu geben. Da also Erwärmung und Abkühlung beliebig bewerkstelligt werden kann, so nehmen wir an, daß es in der Natur etwas giebt, was wir Wärme nennen und durch dessen Mittheilung an Körper wir diese für unser Gefühl erwärmen, sowie wir sie durch dessen Entziehung für unser Gefühl abkühlen. Kalte Körper und warme enthalten beide Wärme, aber die kalten Körper für unser Wärmegefühl zu wenig und um so weniger, je kälter sie sind, die warmen Körper für unser Gefühl mehr und um so mehr, je wärmer sie sind. Der Mangel an Wärme und der Ueberfluß daran beide können zuletzt schmerzerregend wirken. Darin unterscheidet sich die Wärmeempfindung von der Licht- und Schallempfindung, welche beide nur im Uebermaaß unbequem und wohl auch gefährlich werden, nicht jedoch im Mangel. Doch ist es wahrscheinlich, daß Wärme- und Kälteempfindung durch getrennte Nerven vermittelt werden, so daß Mangel an Wärme Uebermaaß an Kälteempfindung wäre.

348. Die Wärme ist für sich nichts Faßbares. Man kann sie nicht aus den Körpern wie eine Substanz herausziehen; überall, wo wir ihr begegnen, ist sie stets an Körper gebunden. Wir können also auch nicht sagen, was Wärme ist. Das Einzige was wir einstweilen wissen ist, daß Wärme nichts Materielles an sich hat; sie ist weder eine Flüssigkeit, noch ein Gas, noch fest; ihr Ueberfluß macht die Körper nicht schwerer, ihr Mangel nicht leichter. Es ist eine Naturerscheinung, die den Körpern besondere Eigenschaften verleiht und die von Körper zu Körper beliebig übergehen kann.

Trotzdem kann man die Wärmemengen messen. Als Einheit dafür hat man die Kalorie festgesetzt, das ist der hundertste Theil derjenigen Menge von Wärme, deren man bedarf, um ein Kilogramm Wasser vom Gefrieren bis eben zum Sieden zu bringen. Eine Wärmemenge 5 z. B. bedeutet das 5fache des hundertsten Theiles jener Wärme, also 5 Kalorien.

349. Wärme entsteht bei vielen chemischen Vorgängen; namentlich chemische Verbindungen sind mit oft sehr bedeutenden Wärmeentwickelungen verbunden. Die Verbrennungen insbesondere, welche, wie wir gesehen haben, chemische Vorgänge sind, bringen sehr viel Wärme hervor; so die Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser, die Verbrennung des Leuchtgases und der Mineralöle zu Wasser, Kohlenoxyd, Kohlenäure u. s. f., die Verbrennung der Metalle in Sauerstoff zu Oxyden, in Chlor zu Chloriden, die Verbrennung der verschiedenen Kohlen und des Holzes u. s. f.

350. Auf diese Weise, durch Oxydationen vermittelt des Sauerstoffs der eingeathmeten Luft, entsteht die Wärme in den warmblütigen Lebewesen. Diese Oxydationen gehen im Körper stetig vor sich, es wird also auch stetig Wärme geschaffen. Stetig verliert sich jedoch, auf bald anzugebende Weise, die Wärme des Körpers, und es stellt sich zuletzt ein gewisses Gleichgewicht zwischen Schaffung und Abgabe von Wärme, welches bei gesundem Körper mit großer Energie festgehalten wird, so daß der Körper im Inneren immer gleich warm ist (beim Menschen 37 bis 38 Grad Celsius). In Krankheitsfällen treten abnorme Wärmeentwickelungen auf, oder der Körper verliert die Fähigkeit genügend Wärme zu schaffen. Alsdann ist Fieber und Abkühlung die Folge, gegen welche der Mensch so empfindlich ist, daß schon eine Veränderung seiner Temperatur um 5 Grad lebensgefährlich wirkt und eine Steigerung von 6 Grad unvermeidlich zum Tode führt, während eine Abkühlung, wenn sie nicht zu lange andauert, besser ertragen wird (18 bis 20 Grad, doch schwindet das Bewußtsein schon viel früher).

351. Aber auch chemische Verbindungen ohne Verbrennung vermögen Wärme zu verursachen. Selbst Vermischungen von Substanzen mit einander sind vielfach mit Wärmeentwicklung verbunden, so die Vermischung von Alkohol mit Wasser und, in noch höherem Maße, die von Schwefelsäure mit Wasser. In anderen Fällen freilich haben chemische Umsetzungen Wärmeverluste im Gefolge. Ebenso sind auch manche Vermischungen mit starkem Wärmeverbrauch verbunden; man nennt die gebildeten Mischungen Kältemischungen und bedient sich ihrer absichtlich, um Kälte, wo man ihrer bedarf, hervorzubringen. Eine solche Mischung ist z. B. die von Schnee mit Salz, und noch wirksamer die von Schnee mit Chlorcalcium.

Wo bei der Herstellung einer Verbindung oder Mischung Wärme entsteht, wird bei der Zerlegung in die früheren Bestandtheile genau ebenso viel Wärme verbraucht.

352. Noch viele andere Mittel giebt es, Wärme hervorzubringen oder verschwinden zu lassen. Drückt man einen Körper zusammen, so erwärmt er sich, dehnt man ihn aus, so kühlt er sich ab; schlägt man auf einen Körper mit dem Hammer, so tritt abermals eine Erwärmung

ein. Gleiches geschieht, wenn man einen Körper mit einem anderen reibt, was bekanntlich wilde Völkerschaften benutzen, um sich Feuer zu verschaffen. Dieses sind alles, wie man sieht, mechanische Mittel. Aber auch durch Elektrizität kann man, wie wir sehen werden, Körper erwärmen und abkühlen, ebenso durch Licht wenigstens erwärmen.

353. In allen diesen Fällen scheint Wärme völlig aus dem Nichts hervorgebracht zu sein, denn die Wärme, welche beim Verbrennen entsteht, ist vorher nirgends dagewesen, ebensowenig die beim Mischen, oder Drücken, Hämmern, Reiben. Dieses ist jedoch nicht der Fall. Zwar die Wärme ist allerdings als solche vorher nicht vorhanden gewesen, sie ist aber auch nicht aus dem Nichts entstanden, denn es sind bei den chemischen Vorgängen chemische Kräfte verschwunden, gleicherweise wie bei der mechanischen Behandlung der Körper die Kräfte unseres Armes oder irgend welcher Maschinen. Es ist bekannt, und es wird später noch genauer ausgeführt werden, daß man mit Hilfe von Wärme Arbeit leisten kann. Nach dem von Robert Mayer entdeckten Gesetz von der Erhaltung der Kraft, welches wir in Artikel 201 ff. bereits behandelt haben, ist diese Arbeit ganz genau so groß, wie die zur Hervorbringung der Wärme geleistete, alle Verluste mitgerechnet.

2. Ausbreitung der Wärme, Strahlung, Leitung.

354. Sind wir hiernach im Stande, in Körpern Wärme beliebig zu schaffen und verschwinden zu lassen, so besteht doch das einfachste Verfahren, einen Körper mit Wärme zu versehen, oder ihm Wärme zu entziehen, darin, daß wir ihn mit einem anderen in Verbindung bringen, der wärmer ist als er, falls wir ihn erwärmen wollen, und der kälter ist, falls wir ihn abkühlen wollen. Die Wärme besitzt nämlich die merkwürdige Eigenschaft, sich in den Körpern stets möglichst so zu vertheilen, daß diese alle gleich warm erscheinen. Sobald man zwei Körper in Berührung bringt, welche nicht gleich warm sind, geht aus dem wärmeren Körper Wärme so lange in den kälteren über, bis beide gleich warm geworden sind. Dieses Bestreben der Wärme nach Ausgleichung ist so groß, daß diese sogar durch den Raum hindurch auch dann stattfindet, wenn wir aus ihm alle Luft entfernt haben. Gleichet sich Wärme innerhalb eines Körpers, oder durch Körper aus, die mit einander in Berührung stehen, so sagt man, es geschehe dieses durch Leitung, die Wärme sei innerhalb des Körpers oder von Körper zu Körper von wärmeren Stellen nach kälteren abgeleitet; man faßt den Vorgang als eine Bewegung der Wärme von Stelle zu Stelle, und damit auch von Körper zu Körper auf. Geschieht die Ausgleichung durch den luftentleerten Raum hindurch, so sagt man die Wärme strahle aus, sie verbreite sich durch Strahlung. Also Wärmeleitung und Wärmestrahlung sind

die Mittel zur Ausbreitung und Ausgleichung der Wärme. Gewöhnlich sind beide Vorgänge mit einander verbunden. So erwärmt ein Ofen die ihn umgebende Luft unmittelbar; in dieser verbreitet sich die Wärme durch Leitung weiter und kommt so auch zu allen Gegenständen des Zimmers. Andererseits aber strahlt der Ofen auch Wärme aus, was man sehr deutlich empfindet, wenn man sich ihm gegenüber stellt.

355. Die Wärmestrahlung hat so große Ähnlichkeit mit der Lichtstrahlung, daß alle Gesetze, welche für diese gelten, ohne Weiteres auf sie übertragen werden können. Die Wärme strahlt also in geraden Linien aus. Es giebt Körper, welche Wärmestrahlen in gleicher Weise durchlassen wie Lichtstrahlen, andere wieder, welche sie vollständig in sich aufnehmen und verzehren, also für Wärmestrahlen durchsichtige und undurchsichtige Körper. Sodann werden Wärmestrahlen wie Lichtstrahlen gebrochen, zurückgeworfen, gebeugt, polarisirt u. s. f. Kurz jede Erscheinung, die wir an Lichtstrahlen bemerken, findet sich auch an Wärmestrahlen. Vielfach sind Wärmestrahlen mit Lichtstrahlen so vermischt, daß es besonderer Mittel bedarf, sie von einander zu trennen. So sind, wie wir bereits gesehen haben, in den Strahlen der Sonne Wärme- und Lichtstrahlen mit einander vereinigt. Koncentriren wir die Sonnenstrahlen durch ein gegengehaltenes Brennglas, oder einen gegengehaltenen Hohlspiegel in einen Punkt, so wird dieser Punkt nicht bloß sehr hell, von den in ihm zusammenlaufenden Lichtstrahlen, sondern auch sehr heiß, von den gleichfalls in ihm zusammenlaufenden Wärmestrahlen. Daher sein Name Brennpunkt.

356. Die Wärmestrahlung geschieht mit gleicher Geschwindigkeit wie die Lichtstrahlung, also außerordentlich rasch, da die Strahlen sich in einer Sekunde fast um 300 000 km ausbreiten.

Ganz anders verhält es sich mit der Wärmeleitung. Diese geht im Verhältniß dazu außerordentlich langsam vor sich; sie gleicht mehr einem Fortkriechen der Wärme von Ort zu Ort. Alle Körper sind im Stande die Wärme fortzuleiten, doch die verschiedenen Körper in verschiedenem Maaße, man unterscheidet deshalb gute Wärmeleiter und schlechte. Zu den ersteren gehören die Metalle, zu den letzteren die Nichtmetalle. Am besten leitet Silber die Wärme fort, dann kommen Kupfer und andere Metalle; schlecht leiten die Wärme Glas, die Erden, Hölzer, Haare u. s. f. Man kann die Leitungsfähigkeit eines Körpers für Wärme leicht beurtheilen, wenn man ihn an einer Stelle erwärmt und darauf achtet, wann er an einer anderen Stelle dadurch warm wird. Man bemerkt dann leicht, daß z. B. Eisen mehr als 6mal so gut leitet wie Wismuth, aber vom Messing darin um das Zweifache, von Gold um das Fünffache, von Silber gar um das Neunfache übertroffen wird. Silber leitet ferner mehr als 100mal so gut wie Glas und die meisten Gesteine. Diese noch besser als Holz. Manche

Körper leiten die Wärme so schlecht, daß man sie zum Zusammenhalten der Wärme in anderen Körpern benutzt. Dahin gehören die Gase und alle Gespinnstfasern, aus denen wir unsere Kleidung und unsere Bedeckungen bereiten, die ja den Zweck haben, die Wärme, die unserem Körper eigenthümlich ist, an der allzuschleunigen Ausbreitung zu verhindern.

Uebrigens verliert ein Körper um so rascher seinen Wärmeüberschuß, je wärmer er in Bezug auf seine Umgebung ist. Die Sonne strahlt ungeheure Mengen von Wärme aus, weil der sie umgebende Raum sehr kalt, sie selbst dagegen sehr heiß ist. Sie würde sich sehr bald an Wärme erschöpfen, wenn sie sich nicht auf irgend eine Weise, über die man nur Vermuthungen hat, Ersatz schüfe.

3. Fühlbare Wärme, Arbeitswärme, Temperatur.

357. Indeffen ist nicht der ganze Inhalt der Körper an Wärme Ursache zu der Bewegung der Wärme, sondern nur der als Wärme fühlbare. Die Wärme bringt nämlich noch eine große Anzahl anderer Wirkungen in den Körpern hervor, die mit dem, was wir „Wärme“ nennen, gar keine Aehnlichkeit haben. Die Folge davon ist, daß wir alle Wärme, die ein Körper hat, in zwei Theile scheiden müssen. Einen Theil, der im gewöhnlichen Sinne des Wortes als Wärme erscheint, das ist also die fühlbare Wärme, und einen zweiten, der in anderer Gestalt sich bemerkbar macht, und den wir aus Gründen, die dem Leser bald klar werden sollen, Arbeitswärme nennen wollen, der jedoch auch als verborgene, latente Wärme bezeichnet wird. Die Verschiedenheiten der fühlbaren Wärme sind es, die die Bewegung der Wärme von Ort zu Ort und von Körper zu Körper veranlassen, nicht die der Arbeitswärme. Zwei Körper, welche gleiche fühlbare, aber verschiedene Arbeitswärmen haben, gleichen ihre Wärmen nicht aus, wohl aber bei gleicher oder verschiedener Arbeitswärme, falls sie verschiedene fühlbare Wärmen haben. Also kommen bei den Wärmebewegungen auch nicht die ganzen Wärmen in Betracht. Doch hängen allerdings die Arbeitswärmen mit den fühlbaren Wärmen so innig zusammen, daß selten eines ohne das andere geändert werden kann und meist jedes in Mitleidenschaft gezogen wird, wenn das andere einer Veränderung unterliegt.

358. Die fühlbare Wärme eines Körpers nennen wir dessen Temperatur oder seinen Wärmegrad. Je mehr fühlbare Wärme ein Körper besitzt, desto höher ist seine Temperatur, je weniger desto niedriger. Zwei Körper haben gleiche Temperaturen, wenn sie gleiche fühlbare Wärmen aufweisen, so daß die Wärme keine Neigung zeigt von dem einen zu dem anderen überzugehen. Sie nehmen um gleich viel an Temperatur zu, ihre Temperatur wächst um die gleiche Anzahl

Grade, wenn ihre fühlbare Wärme um gleich viel vermehrt ist. Wenn gleich wir das Princip der Temperaturmessung später erst auseinander setzen werden, dürfen wir doch voraussetzen, daß dem Leser die Mittel dazu, die Thermometer, und deren Einrichtung bekannt sind. Um verschiedene Körper um gleiche Temperaturen zu erwärmen, bedarf es im Allgemeinen verschiedener Mengen von Wärme. Zunächst ist klar, daß diese Mengen mit den Massen der zu erwärmenden Körper zunehmen, indem sie diesen proportional anwachsen. Aber abgesehen davon hängen diese Wärmemengen auch noch von der Beschaffenheit der Substanzen ab. Um meisten Wärme braucht man anscheinend zur Erwärmung des Wassers, gleiche Massen Alkohol oder Aether verlangen zu gleicher Erwärmung etwas mehr als die Hälfte davon, Eisen, Kupfer und Zink nur etwa $\frac{1}{10}$, Silber nur $\frac{1}{20}$, Platin und Quecksilber gar nur $\frac{1}{30}$. Man nennt diejenige Menge von Wärme, welche nöthig ist, um einen Körper um eine bestimmte Zahl von Wärme-(Temperatur-)graden zu erwärmen, im Verhältnis zu derjenigen, welche zu gleichem Behufe bei einer ebenso großen Masse Wasser nöthig ist, die specifische Wärme des Körpers. Diese ist also für Wasser 1, Alkohol und Aether etwa 0,54, Eisen, Kupfer und Zink etwa 0,1, Silber 0,06, Platin und Quecksilber 0,033, bei den Gasen etwa 0,24 u. s. f. Doch sind die specifischen Wärmen der Körper nicht unveränderlich, sondern von ihrem Zustande abhängig; namentlich wachsen sie mit der Wärme, die die Körper schon haben, an, so daß es um so mehr Wärme bedarf, um die Körper noch weiter in ihrer Temperatur zu steigern, je mehr sie davon schon haben. Auch von dem Aggregatzustand hängt die specifische Wärme ab, sie ist z. B. bei Wasser im festen (Eis-) Zustande nur 0,5, im gasförmigen (Wasserdampf) nur 0,24 von derjenigen im flüssigen Zustand. Diese specifische Wärme bezieht sich auf gleiche Massen und heißt darum auch die specifische Wärme für gleiche Gewichte. Bezieht man sie auf gleiche Volumina, so nennt man sie die specifische Wärme für gleiche Volumina. Man bekommt die Zahlen für diese aus denen für jene, wenn man jene mit den Zahlen für die Dichtigkeit multiplicirt.

Die specifischen Wärmen für gleiche Massen multiplicirt mit den Verbindungsgewichten der betreffenden Körper (Art. 41) nennt man die Atomwärmen. Sie sind für ganze Gruppen von Körpern, nämlich solche Gruppen, welche chemisch ähnliche Substanzen zusammenfassen, gleich groß. So für alle Metalle etwa zwischen 6 und 7, für gewisse Schwefelmetalle alle etwa 12, für gewisse kohlensaure Salze alle etwa 21 u. s. f. Es bedeutet dieser Befund, daß innerhalb ganzer Gruppen von Körpern zur Erwärmung der gleichen Zahl von Atomen der verschiedenen darin enthaltenen Elemente gleiche Mengen von Wärme nöthig sind.

4. Ausdehnung durch Wärme, Thermometer.

359. Zu dem zweiten Theil der Wärme, der Arbeitswärme gelangen wir, wenn wir die weiteren Eigenthümlichkeiten der Wärme in Betracht ziehen. Der Name, den wir für diesen Theil gewählt haben, deutet schon an, daß er der besonders für die Technik wichtige ist, und in Arbeitsleistungen besteht.

Steigende Wärme lockert das Gefüge der Körper, dehnt sie aus, abnehmende festigt die Körper, zieht sie zusammen. So ist z. B. die Länge eines Maaßstabes aus Stahl bei der Temperatur des kochenden Wassers um mehr als 1 Millimeter länger als bei der Temperatur des gefrierenden Wassers, und auch seine Breite und Dicke ist bei jener Temperatur bedeutender als bei dieser, so daß er überhaupt an Größe zugenommen, also an Dichtigkeit in gleichem Maaße abgenommen hat. Gleiches gilt für alle Körper mit nur sehr wenigen Ausnahmen. Mit steigender Temperatur nimmt ihre Größe zu, ihre Dichtigkeit also in demselben Grade ab, mit fallender tritt das Umgekehrte ein. Die bezeichneten Ausnahmen beziehen sich darauf, daß manche Körper mit steigender Temperatur an Dichte zunehmen, statt abnehmen, und erst wenn ihre Temperatur eine bestimmte Höhe erreicht hat, bei noch weiter wachsender Wärme sich wie die anderen Körper verhalten. Das berühmteste und wichtigste Beispiel dafür ist das Wasser. Dieses zieht sich, wenn man es vom Gefrierpunkt aus erwärmt, zunächst zusammen, um später erst, wenn seine Wärme schon eine gewisse Höhe erreicht hat, sich fernerhin stetig auszudehnen. Wasser ist also nicht am dichtesten im Gefrieren, sondern bei größerer Wärme.

360. Auf der Eigenschaft der Körper, mit Veränderung ihrer Temperatur ihren Raumgehalt zu ändern, beruht die Einrichtung der gewöhnlichen Instrumente zur Messung der Temperaturen, der Thermometer, welche ja auch der Steuerbeamte bei Abfertigungen vielfach in Gebrauch zu nehmen hat. Die gewöhnlichen Thermometer bestehen aus einem Glasgefäß mit einem daran geschmolzenen Glasstengel und einer dahinter befindlichen Skala, an welcher die Temperaturen abgelesen werden. Im Glasgefäß und zum Theil im Stengel ist Quecksilber enthalten.

Thut man ein solches Thermometer in schmelzenden Schnee oder gefrierendes Wasser, so stellt sich das Ende des Quecksilberfadens im Stengel auf eine Stelle der Skala, welche die Gefriertemperatur des Wassers anzeigt, oder, was dasselbe ist, die Schmelztemperatur des Eises. Diese Stelle ist bei den Thermometern nach Reaumur und Celsius mit 0 bezeichnet und heißt der Nullpunkt oder Eispunkt oder Gefrierpunkt oder Erstarrungspunkt. Bei den in England und Amerika gebräuchlichen Thermometern nach Fahrenheit trägt diese

Stelle die Bezifferung 32. Der Leser ersieht hieraus, daß die Bezeichnung Nullpunkt gar keine besondere Bedeutung hat. Namentlich darf er ja nicht annehmen, daß damit gesagt sein soll, die Körper, welche die Temperatur Null Celsius oder Reaumur, also 32 Fahrenheit haben, besäßen gar keine fühlbare Wärme. Sie besitzen solche Wärme, aber nur so viel, als gefrierendes Wasser oder schmelzendes Eis hat, weiteres besagt die Bezeichnung Nullpunkt nicht.

Senkt man ferner das Thermometer in kochendes Wasser, so steigt der Quecksilberfaden in die Höhe und bleibt an einer Stelle stehen, die der Siedepunkt oder Kochpunkt heißt. An den Thermometern nach Reaumur ist diese Stelle mit 80, an denen nach Celsius mit 100, an denen nach Fahrenheit mit 212 bezeichnet.

Zwischen dem Nullpunkt und dem Siedepunkt ist die Skala gleichmäßig, bei dem Thermometer nach Reaumur in 80, bei dem nach Celsius in 100, bei dem nach Fahrenheit in 180 Theile getheilt. Man nennt jeden Theil einen Temperaturgrad, und zwar nach Reaumur, Celsius oder Fahrenheit. Der Temperaturgrad nach Reaumur ist offenbar der größte, er ist so viel wie $1\frac{1}{2}$ Grad nach Celsius und $2\frac{1}{4}$ Grad nach Fahrenheit. In Deutschland wird neben dem Thermometer nach Celsius nur noch dasjenige nach Reaumur benutzt, in allen amtlichen Abfertigungen darf aber nur das Thermometer nach Celsius angewandt werden. Wir werden daher im Folgenden nur von den Angaben dieses Thermometers, welches auch das Hunderttheilige heißt, und dessen Grade auch Centigrade genannt werden, Gebrauch machen. Grade Temperatur sollen also stets Celsiusgrade sein.

Man kann, wenn man die Skala eines Celsiusthermometers über 100 Grad noch weiter gleichmäßig theilt, auch Temperaturen messen, die höher gehen als die Siedetemperatur des Wassers, nämlich bis zur Siedetemperatur des Quecksilbers, das ist etwa bis zu 357 Grad, bei welcher das Quecksilber zu verdampfen beginnt. Theilt man andererseits die Skala unter dem Nullpunkt noch weiter, so kann man auch Temperaturen messen, welche tiefer sind als die Gefriertemperatur des Wassers und zwar so weit, bis das Quecksilber im Thermometer selbst einfriert, das ist etwa bis 40 Grad Kälte, wie sie bei uns selbst in strengsten Wintern nicht vorkommt, aber im hohen Norden und tiefen Süden nicht selten überschritten wird. Zur Messung von noch tieferen Temperaturen bedient man sich solcher Thermometer, welche mit Alkohol gefüllt sind, oder des sogenannten Luftthermometers, das kann ein Thermometer sein, welches mit Luft gefüllt ist, die im Stengel durch ein sich mitbewegendes Quecksilbertröpfchen abgegrenzt ist. Letztere Thermometer dienen auch zur Messung sehr hoher Temperaturen, über sie wird bald noch einiges gesagt werden.

361. Die Thermometer, mit denen der Steuerbeamte es zu thun

hat, sind nur Quecksilberthermometer und vielfach nicht selbstständige Instrumente, sondern mit anderen, wie Alkoholometern, Aräometern, Saccharimetern verbunden. Sie enthalten auch nicht alle Temperaturgrade, sind jedoch genau nach dem oben angegebenen Princip getheilt und wirken in der oben angegebenen Weise. Wichtig ist jedoch zu bemerken, daß wenn die Temperatur in einem Raume, z. B. einer Flüssigkeit, sicher genug bestimmt werden soll, man das Thermometer stets möglichst so weit einzusenken hat, daß höchstens nur das oberste Ende des Quecksilberfadens heraussteht; die Einsenkung des Quecksilbergefäßes allein genügt nicht. Andernfalls hat das Quecksilber, welches herausragt, nicht die Temperatur, die man messen will, sondern eine höhere oder niedrigere, je nachdem die Temperatur der Umgebung höher oder niedriger ist als die des Raumes, dessen Temperatur gemessen werden soll, und man bekommt diese letztere Temperatur zu hoch oder zu niedrig (Fehler wegen des herausragenden Fadens). Wo es nicht angängig ist das Thermometer hinlänglich tief einzusenken, muß man streng genommen die abgelesene Temperatur corrigiren. Doch ist diese Korrektion in den in der Steuerabfertigung etwa in Betracht kommenden Fällen nur unbedeutend. Auch muß man mit der Ablesung so lange warten, bis der Stand des Quecksilbers in der Röhre konstant geworden ist. Wir kehren jetzt zu unserem Gegenstande zurück.

362. Man nennt diejenige Vergrößerung, welche ein Körper erfährt, wenn die Temperatur, die er hat, um einen Grad gesteigert wird, seinen Ausdehnungskoeffizienten; dieser ist kubisch wenn die Vergrößerung den ganzen Raumgehalt des Körpers betrifft, linear, wenn sie sich nur auf eine Abmessung bezieht. Da alle Körper drei Abmessungen haben, und die Ausdehnungskoeffizienten immerhin kleine Größen sind, kann man den kubischen als das Dreifache des linearen, letzteren also als den dritten Theil des kubischen ansehen. Tritt mit Erwärmung eine Zusammenziehung ein, so ist dieser Koeffizient eigentlich ein Zusammenziehungskoeffizient. Die Ausdehnungskoeffizienten der Körper sind im Allgemeinen sehr von ihren Temperaturen abhängig, man giebt darum auch gewöhnlich nur Durchschnittswerthe für sie an, meist zwischen 0 und 100 Grad.

363. Die Gase und Dämpfe werden am meisten von der Wärme beeinflusst, sie haben alle fast genau denselben Ausdehnungskoeffizienten, nämlich $\frac{1}{273}$. Erwärmt man ein Gas von 0 Grad bis 100 Grad, so strebt es also den Raum, den es einnimmt, um etwa 37 Procent zu vergrößern. Steht ihm kein Hinderniß entgegen, so vergrößert es auch sein Volumen um diesen Betrag. Ist es jedoch fest eingeschlossen, so vermehrt sich sein Druck, und zwar nach dem in Artikel 24 angegebenen Gesetz, um genau den nämlichen Betrag von 37 Procent. Hat das Gas also zu Anfang unter Atmosphärendruck gestanden, so

übt es jetzt mehr als $\frac{1}{3}$ Atmosphärendruck mehr aus. Bei einer Erwärmung bis zu 1000 Grad steigt dieser Druck um $3\frac{1}{10}$, bei einer solchen bis zu 2000 Grad, wie wir sie noch erreichen können, um mehr als 7 Atmosphären u. s. f. Kurz der Druck steigt genau in demselben Maaße wie das Volumen durch die Erwärmung steigen würde. Dieses Gesetz gilt in gleicher Weise auch für Dämpfe, es wird als das Gesetz von Gay-Lussac bezeichnet. Von der außerordentlich starken Druckvermehrung der Gase und Dämpfe durch wachsende Erwärmung wird viel Gebrauch gemacht. Hier erwähnen wir nur, daß, da die Druckvermehrung so geschieht, wie die Volumenvermehrung geschehen sollte, man auch sie benutzen kann, um Temperaturen zu messen. Dementsprechend sind die gewöhnlichen Luftthermometer auf Messung der Temperaturen durch Druckvermehrung einer in einem Gefäß vermittelst Quecksilber abgeschlossenen Luftmenge bei unveränderlich gehaltenen Volumen eingerichtet.

Das, was man in den Lehrbüchern als Ausdehnungskoeffizienten bei konstantem Volumen verzeichnet findet, ist also nicht eigentlich ein Ausdehnungs- sondern ein Druckkoeffizient; er giebt an, wie der Druck eines auf konstantem Volumen gehaltenen Gases oder Dampfes zunimmt, wenn die Temperatur um 1 Grad zunimmt, und abnimmt, wenn sie um 1 Grad fällt. Was wir aber früher als Ausdehnungskoeffizient bezeichnet haben, ist in der That ein solcher, nur müssen wir nunmehr hinzufügen bei konstantem Druck, anderenfalls ist die Ausdehnung bei gleicher Temperaturerhöhung nicht die nämliche, da sie von den Aenderungen des Druckes abhängt. Die gegebene Zahl bezieht sich auf konstanten Druck. Von der Größe dieses Druckes selbst ist sie ebenso wie von derjenigen der Temperatur fast ganz unabhängig.

364. Die Ausdehnung der Flüssigkeiten ist viel geringer als diejenige der Gase, sie beträgt selbst bei denjenigen Flüssigkeiten, die sich am stärksten ausdehnen, nicht viel mehr als $\frac{1}{3}$ von derjenigen der Gase; außerdem ist sie sehr stark von der Temperatur abhängig, sie wächst durchschnittlich mit wachsender Temperatur. Zu den am stärksten sich ausdehnenden Flüssigkeiten gehören die Kohlenwasserstoffe, also auch die Mineralöle. Auch Chloroform und Aether dehnen sich stark aus, ebenso der Schwefelkohlenstoff und der Alkohol, schwächer bereits das Wasser und noch schwächer das Quecksilber. Doch sind das nur durchschnittliche Angaben. Wie stark die Ausdehnung der Flüssigkeiten von der Temperatur abhängt, ist z. B. am Wasser zu ersehen, welches sich von 5 bis 10 Grad nur um etwa 0,00026, dagegen in dem gleichen Temperaturintervall von 95 bis 100 schon um 0,0038 seines Volumens, also fast 12mal so stark, ausdehnt. Ein Kilogramm Wasser hat bei 4 Grad bekanntlich einen Raumgehalt von einem Liter, bei 0 Grad in

Folge der erwähnten Ausnahmestellung des Wassers $\frac{1}{8}$ cem mehr, bei 10 Grad $\frac{1}{4}$, bei 20 Grad $1\frac{3}{4}$, bei 30 Grad $4\frac{3}{10}$, bei 40 Grad $7\frac{7}{10}$, bei 50 Grad 12, bei 60 Grad 17, bei 70 Grad $22\frac{6}{10}$, bei 80 Grad $28\frac{9}{10}$, bei 90 Grad $35\frac{7}{10}$, bei 100 Grad 43 cem mehr. Ein Kilogramm Quecksilber nimmt bei 0 Grad nur $73\frac{1}{2}$ cem ein, bei 100 Grad $74\frac{9}{10}$, bei 200 Grad $76\frac{1}{4}$, bei 300 Grad $77\frac{3}{8}$ u. s. f. Daraus erhellt zur Genüge, wie rasch die Ausdehnung mit der Temperatur anwächst und zugleich, wie verschieden sie bei verschiedenen Flüssigkeiten sein kann.

365. Da durch die Ausdehnung der Flüssigkeiten und Gase deren Dichtigkeit verringert wird, so folgt aus Art. 245, daß Flüssigkeiten und Gase sich entsprechend ihrer Temperatur schichtenweise lagern oder zu lagern streben. Warme Flüssigkeiten und Gase steigen deshalb in kälteren in die Höhe, kalte Flüssigkeiten und Gase sinken in warmen unter. Dieses kann man mit Leichtigkeit beobachten. Es ist auch bekannt, daß es in Zimmern oben an der Decke wärmer ist als unten am Fußboden; die Wärme steigt in die Höhe, sagt man, es ist aber nicht die Wärme was in die Höhe steigt, sondern die erwärmte Luft. An deren Stelle muß kältere Luft treten. Das geschieht überall, und so entsteht ein Abfluß und Zufluß von Luft, der oft sehr heftiger Art ist und auf welchem auch die natürliche Ventilation, die Luftregulirung in brennenden Lampen, Ofen u. s. f. beruht. Die Folgen dieses Strebens warmer Luft nach oben und kalter als Ersatz an Stelle der warmen sind in der freien Natur sehr oft und sehr deutlich bemerkbar; sie treten als Winde in Erscheinung.

366. Winde herrschen auf der Erde fast ununterbrochen und kommen bald aus der einen bald aus der anderen Richtung. Zugleich werden sie in ihrer Richtung auch durch die Umdrehung der Erde beeinflusst, denn die von polarerer Gegenden kommenden haben eine geringere Umdrehungsgeschwindigkeit als die aus äquatorialeren Gegenden anlangenden. Die konstantesten Winde, die Passatwinde, entstehen in der That durch einen solchen Ausgleich der heißen hochsteigenden und beiderseits abfließenden Luft in den tropischen Gegenden gegen nachbringende kühlere aus den kälteren Breiten beider Halbkugeln der Erde in Verbindung mit Geschwindigkeitsunterschieden dieser zufließenden Luft gegen die Umdrehungsgeschwindigkeit der Luft in den Gegenden, in welche sie gelangt, wodurch sie gegen diese zurückbleibt und der Eindruck hervorgebracht wird, als ob sie von Ost nach West weht (da die Erde sich von West nach Ost dreht). Doch ist der dabei stattfindende Vorgang ein etwas complicirter und hier nicht genau wiederzugebender.

367. Eine andere Folge der Auflockerung der Flüssigkeiten und Gase durch Temperaturerhöhung besteht darin, daß der Auftrieb (Art. 239), den diese Substanzen auf in ihnen befindliche Körper verur-

sachen, geringer wird. Deshalb könnte ein Luftballon in heißer Luft nicht so hoch steigen wie in kalter. Es ist auch der scheinbare Gewichtsverlust der Körper in warmen Flüssigkeiten und Gasen geringer als in kalten.

Aus gleichem Grunde sinken Alkoholometer, Aräometer, Saccharimeter und ähnliche Instrumente in warme Flüssigkeiten tiefer ein als in kalte. Allerdings werden diese Instrumente durch die Wärme selbst gleichfalls ausgedehnt, so daß ihre Vergrößerung der Auftriebsverminderung entgegenwirkt. Aber da ihre Ausdehnung viel kleiner ist als die der Flüssigkeiten, ist diese Gegenwirkung nicht ausreichend. Dadurch ist bedingt, daß man alle Ermittlungen für Dichten und Gehalte (z. B. an Alkohol oder Zucker) auf bestimmte Temperaturen, sogenannte Normaltemperaturen, beziehen muß, was durch die amtlichen Tafeln, die den betreffenden Instrumenten beigegeben werden, geschieht. Denn naturgemäß kann die Ermittlung des Handels- oder Steuerwerths eines Objekts nicht von einer so willkürlich veränderlichen Größe, wie Temperatur, abhängig gemacht werden. Die Normaltemperatur ist also nothwendig, um alles auf feste Verhältnisse beziehen zu können. In einem besonderen Falle der Steuerpraxis, bei den Alkoholmessern, hat man sich bestrebt, der Verminderung des Auftriebs der Flüssigkeiten durch Ausdehnung und der Vermehrung durch Zusammenziehung dadurch entgegen zu wirken, daß man die Schwimmer wirklich so einrichtete, daß ihre Ausdehnung bezw. Zusammenziehung der der Flüssigkeiten entspricht, was durch Füllung mit einer stark ausdehnbaren Flüssigkeit, die den Schwimmer zu einer viel stärkeren Vergrößerung bezw. Verkleinerung zwingt, als seiner Substanz nach sonst der Fall sein würde, erzielt worden ist. Das ist die Temperaturkompensation dieser Schwimmer. Doch kann eine solche Kompensation für mehrere Flüssigkeiten zugleich nur erreicht werden, wenn diese sich alle gleich stark ausdehnen. Da das bei den verschiedenen Wasser-Alkoholmischungen nicht der Fall ist, hat man die Kompensation nur für gewisse mittlere Stärken einrichten können. Es ist auch bekannt, daß die Angaben des Alkoholzählwerks nur für solche mittlere Stärken bei allen Temperaturen richtig sind, für andere Stärken jedoch genau genommen nur bei der Normaltemperatur zutreffen. Die Abweichungen von der Richtigkeit sind bei nicht zu großen Entfernungen von der mittleren Stärke und der Normaltemperatur nur gering. Immerhin haben sie dazu geführt, daß man nunmehr für besondere Abtriebsverhältnisse besondere Schwimmerkompensationen auszuführen strebt.

368. Von den festen Körpern dehnen sich manche ebenfalls ziemlich erheblich aus. Doch ist bei den meisten diese Ausdehnung gering. Ein Messingstab von 1 m Länge dehnt sich für 100 Grad um etwa $1\frac{9}{10}$ mm aus, ein Stahlstab noch weniger, nur um etwa 1 mm,

ein Platinstab nur um $\frac{9}{10}$ mm, ein Glasstab je nach der Zusammenfügung um $\frac{7}{10}$ bis 1 mm, während eine Quecksilbersäule von gleicher Länge sich um mehr als 6 mm, eine Wassersäule gar um mehr als 12 mm ausdehnen würde. Nur die Ausdehnung von Phosphor, Paraffin, Kautschuk, Wachs kann mit derjenigen der Flüssigkeiten sich vergleichen. Unter den festen Körpern giebt es einen, der sich bei Erwärmung stetig zusammenzieht, das ist Jodsilber.

Feste Körper, welche eine bestimmte Struktur zeigen, haben nach verschiedenen Richtungen verschiedene Ausdehnung. So dehnen sich Hölzer längs der Faser vielfach kaum um den zehnten Theil des Betrages aus, um den sie sich quer zur Faser ausdehnen. Ähnliches gilt von Krystallen, auch diese dehnen sich nach verschiedenen Richtungen verschieden aus. Wie die Ausdehnung der Flüssigkeiten hängt auch diejenige der festen Körper stark von der Temperatur ab, namentlich in der Nähe der Schmelztemperatur wird sie mitunter sehr groß. Die obigen Angaben beziehen sich auf gewöhnliche Temperaturen.

369. Wo die Wärmezufuhr Ausdehnung, die Wärmeverringering Zusammenziehung herbeiführt, da entsteht umgekehrt, wenn man die Körper zusammendrückt, Wärme, wenn man sie ausdehnt, verschwindet Wärme und es entsteht Kälte. Die Wärme, welche in dem einen Falle entstanden, in dem anderen verschwunden ist, ist so groß wie diejenige, welche erforderlich ist, um den zusammengedrückten Körper wieder zu seiner früheren Größe auszudehnen, bezw. wie diejenige, welche gewonnen wird, wenn man den Körper wieder zusammendrückt. Es besteht also zwischen den Vorgängen der Wärmezufuhr und Ausdehnung der Körper bezw. Wärmeverringering und Zusammenziehung der Körper vollständige Gegenseitigkeit, eines vermag immer das andere zu bewerkstelligen. Und da jede Ausdehnung eines Körpers nur durch eine Arbeit zu bewirken ist, leistet die Wärme dabei Arbeit, und sie kommt wieder zum Vorschein, wenn die Arbeit von Außen durch Zusammendrückung wieder zurückgegeben wird. Der Wärmethail, der auf Ausdehnung verwendet wird, ist also in der That Arbeitswärme, diese ist als solche in den Körpern vorhanden, wenn sie auch nicht fühlbar ist; sie kann durch Arbeit wieder zum Vorschein gebracht werden. Diese Arbeitswärme ist also eine latente Wärme der Ausdehnung.

5. Schmelzung und Verdampfung.

370. Andere Theile der Arbeitswärme ergeben sich aus der weiteren Eigenschaft der Wärme, den Aggregatzustand der Körper zu verändern. Die Wärme verwandelt feste Körper in flüssige, diese in Dämpfe und Gase. Im Allgemeinen geht ein fester Körper bei steigender Temperatur erst in einen flüssigen und dann in einen dampf- und

gasförmigen Zustand über. Bei sinkender Temperatur werden Gase und Dämpfe wieder zu Flüssigkeiten und diese zu festen Körpern. Bei diesen Ueänderungen des Aggregatzustandes, also bei dem Uebergang aus dem festen in den flüssigen und aus diesem in den dampfförmigen Zustand, tritt die Eigenthümlichkeit auf, daß die Wärme ganz und gar dazu verbraucht wird, diesen Uebergang zu bewerkstelligen. Sie ist wieder Arbeitswärme. Eine weitere Erwärmung findet so lange nicht statt, als auch nur die geringste Menge von dem betreffenden Körper noch nicht in den neuen Aggregatzustand übergegangen ist. Nimmt man z. B. 1 kg Eis, welches eben zu schmelzen beginnt, also 0 Grad hat und erwärmt es, bis es vollständig zu Wasser geschmolzen ist, so braucht man dazu so viel Wärme als nöthig sein würde, um die gleiche Masse Wasser um 79 Grad zu erwärmen, also 79 Kalorien. Trotzdem bleibt das aus dem Eise entstehende Wasser so lange auf 0 Grad, bis alles Eis weggeschmolzen ist. Erst wenn alles Eis in Wasser übergegangen ist, beginnt dieses Wasser sich zu erwärmen. Ganz dasselbe findet bei der Schmelzung irgend welcher anderer Körper statt; nur daß die Wärmen, welche im Schmelzproceß verwendet werden, für die verschiedenen Körper sehr verschieden sind. Für Platin beträgt sie etwa $\frac{1}{3}$ von derjenigen für Eis, für Silber etwa $\frac{1}{4}$, für Phosphor $\frac{1}{6}$, für Quecksilber gar nur $\frac{1}{8}$ u. s. f.

371. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse beim Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den dampfförmigen, auch hier findet eine weitere Temperatursteigerung von dem Moment, wo die Verdampfung beginnt, nicht mehr statt, sie tritt erst ein, nachdem alle Flüssigkeit bis auf die letzte Spur in Dampf verwandelt ist. Zur Erwärmung eines Kilogramms Alkohol von 0 Grad bis es zu verdampfen beginnt, bedarf es etwa 52 Kalorien, lediglich zur Verdampfung dieses Kilogramms jedoch mehr als 202 Kalorien, und diese vierfache Wärme wird nur zur Verdampfung, gar nicht zur Temperaturerhöhung, verwandt. Noch größer, fast $2\frac{1}{2}$ Mal so groß, ist die Wärme, welche allein zur Verdampfung von einer gleichen Masse Wasser nöthig ist. Wie groß aber auch diese Wärme sein mag, so lange Dampf mit seiner Flüssigkeit in Berührung steht, hat und behält er stets die nämliche Temperatur. Er ist alsdann gesättigt, denn sobald man ihm an einer Stelle Wärme entzieht, schlägt er sich sofort als Flüssigkeit daselbst nieder. Ist alle Flüssigkeit verdampft, so bewirkt weitere Erwärmung eine Temperaturerhöhung und der Dampf ist überhitzt, kühlt man ihn jetzt ab, so bleibt er so lange noch Dampf, bis er zu der Temperatur gelangt ist, bei der er entstanden ist, alsdann erst kondensirt er sich zu Flüssigkeit. Ueberhitzte Dämpfe erfahren also Temperaturänderungen, nicht aber gesättigte, so lange sie gesättigt bleiben.

372. Hiernach haben wir zwei neue latente Wärmen, die latente

Schmelzwärme, welche zum Schmelzen, und die latente Verdampfungswärme, welche zum Verdampfen verbraucht wird. Auch diese Wärmen sind also Arbeitswärmen und für unser Temperaturgefühl und unsere Thermometer völlig unbemerkbar, wir erkennen sie nur daran, daß sie die Körper in andere Zustände überführen, was eben eine Arbeitsleistung ist. Zum Vorschein kommen sie sofort, sobald man die Dämpfe auf irgend eine Weise verdichtet oder die Flüssigkeiten zum Erstarren bringt. Das Kühlwasser, welches in den Brennerreien zur Verflüssigung des behufs Scheidung von der Maische verdampften Spiritus benutzt wird, erwärmt sich sehr stark, hauptsächlich durch die wieder zum Vorschein kommende latente Verdampfungswärme des Spiritus.

373. Verdampfen oder schmelzen Körper ohne Wärmezufuhr, wie man sagt von selbst, so raffen sie die dazu nöthige Wärme aus ihrer ganzen Umgebung auf, sie kühlen die umgebende Luft und alles, was sich darin befindet, ab. Darauf beruht die starke Temperaturerniedrigung durch verdunstenden Alkohol oder Aether und durch Schmelzen von Eis oder der Kältemischungen. Wasser in einem Gefäß, welches mit einem Tuch umwickelt ist, das von Zeit zu Zeit mit Aether angefeuchtet wird, kann bis zum festen Gefrieren Wärme verlieren. Ebenso wenn das Gefäß in eine Kältemischung gestellt ist. Sogar sich selbst entziehen die Körper im Verdampfen und Schmelzen Wärme, und es tritt dabei die merkwürdige Erscheinung auf, daß z. B. eine Flüssigkeit, welche ein energisches Bestreben hat in ein Gas überzugehen, dabei sich selbst so viel Wärme entrafft, daß sie in den entgegengesetzten Zustand fällt, fest wird. Das ist der Fall bei der flüssig gemachten Kohlenäure; sie bleibt nur flüssig unter sehr hohem Druck, erlaubt man ihr durch Aufhebung des Druckes wieder ihre gewöhnliche Gestalt, die gasförmige anzunehmen, so thut sie das mit so großer Eile, daß die dazu nöthige Wärme aus ihrer Umgebung nicht rasch genug herangezogen werden kann, sie entrafft es ihrem eigenen Körper und wird dadurch so kalt, daß sie statt als Gas in Freiheit zu entweichen, als Schnee noch mehr gebunden niederfällt. Dieses ist auch der Grund, weshalb man zusammengeballten Kohlenäureschnee in der Hand halten kann; er schlägt sich selbst Fesseln, indem er mit allzugroßer Hast sich ins Ungebundene stürzen will. Auf ähnlichen Gründen beruht es, daß man flüssige Luft in einem offenen Wasserglase davontragen kann. Die Wärme aus der Umgebung kann nicht rasch genug herangeholt werden, und so nehmen diese Körper sie fortwährend aus sich selbst, verdunsten in jedem Moment und werden durch den dadurch herbeigeführten eigenen Wärmeverlust wieder fest oder flüssig.

374. Die Temperaturen des Schmelzens und Verdunstens sind dem obigen zufolge ganz konstante Größen, man spricht darum von

einer Schmelz- oder Gefrier- oder Erstarrungstemperatur und einer Siede- oder Verdampfungstemperatur und betrachtet sie für jeden Körper als charakteristische Größe. Man benützt sie deshalb auch, um Körper zu erkennen oder von anderen ähnlichen Körpern zu unterscheiden. In der Steuerpraxis geschieht dieses z. B., wenn es sich um Entscheidung handelt, ob eine Waare als Talg nach 26 l des Zolltarifs oder als Stearin nach 26 i zu verzollen ist; man bestimmt alsdann ob der Erstarrungspunkt über 40 Grad (32° R.) liegt oder nicht.

Indessen sind diese Temperaturen immer nur dieselben, wenn die Körper unter denselben Umständen schmelzen oder kochen. Sobald die Verhältnisse sich ändern, ändern sich auch diese Temperaturen. Dieses gilt namentlich vom Druck, der auf den Körpern lastet.

Durch Druckerhöhung rückt der Schmelzpunkt bei den meisten Körpern (welche flüssig einen größeren Raum einnehmen als fest) nach oben, bei einigen (welche flüssig einen kleineren Raum einnehmen als fest), namentlich beim Wasser, nach unten. Die Aenderung der Schmelztemperatur durch Druckänderung ist sehr gering, so daß sie für die Steuerpraxis gar nicht in Frage kommt, jedoch leicht nachzuweisen. So kann man einen spitzen oder scharfen Gegenstand in Eis eindrücken; indem man drückt rückt man die Schmelztemperatur des Eises an der Druckstelle nach unten. Das Eis schmilzt deshalb an dieser Stelle, die Spitze oder Schärfe verwandelt es unter sich durch den Druck in Wasser und dringt so immer tiefer. Auch daß man Eis durch einen umgeschlungenen Draht oder Faden, den man fest anzieht, zu durchschneiden vermag, beruht darauf. Endlich auch das Zusammenschweißen von Eisstücken durch Aneinanderdrücken; erst schmelzen die Eisstücke an den Druckstellen und dann gefriert das Wasser wieder, sobald der Druck aufgehört hat und kittet die Stücke fest zusammen. Davon hat man auch zur Erklärung des Fließens der Gletscher Gebrauch gemacht. Bei einigen Tausend Atmosphärendruck ist Wasser noch flüssig, selbst wenn es 20 Grad unter Null hat.

375. Viel bedeutender ist der Einfluß des Druckes auf die Siedetemperatur der Flüssigkeiten. Wasser siedet bei 100 Grad nur, wenn die darauf lastende Luft ihren normalen Druck hat, unter höheren Drücken siedet es erst bei höheren Temperaturen, unter niedrigeren schon bei tieferen. Gleiches gilt für alle anderen Flüssigkeiten. So siedet Wasser, wenn die Luft über ihm bis auf einen Druck von etwa 4,6 mm ausgepumpt ist, schon bei 0 Grad Wärme; wenn die Luftverdünnung nur bis 92 mm Druck gegangen ist, erst bei 50 Grad; bei 100 Grad siedet es unter dem Luftdruck von 760 mm; bei 120 Grad etwa unter dem doppelten; bei 134 Grad unter dreifachem; bei 144 Grad unter vierfachem; bei 171 Grad unter achtfachem, bei 202 Grad unter dem sechzehnfachen Atmosphärendruck u. s. f. Alkohol siedet bei 0 Grad

unter einem Druck von $12\frac{1}{4}$ mm; bei 50 Grad unter einem solchen von 220 mm; unter Atmosphärendruck etwa bei 78 Grad; unter doppeltem, dreifachem, vierfachem, sechzehnfachem u. s. f. erst bei den Temperaturen 97, 108, 118, 171 u. s. f. Quecksilber siedet bei 0 Grad nur unter fast unmerklichem Druck (0,0005 mm); selbst bei 100 Grad erst unter einem Druck von etwa $\frac{3}{4}$ mm; bei 200 Grad jedoch schon unter 19,9 mm; bei 300 Grad unter 242 mm; unter Atmosphärendruck bei 359 Grad; unter doppeltem, dreifachem u. s. f. bei 400, 422 Grad u. s. f.

Ganz ähnlich sind die Verhältnisse bei allen Flüssigkeiten; selbst diejenigen, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen nur bei hohen Temperaturen sieden, können schon bei ganz niederen Temperaturen zum Sieden gebracht werden, falls sie nicht etwa vorher fest werden, wenn man nur den Druck über ihnen gehörig verringert. Umgekehrt kann man Flüssigkeiten, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen schon bei niederen Drucken sieden, durch Druckvermehrung dazu bringen, daß sie erst bei höheren Temperaturen zu sieden anfangen. Die Druckvermehrung und Verminderung hat jedoch, wie auch die obigen Beispiele zeigen, um so geringere Wirkung, je höher der auf den Flüssigkeiten bereits lastende Druck ist: Um die Siedetemperatur des Wassers von 0 bis 50 Grad zu erhöhen bedarf es einer Druckzunahme von nur 87,4 mm, dagegen zur weiteren Erhöhung bis 100 Grad einer weiteren Druckvermehrung um fast den achtfachen Betrag, um 682,6 mm, für weitere 50 Grad einer solchen von 2820 mm, für noch weitere 50 Grad einer solchen von 10 929 u. s. f. ins Ungemessene steigend.

376. Es ist klar, daß der Druck, unter dem eine Flüssigkeit siedet, genau der nämliche ist, den der aus ihm sich entwickelnde Dampf hat. Man nennt diesen letzteren den Dampfdruck oder die Dampfspannung, Dampfension. Diese ist also bei gesättigten Dämpfen gleich dem Druck, unter welchem der Dampf sich entwickelt, und um so niedriger bei je niedrigeren Temperaturen der Dampf entsteht, um so höher, bei je höheren dieses geschieht. Sobald der Dampf mit seiner Flüssigkeit nicht mehr in Berührung steht, indem alles verdampft und er überhitzt ist, kann man ihn wie jedes Gas durch Zusammendrücken auch zu höheren Spannungen bringen. Dieses geht jedoch im Allgemeinen nur so lange, bis der Druck erreicht ist, unter welchem der Dampf bei der Temperatur, die er hat, gerade gesättigt sein würde. Von dem Moment ab bewirkt jede weitere Zusammendrückung keine weitere Spannungserhöhung mehr, sondern nur eine Verdichtung des Dampfes zu Wasser. Die Dampfspannungen gesättigter Dämpfe sind also für sie ebenso charakteristische Größen wie die Verdampfungstemperaturen. Jedem gesättigten Dampf kommt bei einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Spannung zu. Die Temperatur ist so groß, wie die Temperatur, bei welcher der Dampf sich

entwickelt, die Spannung ist so groß, wie der Druck, unter dem die Dampfbildung geschieht. Keines von beidem läßt sich ändern, ohne daß das andere sofort steigt oder fällt. Es ist also ein großer Unterschied zwischen gesättigten Dämpfen und überhitzten.

377. Diese Betrachtungen haben zur Voraussetzung, daß der Dampf, sobald er entwickelt ist, auch sofort soweit entfernt wird, daß nicht durch seine Gegenwart selbst eine Druckvermehrung entsteht, also daß der Dampf frei fortziehen kann. Ist das nicht der Fall, indem z. B. die Flüssigkeit in einem rings geschlossenen Gefäß kocht, so daß der Dampf sich über der Flüssigkeit ansammelt, so übt er noch seinerseits einen Druck auf die Flüssigkeit aus. Dadurch erhöht sich deren Siedetemperatur, folglich auch die Dampfspannung und Dampftemperatur; je mehr Dampf entwickelt wird, desto höher erwärmt sich die Flüssigkeit, da sie bei immer höheren Temperaturen siedet. So steigen Dampfspannung und Siedetemperatur stetig, indem immer eine die andere in die Höhe treibt, bis entweder die zugeführte Wärme nicht ausreicht, um die weitere Steigerung der Temperatur zu unterhalten, es hört dann das Kochen auf, oder bis die Dampfspannung so groß geworden ist, daß das Gefäß diesen inneren Druck nicht mehr aushalten kann und auseinander gesprengt wird. Darauf beruhen die so gefährlichen Kesselplosionen. Die Dampfbildung in unseren Dampfmaschinen muß in Gefäßen, Kesseln, vorgenommen werden, welche bis auf einige Abführungsröhren rings geschlossen sind; wird zu stark geheizt, so reichen diese Röhren nicht aus, um den Dampf rasch genug zu entfernen, er sammelt sich mehr und mehr im Kessel an, die Siedetemperatur und Spannung steigt und schließlich kann der Kessel den inneren Druck nicht mehr aushalten. Deshalb versteht man die Dampfkessel mit Sicherheitsventilen, die vom Dampfe noch früher gehoben werden als Gefahr für den Bestand des Kessels eintritt.

Einen Gebrauch macht man von diesen Eigenschaften der Flüssigkeiten und Dämpfe, wenn man hochgespannte Dämpfe entwickeln will, was in sehr vielen Fällen nöthig ist. Die Hausfrauen bedienen sich gleichfalls derselben, um Speisen zu bereiten, die bei höherer Temperatur kochen müssen als in offenen Töpfen zu erreichen sind. Der dazu dienende Papin'sche Topf ist nichts weiter als ein Gefäß mit einem fest zuzumachenden Deckel, der dem Dampf erst bei gewisser Spannung zu entweichen gestattet, die höher ist als die Spannung des Wasserdampfes unter gewöhnlichen Verhältnissen, so daß auch die Kochtemperatur des Wassers in dem Topf eine höhere wird.

6. Verdunstung, Nebel, Wolken, Regen.

378. Wie bekannt verdunsten Flüssigkeiten zu Dampf auch bei Temperaturen, die weit unter ihrer Siedetemperatur bei dem be-

treffenden Druck liegt; so verdunstet Wasser unter gewöhnlichem Luftdruck selbst bei 0 Grad. Die Dämpfe, die in dieser Weise durch Verdunsten entstehen, haben aber an der Flüssigkeit stets die Spannung, die ihnen bei der herrschenden Temperatur zukommt, also z. B. Wasserdämpfe bei 0 Grad eine Spannung von 4,6 mm, bei 20 Grad eine solche von $17\frac{1}{3}$ mm u. s. f., und es werden um so mehr Dämpfe entstehen je höher, um so weniger je niedriger diese Temperatur ist. Die Erde ist mit einer großen Menge von Wasserflächen bedeckt, an allen verdunstet Wasser, und der Wasserdampf steigt in die Luft, weil er leichter ist als diese. Da er sonst alle Eigenschaften von Gasen hat, verbreitet er sich daselbst, soweit die Umstände es ihm nur immer gestatten und verliert dadurch an Spannung. Kommt nun immer genügend Wasserdampf nach, so wird der Spannungsverlust fortdauernd ersetzt. Es stellt sich zuletzt ein Zustand her, in welchem der ganze betreffende Luftraum mit Dampf erfüllt ist, von der Spannung, die ihm als gesättigtem Dampf bei der betreffenden Temperatur zusteht. Die Luft ist dann mit Dampf gesättigt und es verdunstet nichts mehr, der Taupunkt ist erreicht, wie man sagt. Sowie nun die Temperatur fällt, es kühler wird, kondensirt sich der Dampf in der Luft zu Wasserkügelchen und es entsteht Nebel. Nebel entsteht auch, wenn der Wasserdampf in Luftschichten geführt wird, die eine tiefere Temperatur, als ihm seiner Spannung nach zukommt, haben. Ebenso wenn durch Winde Luft hineingeweht wird, die eine solche tiefere Temperatur mitbringt. Die Wolken sind solche Nebel in höheren Luftschichten. Durch fortgesetzte Abkühlung kann soviel Dampf in Nebel umgewandelt werden, daß die einzelnen Nebeltheilchen sich zusammenballen und zu schwer werden, um sich in der Luft halten zu können, der Nebel fällt zur Erde und durchfeuchtet alles, falls er ihr nahe genug ist. Ist der Nebel weit entfernt von der Erdoberfläche, bildet er also Wolken, so vergrößern sich die fallenden Nebeltheilchen, indem sie die Luft durch-eilen und dabei alle ihnen begegnenden Nebeltheilchen mit sich vereinigen. Sie gelangen in mehr oder weniger großen Tropfen zur Erde herab, es regnet. Oft gefrieren die Nebeltheilchen auf ihrem Wege zur Erde und geben Schnee oder, durch noch nicht genügend aufgeklärte Vorgänge, Hagel. Sie können auch in den Wolken gefrieren und bilden dann Schneewolken. Umgekehrt, steigt die Temperatur der Luft, so kann immer mehr Wasser verdunsten, die Luft füllt sich mit noch mehr Dampf und die Dampfspannung steigt so lange als Wasser zum Verdunsten vorhanden ist. Warme Luft enthält darum mehr Dampf als kalte. Ist nichts mehr zum Verdunsten da und steigt die Temperatur noch weiter, so dehnt sich der Wasserdampf der Luft mehr und mehr aus und verbreitet sich auch mehr und mehr. Die Luft wird dann trocken und Nebel und Wolken schwinden, bis wieder

die Temperatur fällt oder Zufuhr von Dampf kommt. Auf Meeren und Seen ist genügend Wasser vorhanden, über diesen ist deshalb die Luft immer hinlänglich feucht. Seewinde bringen darum auch Nebel und Regen. Auf Landstrecken kann es oft an Wasser zum Verdunsten mangeln; es giebt bekanntlich große Landgebiete, die fast gar kein Wasser enthalten. Liegen diese in heißen Gegenden, so wird die Luft über ihnen überaus trocken; es reicht die Zufuhr an Feuchtigkeit durch Seewinde, selbst wenn solche wehen, nicht aus, um soviel Wasserdampf herbeizuschaffen, daß dieser bei der herrschenden Temperatur die Luft sättigt, und es können weder Nebel noch Wolken entstehen, oder, wenn sie entstehen, vergehen sie bald wieder, es kommt nicht zum Regnen. Solche Gegenden sind Wüsten, die Länder und Völker strenger trennen als Oceane. Selbstverständlich giebt es zwischen regenreichen und regenlosen Gegenden alle möglichen Zwischenstufen und nicht alle regenlosen Gegenden sind deshalb Wüsten. Ich will noch erwähnen, daß feuchte Luft leichter ist als trockene bei gleicher Temperatur, weil Wasserdampf nur $\frac{2}{3}$ von der Dichtigkeit der Luft hat.

379. Aus der Feuchtigkeit der Luft und den verschiedenen Mengen, in denen der Dampf in ihr je nach der Temperatur sich halten kann, erklären sich manche Erscheinungen, die man fast täglich beobachten kann. Es beschlagen kalte Körper, die man in warme Luft bringt; ebenso Körper, welche man unter die Temperatur ihrer Umgebung abkühlt. Ferner beschlagen die Fenster eines Zimmers von Innen, überhaupt beschlägt die Innenseite eines Raumes, der innen wärmer ist als außen. Doch tritt in allen Fällen das Beschlagen erst ein, wenn die Temperatur des kälteren Theiles oder der kälteren Außenseite unter diejenige gesunken ist, welche der Dampfspannung des in der Luft befindlichen Wasserdampfes entspricht. Auch daß man den Athem, der ja sehr warm ist, bei kalter Witterung sieht, bei warmer nicht, hat den gleichen Grund; man sieht im ersten Fall den zu Nebel verdichteten Dampf, welcher mit ausgeathmet wird. Gesättigter und überhitzter Wasserdampf ist wie Luft undurchsichtig. Was aus dem kochenden Wasser als Dampf aufsteigt ist in Folge der niedrigeren Temperatur der darüber befindlichen Luft bereits zu Nebel verdichteter Dampf. Instrumente, welche zum Messen der Feuchtigkeit dienen, sind die Hygrometer und Psychrometer, die ersteren beruhen auf der Eigenschaft mancher Körper, wie Holz, Haare, Elfenbein, bei feuchter Luft sich zu verlängern, bei trockener sich zu verkürzen.

7. Verflüssigung, kritische Temperatur.

380. Wir kommen zu anderen sehr interessanten Folgerungen, wenn wir den umgekehrten Weg einschlagen und von der Kondensirung der Dämpfe zu Flüssigkeiten sprechen. Wir greifen aber weiter, indem

wir von der Kondensirung der Gase überhaupt reden. Die Verflüssigung eines Gases beruht darauf, daß man die Theilchen einander hinlänglich nähert, also das Gas auf ein genügend kleines Volumen bringt. Dieses kann auf doppelte Weise geschehen: erstens durch gewaltthame Zusammendrückung mittelst Vermehrung des Druckes, etwa indem man das Gas in einen Kolben thut, auf den es abschließenden Stempel mehr und mehr Gewichte setzt und diesen dadurch immer tiefer herunterdrückt, oder auch indem man von dem Gase immer mehr in einen engen Raum hineinpreßt. Zweitens durch freiwillige Zusammenziehung des Gases bei steter Entziehung von Wärme. Früher hat man geglaubt, daß man nach der ersten Methode allein zum Ziele gelangen könnte. Man hatte auch keine Mittel, den Gasen genügend Wärme zu entziehen und versuchte es deshalb durch Zusammendrücken sie zu verflüssigen. Bei einigen gelang dieses leicht, bei anderen jedoch nicht; namentlich war es bei Luft und ihren Bestandtheilen und auch bei dem Wasserstoff nicht möglich, so starke Drucke (bis zu mehreren Tausend Atmosphären) man auch anwandte. Man nahm daher an, diese Gase ließen sich überhaupt nicht verflüssigen und nannte sie deshalb permanente Gase. Mittlerweile hat aber die Erfahrung gelehrt, daß man Gase zu verflüssigen allerdings vermag, jedoch nur, wenn man ihre Temperatur unter einer, für jedes Gas charakteristischen Grenze, welche man die kritische Temperatur nennt, hält.

Für Wasserdampf z. B. ist diese kritische Temperatur etwa 365 Grad über Null; hat man Wasserdampf von einer höheren Temperatur, etwa von 370 oder mehr Graden, so ist es durch keine Drucksteigerung möglich ihn zu Wasser zu kondensiren, sobald er während der Zusammendrückung nicht unter 365 Grad abgekühlt wird. Man kann ihn soweit zusammendrücken, daß er so dicht wird wie Wasser oder noch dichter; aber er bleibt ein Dampf mit allen elastischen Eigenschaften eines solchen und wird nicht Wasser. Erst wenn die Temperatur den kritischen Werth von 365 Grad erreicht, kann man ihn mit einem Druck von etwa 200 Atmosphären, welcher sein kritischer Druck heißt, zu Wasser verdichten. Ist die Temperatur noch niedriger, so reichen geringere Drucke dazu aus, nämlich immer diejenigen, welche gleich den Dampfspannungen bei der betreffenden Temperatur sind, also es reicht schon eine Atmosphäre, wenn der Dampf 100 Grad Temperatur hat. Ähnlich sind die Verhältnisse bei anderen Gasen und Dämpfen. Für Alkoholdämpfe ist die kritische Temperatur etwa 240 Grad, für Aether 190 Grad, Ammoniak 130 Grad, Kohlensäure 31 Grad. Es giebt aber Gase, für welche diese Temperatur sehr tief unter Null liegt. Für die beiden Bestandtheile der Luft, Sauerstoff und Stickstoff, beträgt sie 118 bezw. 146 Grad unter Null, für ihr Gemisch, die Luft, 140 Grad unter Null. Das sind ganz ungeheuerliche Kältegrade, und so lange

man keine Mittel hatte, sie hervorzubringen, konnte man in der That diese Gase und Luft nicht zu Flüssigkeiten zusammendrücken. Jetzt versteht man derartige niedrige Temperaturen zu schaffen und vermag so flüssigen Sauerstoff mit 50, flüssigen Stickstoff mit nur 34, flüssige Luft mit 39 Atmosphären Druck herzustellen. Man versteht auch die Luft fest zu machen, sie wird bei etwas mehr als 200 Grad Kälte fest, so daß Münchhausen's Gedanke, Luftziegel zu fabriciren, nicht mehr so abenteuerlich klingt, daß Immermann's armer Baron darüber den Verstand zu verlieren brauchte. Soweit unsere Kenntnisse bisher reichen, müssen wir sagen, daß alle Gase und Dämpfe flüssig gemacht werden können, wenn man sie nur unter ihre kritische Temperatur bringt und darunter erhält. Daß sie sich, nachdem sie flüssig oder fest geworden sind, meist selbst darunter weiter halten, ist schon bemerkt.

8. Arbeit durch Wärme, mechanisches Wärmeäquivalent.

381. Wir wollen die Verdampfung der Flüssigkeiten noch von einem anderen Gesichtspunkt betrachten, um den Ausdruck Arbeitswärme für den nicht fühlbaren Theil der Wärme noch mehr zu rechtfertigen. Wir sehen, daß mit der Verdampfung selbst eine Temperaturerhöhung nicht verbunden ist. Wohl aber wird stetig Flüssigkeit in einen anderen Aggregatzustand übergeführt, und dabei verschwindet Wärme. Nun unterscheiden sich die Dämpfe von ihren Flüssigkeiten besonders dadurch, daß sie eine eigene Spannung haben. Wir haben also einen Körper ohne merkliche eigene Spannung in einen solchen mit eigener Spannung verwandelt. Diese Spannung kann man dazu benutzen und benutzt sie auch dazu, Maschinen zu treiben, also Arbeit zu leisten. (Man kann sich das in einem Falle in folgender Weise vorstellen. Man läßt den Dampf in einen Cylinder strömen, der vorne einen dichtführenden Stempel hat; dieser Stempel ist durch Stange und Kurbel mit einem Rade verbunden, welches auf einer Aye sitzt, das durch Riemen und Räder mit den Maschinen in Verbindung steht oder das zu einem mit noch anderen Rädern versehenen Wagen oder einer Lokomotive gehört. Indem der Dampf einströmt, treibt er durch seinen Eigendruck den Stempel vor sich her, bewegt also die Stange, die Kurbel, damit das erste Rad und durch dieses die anderen Räder und Maschinen oder die Lokomotive. Läßt man jetzt durch Öffnen eines Ventils den Dampf aus dem Cylinder heraus und führt Dampf durch ein anderes Rohr gegen die vordere Seite des Stempels, so wird dieser zurückgetrieben, wodurch abermals Bewegung der Stange, Kurbel, Räder und Maschinen erfolgt u. s. f.). Die Wärme hat also aus einem zur unmittelbaren Arbeitsleistung unbrauchbaren Körper einen geschaffen, der sofort zu jeder Arbeit bereit ist und sie vermöge seiner Natur

auch leistet. Statt Temperaturerhöhung hervorzubringen, bringt sie also Arbeitsquellen hervor.

382. Wir können aber noch weiter gehen. So oft man nämlich einen Körper überhaupt erwärmt, dehnt die Wärme ihn aus. Das ist offenbar eine Arbeitsleistung, denn wir müssen Arbeit anwenden, um ihn wieder zusammenzudrücken. Ferner so oft sie Flüssigkeiten verdampfen läßt, zerstört sie den innigen Zusammenhang ihrer Theile, das ist wieder eine Arbeitsleistung. Fassen wir also alles zusammen, so können wir sagen: so oft man Körpern Wärme zuführt, leistet diese Wärme in diesen Körpern Arbeit und erhöht auch ihre Temperatur. Je mehr Arbeit sie in ihnen leistet, desto geringere Mengen bleiben für die Temperaturerhöhung, im äußersten Fall wird alles in solcher Arbeit aufgezehrt und es tritt gar keine Temperaturerhöhung ein. Je weniger solche Arbeit geleistet wird, desto höher wächst die Temperatur an. Dieses haben wir schon beim Verdampfen der Flüssigkeiten gesehen; wenn durch Druckerhöhung die Verdampfung, also die Zersplitterung der Flüssigkeit, verhindert wird, steigt die Temperatur sofort. Schließen wir ein Gas ganz fest ab und erwärmen es, so kann es sich in diesem Falle nicht ausdehnen, seine Temperatur steigt in Folge dessen schneller als wenn es Freiheit zum Ausdehnen hätte. Nun kann es noch kommen, daß die Wärme noch andere Arbeiten leistet, z. B. kann sie die Festigkeit der chemischen Verketzung der Elemente in dem Körper lockern (Dissoziation); sie kann vorhandene magnetische Eigenschaften beeinträchtigen; wir können ihr absichtlich noch besondere Arbeiten aufbürden, indem wir z. B. bei einem in einem Cylinder befindlichen durch einen Stempel abgeschlossenen Gase diesen Stempel noch mit besonderen Gewichten belasten, die das Gas bei seiner Erwärmung und in Folge dessen eintretenden Ausdehnung oder der Dampf vor sich herzuschieben hat, was eben eine Arbeitsleistung ist u. s. f.

383. Was nun auch die Wärme leisten mag, eines kann nur auf Kosten des anderen geschehen. Muß eine bestimmte Menge Wärme neben der Temperaturerhöhung auch Arbeit im Innern des Körpers leisten (sogenannte innere Arbeit), durch Ausdehnen, Schmelzen, Verdampfen, Trennen der Elemente, Drehen der Molekel u. s. f., so kann sie die Temperatur nicht so hoch bringen als sonst möglich wäre. Kommt noch dazu andere Arbeit in Ueberwindung äußerer Kräfte (sogenannte äußere Arbeit), z. B. Heben von Gewichten, so kann wieder die Temperaturerhöhung oder auch die innere Arbeit oder beides nur geringer ausfallen u. s. f. Fällt eine Leistung fort, so gewinnen die anderen.

Jede Menge Wärme stellt also eine bestimmte Menge Leistungsfähigkeit dar, nichts kann sie vermehren, nichts verringern. Umgekehrt kann man mit einer bestimmten

Leistungsfähigkeit immer nur eine bestimmte Wärmemenge hervorbringen. Im Uebrigen können sich die thatfächlichen Leistungen in der mannigfachsten Weise äußern. Das ist das Princip der Erhaltung der Kraft angewandt auf die Wärme. Denkt man sich die ganze Leistungsfähigkeit in Form von gewöhnlicher Arbeit dargestellt, so nennt man diese Arbeit für eine Kalorie das mechanische Aequivalent der Wärme oder kürzer das Wärmeäquivalent. Es ist diejenige Arbeit, die man erzielen würde, wenn man die ganze Kalorie nur zu solcher Arbeit verwenden könnte. Umgekehrt, benutzt man diese Arbeit, um allein Wärme hervorzubringen, so gewinnt man gerade eine Kalorie, auf welche Weise man auch in dem einen oder anderen Falle verfahren mag. Die Zahl hierfür ist 427 Kilogrammometer, das heißt, so groß wie diejenige Arbeit ist, die man gegen die Schwerkraft zu leisten hat, wenn man auf der Erde 1 kg 427 m oder 427 kg 1 m hoch heben will. Dieses Wärmeäquivalent hat zuerst Julius Robert Mayer auf eine äußerst geniale Weise berechnet; kurz darauf ist es von einem hochverdienten englischen Forscher, Joule, durch die mühsamsten Versuche, die alle darauf hinausgingen die durch exact gemessene mechanische oder sonstige Arbeit hervorgebrachten Erwärmungen zu bestimmen, mit so großer Sicherheit festgestellt worden, daß seitdem (es sind nun mehr als 50 Jahre verflossen) fast nichts daran zu ändern sich gefunden hat. Jetzt gehört diese Zahl zu den unentbehrlichsten der Wissenschaft und Technik.

384. Noch auf eines will ich aufmerksam machen. Wenn alle Wirkungen der Wärme so sehr von einander abhängen, so kann man eigentlich auch nicht von der specifischen Wärme der Körper überhaupt reden, da, wie wir oben gesehen haben, ihre Temperaturerhöhung je nach den Leistungen der Wärme verschieden ausfällt. Man muß also bei der specifischen Wärme noch angeben, unter welchen Verhältnissen die Erwärmung stattfinden soll. Ueber die inneren Vorgänge haben wir keine Macht, die äußeren Verhältnisse aber können wir beliebig gestalten. Man unterscheidet darum auch namentlich zwei specifische Wärmen, eine bei konstantem Druck, eine andere bei konstantem Volumen. Beides sind Wärmen, welche nöthig sind, um einen Körper um einen Grad Temperatur zu erwärmen. Aber im ersten Fall soll der Druck, der auf dem Körper lastet (z. B. der Luftdruck), immer derselbe bleiben, bei der Ausdehnung schiebt also der Körper diesen Druck vor sich her, wodurch eine Arbeitsleistung bedingt ist. Im zweiten soll das Volumen konstant bleiben, der Körper also sich überhaupt nicht ausdehnen und also auch keine entsprechende Arbeit leisten. Es ist dem vorigen zufolge klar, daß die erstere Wärme größer sein muß als die letztere, sie beträgt bei Gasen, wenn als Druck der normale Luftdruck angesehen wird, etwa $\frac{1}{10}$ mehr als diese.

9. Uebergang der Wärme, Carnot'sches Princip, absolute Temperaturen.

385. Endlich ist noch auf folgende Eigenschaft der Wärme hinzuweisen. Wir sahen, daß Wärme von einem Körper zu einem anderen freiwillig übergeht; aber nur wenn dieser kälter ist als jener. Andererseits ist man aber im Stande, auf Umwegen Wärme auch kälteren Körpern zu entziehen und wärmeren zu übertragen. Man hat hierüber das Princip aufgestellt, daß Wärme von selbst nur von wärmeren zu kälteren Körpern übergeht, und daß das Umgekehrte nur stattfindet, wenn neben dem Uebergang der Wärme noch besondere Arbeitsvorgänge nebenhergehen, sonst nicht. Das ist im Wesentlichen die Grundlage des berühmten Carnot'schen Satzes der Wärmelehre, sie ist durch Clausius geschaffen.

Es ergeben sich aus diesem Satz viele der merkwürdigsten Folgerungen, aus denen wir jedoch nur zwei hervorheben. Erstens folgt nämlich, daß während die Verwandbarkeit der Arbeit in Wärme ganz unbeschränkt ist, die der Wärme in Arbeit es nicht ist. Es giebt, soviel wir bis jetzt sehen können, kein Mittel, alle Wärme, die ein Körper hat, aus ihm zu entnehmen und in Arbeit vollständig überzuführen, ein Theil der Wärme bleibt stets als solche übrig. In der Natur werden nun fortwährend Arbeiten zur Schaffung von Wärme verbraucht, andererseits freilich auch Wärme zur Schaffung von Arbeit. Da aber aus der durch Arbeit geschaffenen Wärme dem obigen zufolge niemals alle Arbeit zurückgewonnen werden kann, sondern etwas an Wärme stets zurückbleiben muß, so hat man folgern wollen, daß mit der Zeit eine vollständige Umwandlung aller möglichen Arbeit in Wärme wird eingetreten sein müssen. Alsdann würde im ganzen Weltraum die nämliche Temperatur, aber auch die nämliche Leblosigkeit herrschen, denn auf Arbeit beruht alles Leben. Indessen sind die Grundlagen dieser Folgerung etwas unsicher.

Zweitens hat man aus dem Carnot'schen Satz in Verbindung mit gewissen Erscheinungen bei den Gasen entnommen, daß zwar für Temperaturerhöhung keine Grenze da sei, für die Temperaturerniedrigung jedoch eine solche wohl existiere. Wenn Körper die Temperatur von etwa 273 Grad unter Null erreicht haben, sollen sie auf keine Weise noch weiter abgekühlt werden können. 273 Grad unter Null wäre also der wirkliche absolute Nullpunkt der Temperatur; man nennt darum Temperaturangaben, gerechnet von diesem wirklichen Nullpunkt, absolute Temperaturen. So hat schmelzendes Eis die gewöhnliche Temperatur 0 Grad und die absolute 273 Grad, kochendes Wasser die gewöhnliche Temperatur 100 Grad und die absolute 373 Grad u. s. f. Für die Gase hat die Einführung der

absoluten Temperatur noch den Vorzug, daß man die beiden Gesetze von Boyle-Mariotte (Art. 24) und Gay-Lussac (Art. 363) sehr einfach in ein Gesetz zusammenfassen kann, nämlich: Der Druck eines Gases multiplicirt mit dem Volumen ist stets der absoluten Temperatur proportional.

Sechstes Kapitel.

Von den magnetischen und elektrischen Kräften.

1. Magnetische und elektrische Anziehung und Abstoßung, Arten von Electricität und Magnetismus.

386. Die magnetischen und elektrischen Kräfte haben das Eigenartige an sich, daß sie sich an den Körpern nur gelegentlich zeigen. Sie gehören nicht, wie die Schwerkraft, zu ihren niemals fehlenden Eigenschaften, sondern können willkürlich hervorgerufen, verstärkt und geschwächt oder auch ganz entfernt werden. Was die magnetischen Kräfte anbetrifft, so giebt es für sie wenigstens gewisse Körper, die von Natur ihnen unterworfen sind, die also von Natur magnetische Eigenschaften zeigen. Es giebt aber keine Körper auf der Erde, ausgenommen vielleicht die Erde selbst, die von Natur elektrisch sind. Die Schwerkraft der Körper ist unseren Einwirkungen vollständig entzogen, mit den magnetischen und elektrischen Kräften können wir bis zu einem gewissen Grade nach Willkür schalten.

Noch einen anderen Unterschied haben wir zu erwähnen. Die Schwerkraft äußert sich stets in Anziehung, die magnetischen und elektrischen Kräfte dagegen bestehen in Anziehungen und in Abstoßungen. Speciell die magnetischen Kräfte treten niemals nur als Anziehungen oder nur als Abstoßungen auf, sondern stets zugleich als Anziehungen und Abstoßungen. Bei den elektrischen Kräften scheinen diese beiden Wirkungen auch getrennt vorkommen zu können; eine tiefere Betrachtung, auf die wir hier nicht eingehen können, zeigt jedoch, daß das auch bei ihnen nicht der Fall ist.

387. Körper, welche magnetische Kräfte äußern, nennen wir magnetische Körper oder Magnete; Körper, welche elektrische Kräfte aufweisen, elektrische oder elektrisch geladene Körper. Wir schreiben jenen Magnetismus, diesen Electricität zu, dürfen aber nicht annehmen, daß dieses Beides etwas Greifbares wäre, denn es fehlt ihnen die Haupteigenschaft aller Substanz, die Schwere. Wenn wir einen Körper noch so stark magnetisch oder elektrisch machen, ändert sich doch seine Schwere dadurch nicht im Geringsten. Wir kennen nur

die Aeußerungen des Magnetismus und der Elektrizität, ohne zu wissen, was ihre eigentliche Natur ist. Ein Körper hat um so mehr Magnetismus und Elektrizität, je stärker seine Kraftwirkungen sind. Diese hängen also nicht etwa von den Massen der magnetischen und elektrischen Körper ab, sondern lediglich von der Stärke ihres Magnetismus oder ihrer Elektrizität. Im Uebrigen gilt für die Abhängigkeit der Kraftwirkungen von der Entfernung zwischen den magnetischen oder den elektrischen Körpern genau dasselbe Gesetz, welches die Schwerkraft regelt; auch sie nehmen in demselben Maße ab, wie die Entfernung mit sich selbst multiplicirt zunimmt. Die magnetische Anziehung und Abstoßung ist nur abhängig von den Magneten und deren Entfernungen, die elektrische auch von der Substanz, welche den Raum, innerhalb dessen die elektrischen Körper sich befinden, ausfüllt. Die Substanzen, durch welche hindurch elektrische Kraftwirkungen stattfinden, heißen Dielektrika. Luft ist also z. B. ein solches Dielektrikum.

388. Es giebt zwei Arten von Magnetismus und zwei Arten von Elektrizität; jene beiden Arten nennt man Nordmagnetismus und Südmagnetismus, diese Glaselektrizität und Harzelektrizität oder positive Elektrizität und negative Elektrizität. Magnete enthalten stets beide Arten von Magnetismus; es giebt keinen Magneten und es ist völlig unmöglich einen solchen Magneten herzustellen, der nur eine Art Magnetismus besitzt. Elektrizität zwar kann ein Körper von beiden Arten haben oder nur von einer; doch ist es auch hier nicht möglich, nur eine Art für sich hervorzubringen. Stets entstehen beide Arten zugleich, nur daß wir sie auf verschiedenen Körpern jede für sich vereinigen können, was beim Magnetismus, wie gesagt, nicht geht.

Nordmagnetismus finden wir an einer Magnetenadel an demjenigen Ende, welches nach Norden zeigt, falls die Nadel in ihrer Mitte aufgehängt, oder wie in den Bußsolen, auf eine Spitze gestellt ist; Südmagnetismus in dem entgegengesetzten nach Süden zeigenden Ende. Glaselektrizität (positive Elektrizität) zeigt ein Glasstab, der mit einem wollenen Tuch gerieben ist, Harzelektrizität (negative Elektrizität) eine Siegellackstange, mit der das nämliche geschehen ist. Gleichartige Magnetismen und gleichartige Elektrizitäten stoßen sich stets ab, ungleichartige ziehen sich stets an. Also zwei Nordenden zweier Magnetenadeln oder zwei geriebene Glasstäbe stoßen sich ab; das nämliche findet statt für zwei Süden zweier Magnetenadeln und für zwei geriebene Siegellackstäbe. Dagegen zieht ein Nordende einer Magnetenadel ein Süden einer anderen an, ebenso eine geriebene Glasstange eine geriebene Siegellackstange.

2. Erdmagnetismus.

389. Elektricitäten kann man durch rein mechanische Operationen hervorbringen, namentlich durch Reibung, darauf beruhen unsere Elektrifizirmaschinen, auf diese Weise elektrisirt man Körper. Bei Magnetismen ist dieses anscheinend nicht möglich. Um Magnete herzustellen brauchen wir immer wieder Magnete oder Elektricität unter gewissen Umständen. Der größte Magnet, der uns in dieser Beziehung zur Verfügung steht, ist die Erde selbst. Sie ist ein gewaltiger Magnet, ihren Magnetismus nennt man insbesondere den Erdmagnetismus. Sie hat selbstverständlich gleichfalls beide Arten Magnetismus; der Nordmagnetismus ist vornehmlich auf der Südhalbkugel, der Südmagnetismus auf der Nordhalbkugel aufgehäuft. Die besondere Stellung, welche unsere Buffsoleenadeln und überhaupt jede Magnetnadel, die sich frei bewegen kann, einnimmt, indem sie sich ungefähr von Nord nach Süd richtet, ist eine Folge dieses Erdmagnetismus. Das nach Norden weisende Ende der Magnetnadeln nennt man ihren Nordpol, das nach Süden zeigende den Südpol. Die Verbindungslinie der beiden Pole heißt die magnetische Aze der Nadel. Die Buffsoleenadeln zeigen in unseren Gegenden nicht ganz genau nach Norden bezw. Süden, vielmehr weist der Nordpol ein wenig nach Westen, der Südpol also ebenso viel nach Osten hin. Die Abweichung von der genauen Hinweisung nach Norden nennt man die Mißweisung der Magnetnadeln oder ihre Deklination. Diese Mißweisung ist an verschiedenen Orten der Erde sehr verschieden. Bei uns beträgt sie etwa 11 Grad nach Westen, in Petersburg ist sie verschwindend klein, in Paris etwa 16 Grad nach Westen, in Tobolsk fast ebenso viel nach Osten. Ueberhaupt zeigt die Nadel mit ihrem Nordende etwas nach Westen in Westeuropa, ganz Arabien, der westlichen Hälfte von Australien, ganz Afrika, fast dem ganzen Atlantischen Ocean, sowie im östlichen Theile von Nordamerika. Dagegen weist die Nadel mit diesem Ende etwas nach Osten fast in ganz Rußland, Asien (bis auf ein ringsgeschlossenes Gebiet in Westasien, welches auch nach dem stillen Ocean übergreift und u. a. auch Japan enthält, wo die Nadel nach Westen zeigt), der anderen Hälfte von Australien, dem ganzen stillen Ocean und dem größten Theil von Amerika. Doch ändern sich die Verhältnisse mit der Zeit so stark, daß sie sich im Laufe der Jahrhunderte völlig umkehren können (säkulare Variation), wie überhaupt die Erscheinungen des Erdmagnetismus sehr veränderlich sind (tägliche und jährliche Variation).

390. Die genauere Beobachtung einer in ihrer Mitte aufgehängten Magnetnadel lehrt ferner, daß sie auch mit einem Ende nach unten, mit dem anderen also nach oben weist. Dieses nennt man die Nei-

gung oder Inklination. Auch diese ist an den einzelnen Orten der Erde sehr verschieden. Bei uns zeigt das Nordende nach unten, das Südende nach oben, und das ist im Allgemeinen auf der ganzen nördlichen Halbkugel der Fall, wogegen auf der südlichen Halbkugel umgekehrt das Nordende nach oben, das Südende nach unten weist. Auf der Nordhalbkugel der Erde giebt es eine hoch im Norden liegende Stelle, wo die Nadel ganz genau nach unten zeigt, also senkrecht mit dem Südende nach oben sich aufrichtet. Diesen Punkt nennt man den magnetischen Nordpol der Erde, er liegt westlich von der Mitte der Westküste von Grönland. Einen ähnlichen Punkt giebt es tief im Süden auf der Südhalbkugel, nur zeigt dort die Nadel senkrecht mit dem Südende nach unten, das ist der magnetische Südpol der Erde; dieser liegt südlich von Vandiemensland, jenem fast gegenüber. Je mehr man sich von diesen beiden Polen nach dem Aequator hin entfernt, desto weniger tief zeigen das Nordende bezw. das Südende nach unten, die Nadel nähert sich also mehr und mehr der horizontalen Lage; in der Nähe des Aequators giebt es Orte, sie liegen auf dem sogenannten magnetischen Aequator, wo die Buffolennadeln ganz horizontal liegen oder hängen. Die Kraft, mit welcher die Erde Magneten in ihrer Richtung festhält, heißt ihre magnetische Intensität.

391. Von welcher Bedeutung die magnetischen Eigenschaften der Erde für die Schifffahrt geworden sind, ist hinlänglich bekannt. Da jeder Ort auf der Erde seine besondere Deklination und Inklination hat und diese auf Karten verzeichnet sind, kann der Seemann auf hohem Meere, durch Beobachtung der Anzeigen seiner Buffole, sich zurechtfinden. Auch in Bergwerken und beim Bau von Tunneln dient die Buffole als Richtungsanzeiger und ist dort ebenso unentbehrlich wie dem Schiffer auf hohem Meere. Wer die Benutzung der Magneten zur Orientirung auf dem Meere erfunden hat, ist nicht bekannt. Man weiß nur, daß in Europa Magneten im Beginn des 13. Jahrhunderts bei den Seefahrern bereits in Gebrauch waren. Die Chinesen haben sie jedoch schon viel früher zur Orientirung auf weiten Landreisen angewendet.

3. Natürliche Magnete, Magnetisirung, Elektrisirung.

392. Außer der Erde selbst als Ganzes, haben auch gewisse Gesteine in ihr von Natur Magnetismus, dahin gehört namentlich der schon Art. 171 f. behandelte Magneteisenstein. Dieser Körper bildet also natürliche Magnete. Doch ist er nicht in so großen Massen vertreten, daß durch ihn die magnetischen Eigenschaften der Erde erklärt werden könnten, für welche es bis jetzt in der That noch keine Erklärung giebt. Wir können nun mit Hilfe dieser natürlichen Magnete

andere Körper magnetisch machen, indem wir diese mit ihnen streichen. Indessen lehrt die Erfahrung, daß es nur sehr wenige Körper giebt, die auf diese Weise zu genügend starken Magneten werden, nämlich eigentlich nur drei: Eisen, Nickel und Kobalt. Praktisch wird dazu auch nur das Eisen benutzt. Dabei zeigt sich, daß weiches Eisen den ihm durch Streichen mit einem anderen Magnet ertheilten Magnetismus nicht zu behalten vermag, sondern sofort fast ganz verliert, sobald der ihn magnetisirende Körper entfernt ist. Weiches Eisen giebt nur zeitweilige (temporäre) Magnete. Streicht man dagegen Stahl, also hartes Eisen, so bleibt dieser auch nach Aufhören des Streichens magnetisch. Stahl giebt dauernde (permanente) Magnete. In der That sind auch alle Magnete des Handels, Magnetnadeln, Hufeisenmagnete, Stabmagnete u. s. f. Stahlmagnete. Bei dem Magnetisiren zeigt sich, daß die magnetisirenden Körper dabei nichts von ihrem Magnetismus verlieren. Das Magnetisiren besteht also nicht in einer Uebergabe von Magnetismus von einem Körper auf einen anderen, sondern nur in dem Erwecken von Magnetismus in dem zu magnetisirenden Körper. Wir müssen also annehmen, daß die magnetisirbaren Körper von Natur schon Magnetismus besitzen, daß dieser aber aus Ursachen, über die man nur Vermuthungen hat, erst dann nach Außen sich bemerkbar macht, wenn man die Körper mit Magneten streicht; und ferner, daß er nach Aufhören des Streichens bei gewissen Körpern wieder in den früheren wirkungslosen Zustand zurückkehrt, bei anderen aber dauernd in Thätigkeit bleibt. Uebrigens verlieren auch die stärkft magnetisirbaren Körper in der Weißgluth die Fähigkeit der Magnetisirbarkeit fast vollständig.

393. Betrachten wir nun die entsprechenden Verhältnisse bei der Elektrizität, so haben wir schon bemerkt, daß es natürliche elektrische Körper nicht giebt und vielleicht nur die Erde als solche allein ein natürlich elektrischer Körper ist, wofür manche Anzeichen sprechen. Wir können aber Körper durch Reiben elektrisch machen, elektrisiren. Doch ist auch dieses nicht bei allen Körpern ausführbar, sondern vornehmlich nur bei Nichtmetallen. Namentlich leicht auf diese Weise zu elektrisiren sind Glas, Harze, Haare, Schwefel, Phosphor und noch einige andere Körper. Von Glas und den Harzen ist schon gesprochen worden, hinsichtlich der Haare ist bekannt, daß z. B. Katzen elektrisch werden, wenn man sie über das Fell streicht; auch die Haare des Menschen werden elektrisch und können sogar wie diejenigen der Katzen im Dunkeln zu leuchten beginnen. Das haben schon manche Damen an sich bei eifrigem Kämmen beobachtet. Mit jedem so elektrisirten Körper kann man nun jeden anderen Körper elektrisch machen, indem man ihn damit berührt, ganz so wie das bei dem Magnetismus der Fall ist, nur mit dem wichtigen Unterschied, daß dabei der elektrisirende

Körper seine Elektrizität nicht behält, sondern sie zum Theil abgibt, so daß hier anscheinend ein Uebertreten von Elektrizität von einem Körper auf einen anderen stattfindet. Man sagt deshalb, man habe diesem anderen Körper eine elektrische Ladung mitgetheilt und jenen anderen entladen. Auf diese Weise wird auch die Elektrizität, die in den Elektrifizirmaschinen auf den Glasscheiben hervorgerufen wird, auf die metallischen sogenannten Konduktoren übergeführt.

4. Ausbreitung der Elektrizität.

394. Während also Magnetismus sich nicht fortbewegen kann, vermag dieses die Elektrizität sehr wohl und zwar nicht bloß von Körper zu Körper, sondern auch innerhalb der einzelnen Körper selbst. Sie bewegt sich jedoch nicht in allen Körpern gleich schnell, sondern in einigen Körpern äußerst rasch, so daß wir gar keine Möglichkeit haben ihr in ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit zu folgen, in anderen dagegen nur sehr langsam, so langsam unter Umständen, daß sie in Jahren nicht vom Fleck kommt. Jene Körper nennen wir Leiter der Elektrizität (Konduktoren), diese Nichtleiter (Isolatoren). Leiter sind alle Metalle, auch der menschliche Körper leitet gut, Nichtleiter sind im Allgemeinen alle anderen Substanzen. Diese sind zugleich auch Dielektrika. Kein Körper ist ein vollkommener Leiter und keiner ein vollkommener Nichtleiter, alle vielmehr setzen der Bewegung der Elektrizität mehr oder weniger Widerstand entgegen und alle haben ein gewisses Leitungsvermögen. Doch sind Widerstand und Leitungsvermögen bei den verschiedenen Körpern eben außerordentlich verschieden, so daß die Elektrizität bei den einen Millionen von Jahren brauchen würde, um sich um dieselbe Strecke fortzubewegen, zu deren Zurücklegung bei anderen ein unfaßbar kurzer Augenblick oft genügt. Die Nichtleiter geben die Möglichkeit, einen elektrischen Körper als solchen zu erhalten, z. B. indem man ihn an Seiden- oder Baumwollfäden aufhängt oder auf Glas- oder Harzstücke stellt: die umgebende Luft ist ein Nichtleiter, ebenso sind die Fäden und Glas- oder Harzstücke Nichtleiter. Dieses nennt man den elektrischen Körper isoliren. Verbindet man ihn dagegen durch einen Draht mit der Erde oder berührt ihn mit dem Finger, so verschwindet seine Elektrizität sofort, indem sie durch den Draht bezw. den Körper zur Erde stürzt und auf dem Körper nur in so geringer Menge zurückbleibt, daß sie für uns nicht mehr in Erscheinung tritt. Dieses nennt man elektrische Körper entladen.

395. Da, wie wir gesehen haben, gleichartige Elektrizitäten sich stets abstoßen, findet auch zwischen den verschiedenen Theilen einer einheitlichen elektrischen Ladung Abstoßung statt; sie treiben sich also gegenseitig möglichst auseinander und kommen erst zur Ruhe, wenn sie an isolirende Körper stoßen.

Dieses ist der Grund, weshalb alle Elektricität ein so außerordentliches Ausbreitungsbestreben besitzt und in Leitern sich ganz und gar an die Oberfläche begiebt und auch von da noch fortstrebt und thatsächlich fortreilt, sobald ihr nur die Möglichkeit dazu gegeben ist. Man bezeichnet dieses Ausbreitungsbestreben der Elektricität als ihre Spannung. Es ist um so größer, je mehr Elektricität in einen Raum eingezwängt sich findet und kann so groß werden, daß die Elektricität sogar den Widerstand der umgebenden Luft oder anderer isolirender Mittel überwindet und in diese übergeht oder diese gewaltsam durchbricht und sich zum Theil nach anderen Körpern hinbegiebt, um mehr Raum zu gewinnen. Es treten dabei sehr seltsame Lichterscheinungen auf, die als elektrische Funken und Lichtbüschel unjeren Lesern bekannt sein werden. Manchmal werden auch die isolirenden Körper, wenn sie fest sind, durchschlagen oder zertrümmert, wie z. B. Kartenblätter oder Glasstücke, und wenn sie flüssige oder gasförmige Massen bilden, zur Seite geschleudert.

396. Die Natur bietet uns oft genug Gelegenheit dieses Ausbreitungsbestreben der Elektricität zu beobachten und ihre Wirkungen fürchten zu müssen, und zwar in den Gewittern. Die Gewitter sind elektrische Erscheinungen. Zu Zeiten nämlich laden sich die Wolken auf eine noch nicht hinreichend aufgeklärte Weise mit Elektricität, und oft wird diese Ladung einer Wolke so groß, daß die Elektricität nicht mehr auf ihr bleiben kann und sich gewaltsam durch die Luft hindurch Bahn macht. Sie stürzt dann entweder in eine andere Wolke oder fährt zur Erde, indem sie die Luft, die sie durchreißt, und alles was darin ist, glühend macht, das ist der Blitz. Zugleich jagt sie plötzlich die Luft zur Seite und verursacht dadurch und indem die Luft nachher wieder jäh in ihren früheren Raum zurückstürzt, den Donner. Bei Gewittern, die sich weit entfernt abspielen, sieht man Blitze oder deren Wiedersehen, ohne den Donner hören zu können; man spricht dann von Wetterleuchten. Die Form und der Weg der Blitze sind ganz und gar von den Verhältnissen der Entladung und der die Wolken umgebenden Luft abhängig. Meist sind die Blitze flächenförmig oder gebogene und vielfach verzweigte gewellte Linien und ihr Weg führt auf möglichst gerader Linie zu ihrem Ziel, und geht durch solche Strecken, in welchen die Elektricität den möglich geringsten Widerstand findet. Schlägt aber der Blitz irgendwo ein, so kann er die außerordentlichsten Verheerungen anrichten, indem die Elektricität in ihrem Ausbreitungsbestreben alles zerschlägt und zerreißt, was diesem Bestreben nur irgend Widerstand leistet. Zugleich bringt sie noch andere, nicht minder gefährliche Wirkungen hervor, die wir noch kennen lernen werden, und durch welche sie zünden, schmelzen und tödten kann.

397. Nicht immer übrigens geschieht die Ausbreitung der Elektricität in Wasser, Physik und Chemie für Steuerbeamte.

cität in und durch ein isolirendes Mittel auf diese gewaltsame Weise. Unter Umständen geht sie ganz still vor sich und wird nur an Lichterscheinungen erkannt. Man sagt dann, die Elektrizität ströme aus den betreffenden Körpern aus. Auch in diesem Falle ist es nöthig, daß die Elektrizität auf diesen Körpern unter den gegebenen Verhältnissen keinen genügenden Raum findet. Das ist offenbar der Fall bei Spizen. Aus Spizen strömt die Elektrizität schon, wenn sie nur in verhältnißmäßig geringer Menge daselbst vorhanden ist, aus, weil selbst geringe Mengen darauf nicht ausreichend Platz finden. Darauf beruht die Erscheinung der Sankt Elmsfeuer. Manchmal nämlich werden auch Körper auf der Erde stark elektrisch, so auch Schiffe. Indem die Elektrizität sich ausbreitet soweit sie nur irgend kann, gelangt sie auch bis in die Mastspitzen und strömt aus diesen, wenn sie ihr nicht genügend Raum geben in die Luft aus, wobei sie die Erscheinung von Lichtbüscheln hervorbringt. Derartige Büschel treten selbstverständlich nicht allein an Schiffen, sondern überall auf, wo Elektrizität aus einem Körper still ausströmt. Die Bedeutung der Spizenwirkung für die Blitzableiter werden wir bald kennen lernen. Stille Entladungen können auch bei anders geformten Körpern vor sich gehen, wenn die Luft dem Ausbreitungsbestreben keinen hinreichenden Widerstand bietet, wie das der Fall ist, wenn sie viel Feuchtigkeit und Staub enthält, oder, wie in den Geißler'schen Röhren, hinreichend verdünnt ist.

5. Influenz der Elektrizität und des Magnetismus.

398. Unterstützt wird das Ausbreitungsbestreben der Elektrizität noch durch folgende sehr merkwürdige Eigenschaft derselben. Elektrizität ruft nämlich in allen umgebenden Körpern, auch wenn sie nicht mit ihnen in Berührung kommt, wiederum Elektrizität hervor. Diese Fernwirkung der Elektrizität nennt man ihre Influenz. Dabei gilt das Gesetz, daß durch Influenz stets beide Arten Elektrizität, und auch stets in ganz gleicher Menge hervorgerufen werden. An der der Elektrizität zugewandten Seite des Körpers entsteht die ihr ungleichartige, an der abgewandten die ihr gleichartige Elektrizität. Hat man z. B. einen Glasstab durch Reiben elektrisch gemacht und bringt in seine Nähe irgend einen Körper, etwa eine Metallkugel, so bekommt diese an der dem Glasstab zugewandten Seite die andere Art Elektrizität, also Harzelektrizität, an der vom Glasstab abgewandten die gleiche Art, also Glaselektrizität. Entfernt man die Kugel oder den Glasstab, so verschwinden die beiden Elektrizitäten der Kugel vollständig. Es ist, als ob die beiden Elektrizitäten in der Kugel bereits von je dagewesen, aber in Folge ihrer Anziehung auf einander derartig durch einander gemischt gewesen sind, daß, weil sie sich entgegengesetzt verhalten, nach außen keine Kraftwirkung von

ihnen in Erscheinung treten konnte, und als ob sodann durch die Anwesenheit des nur mit einer Art Electricität versehenen Glasstabes eine Entmischung, Scheidung, der beiden Electricitäten der Kugel eingetreten ist, indem die Glaselectricität des Glasstabes die Harzelectricität der Kugel heranzog, so daß diese an die dem Glasstab zugewandte Seite der Kugel sich begeben mußte, die Glaselectricität der Kugel jedoch abstieß und sie so an die ihr abgewandte Seite der Kugel trieb.

399. Da die ungleichartige Electricität dem Glasstabe näher ist als die gleichartige, wird sie von der Electricität des Glasstabes stärker angezogen als die gleichartige abgestoßen wird. Im Ganzen ist also eine überwiegende Anziehung die Folge und hierdurch erklären sich zwei Erscheinungen: Können nämlich die Electricitäten von den Körpern nicht fort, so ziehen sie die Körper mit sich mit, wenn diese sich frei bewegen können. Der Glasstab und die Kugel nähern sich also beide einander, oder eines dem andern. Es gewinnt den Anschein, als ob sich die Körper anzögen, während es thatsächlich nur ihre Electricitäten thun. Dadurch ist also erklärt, warum ein elektrischer Körper auch einen von vornherein nicht elektrischen anzieht. Die Anziehung kann in eine Abstoßung übergehen, sobald der influenzirte Körper bis zur Berührung mit dem influenzirenden herangezogen ist. Alsdann gleicht sich nämlich ein Theil seiner herangezogenen Electricität mit einem Theil der heranziehenden aus, und es kann nun die Abstoßung der influenzirenden Electricität auf den ihr gleichartigen Theil der influenzirten überwiegen, wodurch der Körper anscheinend wieder zurückgestoßen wird. Zweitens ist klar, daß durch die zuerst überwiegende Anziehung der influenzirenden Electricität auf den ihr ungleichartigen Theil der influenzirten, das an sich schon vorhandene Ausbreitungsbestreben der Electricität noch vermehrt wird, denn diese Anziehung bewirkt noch ferner ein Streben der Electricität, sich von ihren Trägern zu entfernen. Entladungen von Körpern geschehen also leichter, wenn in ihrer Nähe andere Körper vorhanden sind. Dabei geht die Electricität in der That von dem einen Körper zu dem anderen über und gleicht sich mit der dort vorhandenen ungleichartigen Electricität aus, so daß sie für die Außenwelt verschwindet. Noch weiter unterstützt wird dieser Uebergang, wenn die gleichartige influenzirte Electricität vorher entfernt wird, was durch Verbindung des betreffenden Körpers vermittelt eines Drahtes oder des Körpers des Beobachters mit der Erde geschieht. Wir können also jetzt allgemein sagen, daß die Electricität großes Bestreben besitzt sich möglichst auszubreiten und außerdem mit ihr ungleichartiger Electricität sich zu vereinigen, also kurz auf die eine oder andere Weise für die Außenwelt zu verschwinden. Wo sie es nicht in friedlicher stiller Weise thun kann, indem sie sich

dabei höchstens einen Lichtbüschel anzündet, da geschieht es, wenn sie nur stark genug ist, unter Donner und Blitz und Zerstörung alles dessen, was ihrem Streben nach Selbstvernichtung in den Weg tritt.

400. Nun wird es leicht sein, die Wirkung des Blitzableiters zu erklären. Ein Blitzableiter ist eine Metallspitze, die möglichst hoch über dem zu schützenden Gegenstande angebracht ist und durch eine Metallstange oder durch Metalldrähte mit der Erde in Verbindung steht. Befindet sich eine elektrische Wolke über dem betreffenden Gegenstande, z. B. einem Hause, so influenzirt sie die umgebende Erde, das Haus und auch den Blitzableiter mit beiden Elektrizitätsarten. Die gleichartige wird abgestoßen und geht aus dem Hause, wie aus dem Ableiter zur Erde. Die ungleichartige wird angezogen und bewegt sich möglichst nach den oberen Theilen des Hauses und des Blitzableiters. Das Haus und die umgebende Erde bieten nun genügenden Raum für die Ansammlung großer Elektrizitätsmengen, hat das Haus keinen Ableiter und steht auch sonst nichts in der Nähe, wohin der Blitz eher fahren würde, so tritt zuletzt ein gewaltames Ueber schlagen der Elektrizität der Wolke in das Haus und die dann erfolgende Durchstürmung des Hauses und Vereinigung der Blitzelektrizität mit den großen Elektrizitätsmengen des Hauses kann die bösesten Verwüstungen hervorbringen. Ist jedoch ein Blitzableiter vorhanden, so tritt, weil die Spitze die Elektrizität selbst in geringen Mengen nicht beherbergen kann, durch diese eine stete unschädliche Ausströmung von Elektrizität ein, welche sich, wie wir, um nur die groben Verhältnisse anzugeben (die thatsächlichen Vorgänge sind viel verwickelter), sagen können, mit der Elektrizität der Wolke vereinigt und diese dadurch für die Außenwelt zum Verschwinden bringt. Die Wirkung des Blitzableiters besteht also darin, daß eine sonst eintretende plötzliche gefährliche Massenentladung in eine unschädliche stetig vor sich gehende langsame Entladung in geringen Mengen umgewandelt wird.

Der Blitz entladet sich also eigentlich nicht durch den Blitzableiter, sondern die influenzirte Elektrizität dieses Ableiters kommt ihm entgegen und gleicht sich mit ihm zwischen Himmel und Erde aus. Zugleich geht die abgestoßene gleichartige Elektrizität in stetigem Strome zur Erde. Ist der Blitzableiter irgendwo unterbrochen oder die Verbindung mit der Erde eine zu schlechte, so kann diese abgestoßene Elektrizität aus dem Ableiter in das Haus oder sonst einen Gegenstand schlagen. Gleiches kann mit der aus der Erde und allen unteren Theilen heraufgezogenen ungleichartigen Elektrizität geschehen. Man sieht dann an den Unterbrechungsstellen Funken bald nach der einen, bald nach der anderen Seite überspringen. In gleicher Weise erklären sich auch die Funken, die man bei Gewittern durch Telegraphenapparate und Telephone oft schlagen sieht; influenzirt werden hier außer der Erde

und den Häusern auch die Apparate und Telephone, selbst die verbindenden Drähte, kurz alles, was sich unterhalb der Gewitterwolke befindet und die Funken treten da auf, wo die influenzirten Gegenstände Unterbrechungen haben, welche die regelmäßige Bewegung der Elektrizität hemmen und sie zwingen größere Räume zu überspringen.

401. Nicht immer übrigens begünstigt die Influenz auch thatsächlich das Ausbreitungsbestreben der Elektrizität, manchmal tritt sie ihm anscheinend sogar hinderlich in den Weg. Dieses ist der Fall, wenn die Elektrizität eines Körpers sich nach einer Richtung hin leicht entfernen könnte und man sie durch Influenz nach anderer Richtung hin bindet. In diesem Falle tritt das Vereinigungsbestreben dem Ausbreitungsbestreben in den Weg. Ein Beispiel hierfür bietet die Leidener oder Kleist'sche Flasche, das ist eine Glasflasche, die innen und außen bis zu einem gewissen Abstände von der Mündung mit Staniol beklebt ist. Berührt man die Innenfläche mittelst eines Metalldrahtes mit einem elektrischen Körper, so breitet sich über sie Elektrizität aus. Diese würde bald durch die Luft, welche immer Feuchtigkeit und Staubtheilchen hat, entführt werden. Indem sie aber die äußere Staniolfläche influenzirt, wird sie von der ihr ungleichartigen Elektrizität angezogen und hat nunmehr eher ein Bestreben durch das Glas hindurch sich mit dieser zu vereinigen. Kann sie das nicht, so bleibt sie wenigstens in der Flasche, indem sie und die influenzirte ungleichartige Elektrizität sich gegenseitig festhalten. Namentlich sicher halten sie sich fest, wenn die Abstoßung der gleichfalls influenzirten gleichartigen Elektrizität dadurch aufgehoben ist, daß diese durch Berührung mit dem Finger oder Verbindung der äußeren Staniolfläche mittelst eines Drahtes mit der Erde abgeleitet ist.

Zugleich sieht man leicht ein, daß in eine Flasche, welche auch außen Staniol hat und die zur Erde abgeleitet ist, mehr Elektrizität muß hineingehen können, als in eine, die außen unbelegt ist, denn die influenzirte ungleichartige Elektrizität zieht aus dem elektrischen Körper, welcher die Innenfläche der Flasche ladet, immer mehr Elektrizität hinein. Man nennt solche Apparate, welche zum Aufbewahren und Verdichten von Elektrizität dienen, elektrische Kondensatoren oder Akkumulatoren. Die Leidener oder Kleist'sche Flasche ist ein solcher Kondensator, ebenso jede Vorrichtung aus zwei isolirten Metallplatten, zwischen welchen Luft oder sonst irgend ein Isolator, Glas, Schwefel, Wasser, mit Paraffin getränktes Papier u. s. f. sich befindet.

402. Der Magnetismus hat kein eigentliches Bestreben nach Ausbreitung, er geht nicht einmal von einem Körper zu einem anderen über. Doch besitzt er gleichfalls die Eigenschaft influenzierend zu wirken. Jeder Magnet bringt schon durch seine Nähe in anderen Körpern Magnetismus hervor, und zwar beide Arten und in ganz gleichen

Mengen. Nähert man einen Schlüssel dem Nordpol eines Magnetstabes, so wird in ihm an der diesem Pol zugekehrten Seite ein Südpol hervorgerufen, an der abgekehrten Seite ein Nordpol. Das Umgekehrte findet statt, wenn der Schlüssel dem Südpol genähert wird. In jedem Falle wird die Anziehung auf den zugewandten Magnetismus die Abstoßung auf den abgewandten überwiegen und im Ganzen auch hier eine Anziehung zur Erscheinung kommen. Dadurch erklärt sich, warum Magnete auch ursprünglich nicht magnetische Körper anziehen. Sie ziehen also *thatsächlich* nicht diese Körper an, sondern einen der von ihnen in den Körpern influenzirten Magnetismen. Da jeder Magnet beide Magnetismen hat, so werden auch beide influenzirend wirken. Dadurch compliciren sich hier die Verhältnisse etwas. Stets aber resultirt im Ganzen eine Anziehung, wodurch die influenzirten Körper unter allen Umständen zu den Magneten hingezogen werden. Ausnahme hiervon bilden nur die sogenannten diamagnetischen Körper, wie Wismuth, bei denen die Erscheinungen gerade die umgekehrten sind, also stets Abstoßung erfolgt. Von diesen sehen wir jedoch ab, weil die dabei in Frage kommenden Kräfte ungemein wenig zu bedeuten haben. Hat sich der influenzirte Körper dem Magneten bis zur Berührung genähert, so bleibt er an ihm haften, es tritt keine Abstoßung ein, denn die Magnetismen gleichen sich nicht ohne Weiteres aus, wie die Elektricitäten es thun. Auch ist es nicht möglich, einen der influenzirten Magnetismen abzuleiten, wie das bei der Elektricität so leicht geschieht. Um einen Magneten als solchen zu erkennen, genügt es also, ihm ein Stück nicht magnetisches Eisen zu nähern.

403. Im Uebrigen äußert sich die elektrische wie die magnetische Influenz sehr verschieden auf die verschiedenen Körper. Die elektrische Influenz ergreift mit größter Stärke die Leiter (Metalle), schwach oder fast gar nicht die Nichtleiter; bei jenen tritt sie momentan ein und verschwindet momentan, sobald die Körper oder die influenzirende Elektricität entfernt sind, bei letzteren nimmt sie viel Zeit in Anspruch und verschwindet auch nur sehr langsam. Dieses ist leicht vorauszu sehen, wenn man beachtet, daß die Scheidung der Elektricitäten durch Influenz und ihre Wiedervereinigung eben eine Bewegung der Elektricitäten nöthig macht, und daß Leiter diese Bewegung ohne Weiteres zulassen, Nichtleiter dagegen ihr einen Widerstand entgegen setzen. Die magnetische Influenz erstreckt sich fast nur auf Eisen, Nickel und Kobalt, sie geschieht momentan und verschwindet momentan nach Aufhören der influenzirenden Kräfte, wenn diese Metalle weich (d. h. nicht gehärtet) sind; sie geht nur allmählig vor sich, bleibt dann aber zum Theil erhalten auch nach Entfernung der Magnete, wenn diese Metalle gehärtet sind (z. B. wie Stahl). Die Influenz durch Magnete macht also, wie z. B. das Streichen mit ihnen, weiches Eisen zu temporären, Stahl

zu permanenten Magneten. Da die Erde ein großer Magnet ist, bringt sie gleichfalls diese Influenzwirkungen hervor, in der That ist bekannt, daß Eisenstäbe meist magnetisch sind, auch wenn sie nie in die Nähe von Magneten gekommen sind. Die Erde macht sie dazu.

6. Elektrische Ströme und Magnete, Wirkungen.

a) Treibende Kraft, Widerstand.

404. Wir haben nunmehr gesehen, daß zwar die Anziehungen und Abstoßungen und die Influenz beim Magnetismus ganz so geschehen wie bei der Elektrizität. Wir haben aber auch schon den Hauptunterschied zwischen Elektrizität und Magnetismus hervorgehoben, daß letzterer nämlich fast ganz unbeweglich ist und an die Materie gebunden erscheint, erstere dagegen sich frei von Ort zu Ort hinbegeben kann und dieses auch thut, so oft sie leitende Körper trifft oder hinlänglich stark ist. Elektrizität, welche in einem Körper sich bewegt, wollen wir einen elektrischen Strom nennen. Im Wesentlichen nichts weiter ist das, was sonst mit dem Namen elektrischer Strom bezeichnet wird. Die Körper, welche die sich bewegende Elektrizität hergaben, sollen Elektrizitätsquellen oder Stromquellen heißen. Ohne jetzt auf die verschiedenartigen Elektrizitätsquellen einzugehen, können wir aus dem bisherigen doch schon entnehmen, daß Elektrizität nie von einem Ort nach einem anderen strömt, wenn sie nicht dadurch ihrem Ausbreitungs- und Ausgleichungsbestreben Genüge thun kann. Verbinden wir also zwei Körper, welche mit Elektrizitäten von gleicher Art und gleicher Spannung versehen sind, durch einen Draht, so ändert sich dadurch nichts, die Elektrizitäten bleiben in Ruhe. Sobald aber in einem von ihnen die Spannung größer ist als im anderen, gleicht sich seine Elektrizität mit der des anderen Körpers so lange aus, bis in beiden die Spannung gleich groß geworden ist und im Draht fließt ein Strom, welcher erst aufhört, wenn die Ausgleichung der Spannungen beendet ist. Dieses ist ganz analog der Ausgleichung der Temperaturen verschieden warmer Körper durch Bewegung der Wärme. Die Temperatur entspricht der Spannung. Gleiches geschieht, wenn die Elektrizitäten der beiden Körper ungleichartig sind. Sorgt man dafür (die Mittel dazu werden wir später angeben), daß die Verschiedenheit der Spannungen oder die Art der Ladungen immer wieder hergestellt wird, so fließt der Strom ständig. Elektrizitätsquellen sind also nur wirksam, wenn sie ihre Elektrizitäten nach Orten geringerer Spannung oder zur Ausgleichung mit anderen ungleichartigen Elektrizitäten abgeben können. Es kann der Fall eintreten, daß ein elektrischer Strom in eine Elektrizitätsquelle zurückführt (das ist sogar der praktisch wichtigste Fall). Alsdann besteht diese jedenfalls aus zwei Theilen, welche ent-

weder mit gleichartigen Elektricitäten verschiedener Spannung oder mit ungleichartigen Elektricitäten geladen sind, und der Draht geht von dem einen Theile aus und endet in dem anderen.

405. Die treibende Kraft der elektrischen Ströme nennt man ihre elektromotorische Kraft. Sie ist dem obigen zu Folge abhängig von dem Spannungsunterschied zwischen Anfang und Ende des Stromes bezw. von den Mengen ungleichartiger Elektricitäten, die sich zu vereinigen streben, was aber wesentlich wieder auf einen Spannungsunterschied herauskommt. Je stärker diese Kraft desto stärker der Strom. Die Stromstärke ist gleich der treibenden Kraft dividirt durch den Widerstand, den der Leiter seiner Bewegung entgegensetzt. Das ist das sogenannte Ohm'sche Gesetz.

406. Ferner wollen wir bemerken, daß der Strom sofort zu fließen beginnt, wenn die Verbindung der Theile durch den Draht geschlossen ist, und zu fließen aufhört, sobald diese Verbindung an irgend einer Stelle unterbrochen ist, falls nicht die Ausgleichungsbestrebungen für Spannung oder Elektricität so stark sind, daß der Strom die Unterbrechungsstelle in Funken überspringt. Wir sagen darum, wir schließen einen Strom oder öffnen einen Strom, wenn wir meinen, daß wir einen Strom zu fließen anfangen bezw. aufhören machen. Sodann sei noch hervorgehoben, daß jeder elektrische Strom ein in sich völlig geschlossener und zurücklaufender Vorgang ist. In vielen Fällen lehrt dieses der unmittelbare Augenschein, in anderen freilich nicht, wie z. B., wenn der Strom nur durch einen Draht von einem Körper zu einem anderen oder zur Erde, aber nicht wieder zurückgeführt wird. Es treten dann einige Nebenerscheinungen ein, auf die wir nicht weiter eingehen wollen, welche die Schließung des Vorganges erregen. Endlich haben wir noch zu sagen, daß keine Ausgleichung nur von einer Seite aus geschieht, sondern stets zugleich von beiden Seiten.

Der Vorgang in einem, z. B. zwei verschiedenartig geladene Körper verbindenden, Draht ist also ein doppelter, es strömt in ihm vom ersten zum zweiten Körper Elektricität, aber auch umgekehrt vom zweiten zum ersten. Ein elektrischer Strom hat also eigentlich keine bestimmte Richtung, da nach beiden Seiten Elektricität strömt. Man bezeichnet aber nach Vereinbarung diejenige Richtung, in welcher in jedem Falle die positive Elektricität, die Glaselektricität strömt, als die Richtung des Stromes.

b) Wärme-, Licht-, elektrolytische, physiologische Wirkung.

407. Die Elektricität in Bewegung, der elektrische Strom, hat eine ganze Menge von Eigenschaften, die der ruhenden Elektricität fehlen. Einige von diesen Eigenschaften haben wir bereits kennen gelernt. Sie waren zum Theil roh mechanischer Natur, indem die Elektricität, wo

ihrer Bewegung Widerstand entgegentrat, sich, nöthigenfalls unter Zerstörung des widerstehenden Körpers Bahn brach, zum Theil betrafen sie freundliche oder glanzvolle Lichterscheinungen, die in Lichtbüscheln und Funken auftraten.

Von den anderen Wirkungen sich bewegender Electricität erwähnen wir zunächst die Erwärmung der Körper, welche sie hervorbringt. So oft sie z. B. durch einen Draht aus einem Körper in einen anderen strömt, erwärmt sie diesen, sie erwärmt überhaupt jeden Körper, durch den sie sich bewegt. Die Erwärmung ist um so stärker je mehr Widerstand die Electricität auf ihrer Bahn hat überwinden müssen; sie wächst auch mit der Menge der sich bewegenden Electricität. Sie kann soweit gehen, daß die Körper zu glühen anfangen, sie leuchten dann. Dieses ist der Fall bei unseren Glühlampen, woselbst die Electricität durch einen Kohlenfaden strömt. Sie erhitzt diesen bis er zu glühen beginnt und Licht ausstrahlt. Auch der elektrische Funke ist eine auf diese Weise hervorgebrachte Glüherscheinung. In unseren Bogenlampen stehen sich zwei Kohlenstäbe gegenüber und haben zwischen sich einen kleinen Zwischenraum. Indem die Electricität, welche den Stäben aus einer Electricitätsquelle zugeführt wird, gezwungen ist, diesen Zwischenraum zu überspringen, reißt sie kleine Kohlentheilchen mit sich, die sie ganz weißglühend vor Hitze macht, diese geben hauptsächlich das Bogenlicht. Doch stehen nicht alle Lichterscheinungen, welche die Electricität hervorbringt, mit Erwärmung in Verbindung, viele derselben, und zwar die merkwürdigsten, wie die im schon erwähnten Büschellicht und in den sogenannten Geißler'schen Röhren finden fast ohne jede Erwärmung statt. Diese sind Phosphorescenzerscheinungen, von denen in der Lehre vom Licht gesprochen ist.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die wunderbaren Lichterscheinungen, die wir als Polarlichter bezeichnen (Nordlichter und Südlichter), Ausßerungen elektrischer Vorgänge in den höheren Schichten der Luft sind. Diese Lichter umflammen manchmal den ganzen Himmel und geben zu den seltsamsten Vorgängen auf der Erdoberfläche Veranlassung.

408. Eine andere Wirkung sich bewegender Electricität ist die Zerlegung gewisser Körper in ihre chemischen Bestandtheile. Wir haben dieser chemischen Zerlegung durch sich bewegende Electricität in Art. 50 unter dem Namen der Elektrolyse schon Erwähnung gethan. Läßt man z. B. durch einen Draht Electricität fließen und taucht seine beiden Enden in Wasser, so daß die Electricität gezwungen ist durch das Wasser hindurchzugehen, so zerlegt sie dieses in seine beiden chemischen Bestandtheile, in Wasserstoff und Sauerstoff, der Wasserstoff erscheint an dem einen Ende des Drahtes, der Sauerstoff an dem anderen in Form von Gasbläschen. Ähnlich werden Lösungen von Salzen in zwei Theile zerlegt, nämlich meist in das Metall und den Rest des

Salzes. Das Metall scheidet sich an dem einen Ende des Drahtes aus, der Rest an dem anderen, woselbst er irgend welche Verbindungen eingeht. Darauf beruht die Gewinnung der Metalle durch Elektrolyse, z. B. des Kupfers aus Kupfervitriol, des Aluminiums aus Thonerde u. s. f., was man als Elektrometallurgie bezeichnet.

Die Metalle, welche an dem einen Ende des Drahtes abgeschieden werden, lagern sich an diesem ab. Ist an dieses Ende irgend ein Körper gebracht, der selbst leitet oder auf der Oberfläche durch Einreiben mit einer leitenden Substanz leitend gemacht ist, so lagert sich das Metall auch auf diesem ab und überzieht ihn vollständig mit einer fest haftenden Schicht. Das ist die galvanische Ueberziehung der Körper mit Metallen, die galvanische Vergoldung, Versilberung, Verkupferung, Vernickelung u. s. f. Der Ueberzug schmiegte sich der Form des betreffenden Körpers vollständig und auf das genaueste an. Läßt er sich abnehmen, so erhält man ein Abbild von dem Körper, in welchem die Erhöhungen als Vertiefungen, diese als Erhöhungen erscheinen, ein Negativ. Auf diese Weise kann man also Körper auch abformen und zwar so genau, wie es kaum durch sonst irgend ein Mittel möglich ist. Hierauf beruht die Galvanoplastik.

Nicht alle Körper lassen sich durch Elektrizität chemisch zerlegen; zunächst scheiden die guten Leiter vollständig aus, sodann der größte Theil der festen Körper und Gase. Dagegen lassen sich manche Flüssigkeiten und Lösungen von festen Körpern in Flüssigkeiten elektrolytisch zerlegen. Man nennt diese Körper Elektrolyte und die Theile, in welche sie durch die strömende Elektrizität zerlegt werden, ihre Ionen. So ist Wasser ein Elektrolyt und Wasserstoff und Sauerstoff seine Ionen; ebenso ist eine Lösung von Kupfervitriol ein Elektrolyt und Kupfer und SO_4 sind dessen Ionen u. s. f.

Auch chemische Verbindung kann die Elektrizität bewerkstelligen, doch thut sie dieses anscheinend nur in Folge anderer Wirkungen, wie Wärmewirkungen oder Erschütterungen u. s. f. Denn wir bemerken, daß zur Bewerkstelligung von chemischen Verbindungen auf elektrischem Wege, z. B. von Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser, das Durchschlagen elektrischer Funken nöthig ist, und gewöhnlich durchfließende Elektrizität, wenn sie ihre Bahn nicht glühend macht, nicht ausreicht.

409. Sehr merkwürdig ist auch die Wirkung des elektrischen Stromes auf Lebewesen. Nähert man den Finger einem elektrischen Körper bis die Elektrizität in ihn überspringt, so fühlt man an der betreffenden Stelle einen stechenden Schmerz. Ist der Körper stark genug geladen, so kommt noch eine heftige Erschütterung hinzu. Faßt man die Enden eines Drahtes, dem aus einer Elektrizitätsquelle Elektrizität zugeführt wird, mit je einer Hand, so bekommt man ein eigenartiges Schwäche- und Krampfgefühl. Dieses und noch vieles andere sind die physio-

logischen Wirkungen des Stromes, die sich so steigern können, daß der Tod durch sie herbeigeführt wird, wie das leider so oft geschieht, wenn Menschen oder Thiere vom Blitz getroffen werden, oder mit Drähten in Berührung kommen, welche von starken Strömen durchflossen werden.

Physiologische Wirkungen sind es gewesen, welche zuerst den Anstoß zur Untersuchung der Eigenschaften elektrischer Ströme gegeben haben. Sie wurden gegen das Ende des vergangenen Jahrhunderts von dem italienischen Forscher Galvani an Froschschenkeln beobachtet. Daher der Name Galvanismus zur Bezeichnung der Wirkungen elektrischer Ströme überhaupt.

c) Elektrodynamische, elektromagnetische Wirkungen.

410. Die vorgenannten Eigenschaften, welche der strömenden Elektrizität zukommen, betrafen offenbar unmittelbare Wirkungen derselben; sie sind keine Fernwirkungen, da sie an denjenigen Stellen auftreten, welche die Elektrizität gerade durchströmt. Indessen giebt es auch sehr auffallende Fernwirkungen des elektrischen Stromes. Nehmen wir zwei parallel laufende Drähte und lassen sie beide von Elektrizität nach derselben Richtung durchfließen, so zeigt sich, daß sie sich gegenseitig anziehen, werden sie dagegen nach entgegengesetzten Richtungen von Elektrizität durchflossen, so stoßen sie sich gegenseitig ab. Also zwei gleichgerichtete Ströme ziehen sich an, zwei entgegengerichtete stoßen sich ab. Dieses sind ganz andere Erscheinungen als die zuerst behandelten Anziehungen und Abstoßungen ruhender Elektrizität. Wir nennen diese elektrostatische Kräfte, jene elektrodynamische. Man beachte auch die fundamentalen Unterschiede zwischen beiden. Elektrostatische Anziehungen und Abstoßungen finden stets statt, ob die Elektrizität ruht oder sich bewegt; elektrodynamische dagegen nur, wenn sie sich bewegt. Sie wächst mit der Stärke der Bewegung, nimmt mit dieser ab und ist ganz verschwunden, sobald die Bewegung aufgehört hat. Ferner tritt elektrostatische Anziehung bei ungleichartigen Elektrizitäten, elektrodynamische dagegen bei gleichartigen Strömen und entsprechend elektrostatische Abstoßung bei gleichartigen Elektrizitäten, dagegen elektrodynamische Abstoßung bei ungleichartigen Strömen auf.

Wenn zwei Ströme nicht parallele Bahnen haben, sondern sich kreuzende, so gilt die allgemeine Regel, daß sie sich anziehen, wenn sie beide nach dem Kreuzungspunkt hinfließen, oder beide von ihm fortfließen; sich abstoßen, wenn einer nach ihm hin, der andere von ihm fortfließt. Hieraus kann man leicht ableiten, daß zwei aneinanderliegende Theile eines und desselben Stromes sich abstoßen müssen, weil der eine Theil nach dem Trennungspunkt hinfließt, der andere von ihm fortfließt. Und daraus wieder folgt, daß

jeder elektrische Strom das Streben nach möglichster Ausbreitung seiner Bahn hat. Kann er zwischen verschiedenen Bahnen wählen, so sucht er sich diejenige aus, deren Theile von einander am meisten absteigen, also die rundeste und weiteste. In Leitern begeben sich deshalb Ströme möglichst nach der Oberfläche, ganz so wie ruhende Elektrizität es aus ähnlichem Grunde thut. Die elektrodynamische Anziehung und Abstoßung ist von dem französischen Forscher Ampère entdeckt und nach ihren etwas complicirten Gesetzen untersucht worden.

411. Eine zweite noch auffallendere Fernwirkung des elektrischen Stromes besteht darin, daß er Magnetnadeln zu drehen sucht und wo die Verhältnisse es zulassen, sie auch wirklich um ihre Mitte dreht. Diese Drehung entsteht dadurch, daß der Strom jeden Pol einer Magnetnadel um sich herumzuvirbeln strebt, und zwar den Südpol immer in entgegengesetzter Richtung wie den Nordpol. Hat man einen Strom vor sich, der dem Beobachter in Richtung vom Kopf zu den Füßen geht, so wird der Nordpol einer Magnetnadel um ihn wie der Zeiger einer Uhr, von links nach rechts herumgewirbelt, der Südpol entgegengesetzt von rechts nach links. Fließt der Strom entgegengesetzt, so tritt das Umgekehrte ein. Der Strom zieht also weder den einen noch den anderen Pol an, er stößt die Pole auch nicht ab, sondern er wirbelt sie um sich herum, ohne ihre Entfernung von ihm irgend zu ändern. Dieses ist also eine ganz besondere Art von Kraftäußerung, die mit keiner der bisher behandelten auch nur die geringste Ähnlichkeit hat. Wir können die Pole an einem Magnet nicht von einander trennen, was wir beobachten ist also die kombinirte Wirkung des Stromes auf beide.

Lassen wir einen Strom einen horizontalen Draht durchfließen und stellen über ihm eine Magnetnadel auf eine Spitze auf, oder hängen über ihm eine Magnetnadel an einem Faden auf, so stellt sich diese Nadel möglichst quer zum Draht, also zum Strom. Lassen wir den Strom über der Nadel fortgehen, so dreht sich letztere herum und stellt sich wieder quer zum Strom, nur diesmal mit vertauschten Enden. Ähnliches geschieht, wenn der Strom nicht genau über oder unter der Magnetnadel fortfließt, sondern sich mehr zur Seite befindet. Entfernen wir ferner den Strom aus dem Draht, öffnen wir ihn, so stellt sich die Magnetnadel so ein, wie sie es zu Folge der Wirkung des Erdmagnetismus auf sie thun muß, also in Richtung der Mißweisung. Sowie wir dann den Strom wieder fließen lassen, ihn schließen, schlägt sie aus, um sich zu ihm möglichst quer zu stellen. Befindet sich die Nadel an einem Orte, die Stromquelle an einem anderen, und sind beide Orte durch einen Draht verbunden, welcher von der Stromquelle ausgeht, an der Nadel vorbeigeht und zur Stromquelle zurückführt, so schlägt die Nadel jedes Mal aus, sowie man am zweiten Ort den

Strom schließt, und geht in ihre erste Lage zurück, sowie man ihn dort öffnet.

412. Man kann also auf diese Art von einem Orte nach einem anderen Zeichen geben, die man durch Verlängern oder Verkürzen der Dauer des Schlusses bezw. Deffnens und durch Verstärken oder Schwächen des Stromes, wodurch die Ausschläge verstärkt bezw. geschwächt werden, beliebig zu variiren vermag. Setzt man für die so zu gewinnenden verschiedenen Zeichen verschiedene Bedeutung fest, so hat man ein Mittel zu telegraphiren. So sind in der That die ersten Telegraphen eingerichtet gewesen, sie waren Nadeltelegraphen, und so sind manche Telegraphen noch jetzt eingerichtet (namentlich die die Kontinente verbindenden Nadeltelegraphen). Instrumente, welche Magnetnadeln enthalten, die von Drahtwindungen umgeben sind, und welche dazu dienen, an den Bewegungen der Magnetnadeln Ströme, welche die Drahtwindungen durchfließen, zu erkennen und ihrer Stärke nach zu beurtheilen, nennt man Galvanometer.

In gewissen Fällen können statt der Drehungen der Magnete auch Anziehungen und Abstoßungen erfolgen. Doch ist auch hier das Wesentliche die Drehungen der einzelnen Pole, diese Drehungen können aber bei gewissen Einrichtungen der Magnete und der Strombahnen sich so zusammensetzen, daß anscheinend reine Abstoßungen und Anziehungen erfolgen.

Da in der Natur alles auf Gegenseitigkeit beruht, so wirken auch Magnete auf Ströme, indem sie diese drehen, sobald sie selbst festliegen, diese aber beweglich sind. Namentlich also dreht die Erde als Magnet elektrische Ströme. Dieses geschieht so lange, bis die Ströme quer zu der Richtung der gewöhnlichen magnetischen Kräfte stehen, bei der Erde also quer zu der Richtung einer frei aufgehängten Magnetnadel an dem betreffenden Ort.

Das sind die magnetischen Kraftwirkungen des elektrischen Stromes und die elektrodynamischen der Magnete. Erstere sind von Derstedt entdeckt, letztere von Ampère untersucht.

d) Induktionswirkungen.

413. Nicht minder auffallend ist die inducirende Wirkung der strömenden Elektrizität. Jeder elektrische Strom bringt hervor, inducirt, sobald man mit ihm nur irgend eine Veränderung vornimmt, in allen ihn umgebenden Körpern wieder elektrische Ströme, Induktionsströme. Gleiches geschieht, sobald man mit diesen Körpern irgend welche Veränderungen ausführt. Dieses ist etwas der Influenz der ruhenden Elektrizität analoges, unterscheidet sich jedoch von ihr sehr wesentlich. Die Influenz besteht stets, so lange die Elektrizität da ist; die Induktion dagegen nur so lange man mit den elektrischen Strömen oder

den Körpern in ihrer Nähe Veränderungen vornimmt; sie verschwindet sofort, sobald diese Veränderungen aufgehört haben. Die Induktion ist also an bestehende Verhältnisse geknüpft, die Induktion an vorübergehende.

Die Veränderungen, welche Induktion bewirken, können rein äußerliche sein, indem nur der Träger eines Stromes, z. B. ein Draht durch den der Strom fließt, oder einer der umgebenden Körper hin oder her bewegt, oder gebogen, oder überhaupt irgendwie in seiner Lage und Form verändert wird. Sie können aber auch den Strom selbst betreffen, indem man seine Stärke erhöht oder vermindert, ihn entstehen oder verschwinden läßt. In allen solchen Fällen treten in den umgebenden Körpern Induktionsströme auf, die mit den Veränderungen anwachsen und mit ihnen verschwinden, und die völlig die nämlichen Eigenschaften haben, wie die gewöhnlichen Ströme, also ihre Bahn erwärmen, Elektrolyte zersetzen, physiologische Wirkungen ausüben, andere Ströme anziehen oder abstoßen, die Magnetnadeln drehen u. s. f. Ihre Richtung im Verhältniß zu der Richtung der inducirenden Ströme ist stets so geartet, daß sie vermittelst ihrer elektrodynamischen Wirkungen die mit den inducirenden Strömen oder den inducirten Körpern vorgenommenen Aenderungen zu redressiren suchen, also diesen Aenderungen durchaus widerstreben (Regel von Lenz). Fließt z. B. ein Strom in Richtung des Zeigers einer Uhr, so erzeugt er in einem ihm parallelen Draht beim Oeffnen einen gleichgerichteten, beim Schließen einen entgegengerichteten Strom, ebenso wenn Strom und Draht durch Bewegen eines von beiden oder beider von einander entfernt werden oder einander genähert werden. Selbst seine eigene Bahn vermag ein Strom zu induciren, wenn mit ihm irgend welche Veränderung vorgenommen wird (Selbstinduktion).

414. Auch Magnete haben die Fähigkeit in umgebenden Körpern Induktionsströme hervorzubringen und zwar thun auch sie dieses nur, wenn mit ihnen oder den sie umgebenden Körpern irgend eine Veränderung vorgenommen wird, sei es in der Lage, Form oder Magnetisirung. Auch diese Ströme sind so gerichtet, daß sie die Veränderungen zu redressiren streben, also namentlich auch Aenderungen der Magnetisirung wieder aufzuheben suchen, indem sie die Magnetisirung stärken, wenn sie geschwächt ist und schwächen, wenn man sie verstärkt hat.

415. Da Magnete Ströme induciren, steht zu erwarten, daß, umgekehrt, Ströme auch Magnetismus hervorbringen. Dieses ist in der That der Fall. Also Ströme haben die Fähigkeit Magnetismus hervorzubringen. Diese Fähigkeit besitzt jeder Strom als solcher, auch abgesehen von irgend welchen Veränderungen, die mit ihm etwa vorgenommen werden. Jeder elektrische Strom bringt in allen in seiner Nähe befindlichen Körpern Magnetismus hervor, falls sie sich überhaupt

magnetisieren lassen; also namentlich in Eisen, Nickel und Kobalt. Führt man einen Strom einmal oder mehrmals um einen Eisenstab herum, so wird dieser Stab zum Magneten. Er bleibt magnetisch so lange der Strom fließt, und kann es auch noch ferner nach Aufhören des Stromes bleiben, falls er aus Stahl besteht; bei weichem Eisen verschwindet der Magnetismus mit dem Strome. Magnete, welche durch elektrische Ströme dazu gemacht sind, nennt man Elektromagnete; Man kann ihnen durch Verstärkung der Ströme und geeignete Umwicklung mit diesen Strömen außerordentliche Stärke verleihen. Alle diese Induktionswirkungen sind von dem englischen Physiker Faraday gefunden worden.

e) Elektrotechnik, Telegraphie, Elektrotherapie.

416. Die Wirkungen der elektrischen Ströme auf Magnete und die dieser auf jene bezeichnet man als die elektromagnetischen Wirkungen der Ströme bezw. Magnete. Sie sind alle in hohem Maße abhängig von äußeren und inneren Verhältnissen, wie Stärken der Ströme und Magnetismen und deren etwaige Veränderung, Form und Lage der Ströme und Körper u. s. f. Man macht von ihnen im heutigen Verkehrsleben und in der heutigen Industrie den ausgedehntesten Gebrauch. Die ganze Telegraphie und Elektrotechnik beruht auf ihnen. Die Bewegung der Magnetenadeln, Magnetisierung von weichen Eisenkörpern bei Beginn, und Entmagnetisierung bei Aufhören von Strömen, dienen in den Telegraphenapparaten und Signalapparaten, z. B. elektrischen Klingeln, zum Hervorbringen von Signalen und Zeichen. Die Induktionswirkung von bewegten Magneten benutzt man in den Dynamomaschinen zur Hervorbringung von elektrischen Strömen behufs Speisung von Glühlampen oder Bogenlampen und Bewirkung elektrolytischer Zersetzung. Die Anziehung ferner zwischen Strömen und Magneten vermag Maschinen in Gang zu setzen. Befindet sich an einem Wasserfall eine Dynamomaschine, deren Magnete durch die Kraft des herabfallenden Wassers in Drehung versetzt werden, so bringen diese Induktionsströme hervor, die so lange andauern als die Dynamomaschine im Gange ist. Diese Ströme können wir durch Drähte nach einem anderen Ort fortleiten, dort sie Magnete, welche an einer Welle befestigt sind, die Räder trägt, welche ihrerseits mit Maschinen verbunden sind, in Bewegung setzen lassen, und dadurch die Maschinen in Betrieb bringen. Darauf beruht die elektrische Kraftübertragung, denn in der That ist die Kraft des Wasserfalls vermittelst des Stromes nach einem anderen Orte übertragen. Die wunderbarste Leistung dieser elektromagnetischen Kräfte ist wohl die Ermöglichung des Sprechens in die Ferne, durch die Fernsprecher oder Telephone, für welches sich die Grenzen mehr und mehr er-

weitern, so daß der Zeitpunkt heranzurücken scheint, wo man vom fernsten Osten nach dem fernsten Westen Deutschlands und noch darüber hinaus sich wird mündlich verständlich machen können. Sie hat die vorerwähnten Wirkungen der elektrischen Ströme und Magnete zur Grundlage, doch greifen hier akustische Vorgänge mit elektrischen eng in einander. Andere, besonders auf Induktionswirkung stetig unterbrochener und wieder geschlossener Ströme beruhende Einrichtungen sind die Induktionsapparate, welche eine vielseitige Anwendung, namentlich auch in der Elektrotherapie zur Anregung der Nerven- und Muskelthätigkeit, finden.

f) Wirkung auf Licht, Beziehung zwischen Elektrizität und Magnetismus, Kraftlinien.

417. Endlich haben wir noch zu erwähnen, daß Magnetismus und Elektrizität auch Einwirkungen auf das Licht zeigen. Die auffallendste davon besteht in der Drehung der Polarisationsebene des Lichtes, welche ganz ähnlich ist derjenigen, die wir in den Auseinandersetzungen über die Erscheinungen des Lichtes als Wirkungen gewisser Substanzen, namentlich auch der Zuckerslösungen kennen gelernt haben; nur daß sie bald in dem einen bald in dem anderen Sinne geschieht, je nach der Art des Magnetismus, die besonders zur Wirkung gelangt, und daß sie von der Substanz der Körper nicht in gleichem Grade abhängig ist.

418. Im Ganzen aber erhellt aus den obigen Darlegungen, in wie enger Beziehung Magnetismus und strömende Elektrizität zu einander stehen, da beide gleiche Erscheinungen zur Folge haben, sie auch wechselweise auf einander wirken und jede die andere hervorruft. Die Beziehung ist sogar noch enger als oben dargestellt ist, und hat dazu geführt, den Magnetismus überhaupt als eine besondere Aeußerung der strömenden Elektrizität anzusehen. Nur hatte man dabei die Schwierigkeit der Trägheit des Magnetismus gegenüber der Beweglichkeit der elektrischen Ströme zu überwinden, und hat in Folge dessen die Ströme, welche den Magnetismus zur Erscheinung bringen sollen, an die kleinsten Theilchen der Körper, ihre Molekel und Atome gebunden, welche sie umkreisen sollen.

419. Zuletzt sei noch darauf hingewiesen, daß man wegen der Vielartigkeit der Wirkungen des Magnetismus und der Elektrizität auch eine Vielartigkeit von magnetischen und elektrischen Kraftlinien (Art. 198) unterscheiden muß. Es giebt magnetische und elektrische Kraftlinien der gewöhnlichen magnetischen und elektrischen Wirkungen, sodann solche der elektrodynamischen Wirkungen von Strömen auf Ströme, ferner solche der Wirkungen von Strömen auf Magnete und von Magneten auf Ströme. Wir müssen sogar noch solche der

Influenz und Induktion in Betracht ziehen, welche man gemeinsam Induktionslinien, jedoch auch Kraftlinien nennt. Gerade in der Elektrotechnik hat die Vorstellung der Kraftlinien außerordentliche Erfolge aufzuweisen, indem die Konstrukteure durch sie in ihren Konstruktionen geleitet werden. Starke elektromagnetische Wirkungen werden an einer Stelle hervorgebracht, indem man daselbst die Kraftlinien kondensirt; dieses kann durch Anbringung von Stücken und Ringen weichen Eisens geschehen. Starke Ströme werden inducirt, indem man Drähte durch solche Orte stark kondensirter Kraftlinien und zwar quer zu ihnen durchführt u. s. f.

g) Verbreitung elektromagnetischer Störungen.

420. Jede Veränderung eines elektrischen Stromes oder Magnets, ob sie die Lage und Form oder die Stärke betrifft, bringt eine Veränderung der Kraft- und Induktionslinien hervor, die sich durch den ganzen Raum fortpflanzt. Man bezeichnet derartige Veränderungen als Störungen der Ströme oder Magnete und nennt das unbegrenzte Gebiet für alle elektromagnetischen Wirkungen das elektromagnetische Feld. Solche Störungen pflanzen sich also durch das ganze unbegrenzte Feld fort und äußern sich, wo sie auf Körper treffen, wiederum in solchen Störungen, indem sie Ströme oder Magnetismus oder beides oder elektrische Ladungen u. s. f. hervorbringen, ganz so wie Licht sich durch den Raum fortpflanzt und die Körper, auf die es auftrifft, zum Leuchten bringt. Durch die wundervollen Untersuchungen des so früh verstorbenen Heinrich Herz ist nachgewiesen, daß die Fortpflanzung elektromagnetischer Störungen völlig nach denselben Gesetzen vor sich geht, wie diejenige des Lichts. Also: sie geschieht durch den Aether, ist senkrecht zu der Richtung der Störungen, erfolgt mit der nämlichen Geschwindigkeit, wie diejenige des Lichts, erleidet beim Auftreffen auf Körper Reflexion, Brechung, Polarisation, Beugung u. s. f. Kurz alle Eigenschaften, die wir beim Licht gefunden haben, treten in ganz analoger Weise bei den elektromagnetischen Störungen auf, nur daß sie nicht als Licht, sondern in anderer Form zur Beobachtung kommen. Die Fortpflanzung dieser Störungen geschieht hiernach, wie diejenige des Lichts, in Strahlen, durch Verbreitung gewisser Vorgänge, die wir auch hier als Wellenbewegungen bezeichnen können. Die Wellenlängen sind sehr viel größer als diejenigen des Lichts und auch viel variabler. Die kürzesten, die wir einstweilen hervorbringen vermögen, betragen einige Centimeter, die längsten können viele Kilometer erreichen.

Der Gedanke liegt nahe, daß, wenn wir vermöchten elektromagnetische Störungen hervorzubringen, die so rasch aufeinander folgen, daß die Wellenlänge ihrer Weiterverbreitung derjenigen des Lichtes

gleich käme, sie als Licht in Erscheinung treten würden. Dadurch wäre eine Verbindung zwischen so verschiedenen Erscheinungen gewonnen wie Licht und elektromagnetische Wirkungen, und wir hätten in der Reihe wachsender Wellenlängen: chemische Strahlen, Lichtstrahlen, Wärmestrahlen, elektromagnetische Strahlen. Wir sind noch nicht so weit, diesem Gedanken sichere Berechtigung zuzusprechen. Die mit den Namen der Forscher Faraday, Maxwell, Helmholtz und Herz verknüpften Untersuchungen haben aber bereits zu einer neuen Theorie des Lichts, der elektromagnetischen Lichttheorie, geführt, dem eigenartigsten Sproß der neueren Naturwissenschaft.

7. Stromquellen.

a) Thermoelektricität, Elemente, Kontaktelektricität.

421. Was nun die Einrichtungen zur Schaffung elektrischer Ströme anbetrifft, so sind diese, auch abgesehen von solchen, die Induktionsströme hervorbringen, sehr mannigfacher Art. Die Einrichtungen durch metallische Verbindung elektrisirter Körper sind bereits erwähnt worden. Diese geben Ströme von starkem Ausbreitungs- und Vereinigungsbestreben der in ihnen sich bewegenden Elektricitäten, also von starken Spannungen, aber doch immerhin geringen Elektricitätsmengen. Sie sind auch, wenn die Elektrisirung der Körper nicht immerfort erneuert wird, nur von kurzer Dauer.

Eine andere Erscheinung ist mehr geeignet dauernde elektrische Ströme hervorzubringen. Lötet man nämlich zwei Streifen aus verschiedenen Metallen mit beiden Enden an einander, so daß man eine geschlossene metallische Bahn hat und erwärmt eine der Lötstellen, so entsteht in dieser Bahn ein elektrischer Strom. Ein solcher Strom tritt überhaupt jedes Mal auf, so oft die eine Lötstelle eine andere Temperatur hat wie die andere, und er wächst im Allgemeinen mit der Temperaturdifferenz der beiden Lötstellen. Man nennt diese Ströme Thermoströme und die durch sie bewegte Elektricität Thermoelektricität. Das sind also Ströme, die durch Wärme in Bewegung gesetzt sind. Durch geeignete Verbindung mehrerer solcher aus verschiedenen Metallen zusammengefügter Bahnen stellt man Thermoketten her, welche bei einseitiger Erhitzung durch irgend eine Flamme, z. B. Gasflamme, schon ziemlich bedeutende Ströme liefern.

422. Die wichtigste Quelle für elektrische Ströme bilden noch jetzt die sogenannten elektrischen Elemente. In ihnen wird der elektrische Strom durch chemische Einwirkung in Bewegung gesetzt und erhalten. Es zeigt sich nämlich, daß, sobald zwei verschiedene Metalle sich berühren, sie gegen einander an der Berührungsfläche eine elektrische

Spannung annehmen, die man einer durch die Berührung entstehenden Berührungs- oder Kontaktelektricität zuschreibt. Das Gleiche findet statt, wenn man die Metalle von einander fern hält, sie aber durch einen Draht mit einander leitend verbindet. Dabei ist die Spannung zwischen den beiden Metallen in diesem Falle genau so groß wie im vorigen, wobei es ganz gleichgiltig ist, ob der Draht sehr dick oder sehr dünn, aus einem Metalle oder aus vielen zusammengesetzt ist, wenn nur überall gleiche Temperatur herrscht (Volta'sches Spannungsgesetz). Es kann sich aber diese Spannung aus Gründen, die anzugeben zu tief in die Theorie hineinführen würde, nicht ausgleichen. Vielmehr stellt sich blitzschnell ein gewisser Gleichgewichtszustand her, durch den alle Elektricität in Ruhe gehalten wird. Sobald jedoch zwischen die beiden Metalle, diese berührend, eine elektrolytische Flüssigkeit gebracht wird, indem man die Metalle in ein Gefäß mit einer solchen Flüssigkeit, z. B. Wasser, getrennt eintaucht und sie nunmehr durch einen Draht verbindet, beginnt durch chemische Einflüsse, die an den Metallen entstehen, eine Ausgleichung der Spannung, die sich, wie in allen anderen Fällen, in einem Strom, der den Draht und die Flüssigkeit durchzieht, äußert. Da indessen die Metalle durch den Draht in Berührung bleiben, muß sich die Spannung auch sofort wieder herstellen. Sie wird also fortwährend, so lange die Verbindung durch den Draht aufrecht erhalten ist, durch den Einfluß des Elektrolyts ausgeglichen und durch die Kontaktwirkung der Metalle wieder hergestellt und dadurch gewinnt der Strom Dauer und fließt so lange durch den Draht und die Flüssigkeit, bis eben diese letztere keine chemischen Wirkungen mehr aufweist oder bis der Draht an irgend einer Stelle unterbrochen wird. Der Strom läuft offenbar in sich zurück. Im Draht und auch in der Flüssigkeit erzeugt er Wärme, in letzterer bringt er auch chemische Zerlegung hervor.

Seine treibende Kraft heißt die elektromotorische Kraft des Elements, die beiden in der Flüssigkeit tauchenden Körper nennt man die Pole des Elements, und zwar ist positiv derjenige Pol, welcher positive Elektricität zeigt, negativ der andere. Oft heißen diese Körper oder auch irgend welche von ihnen ausgehende Drähte die Elektroden.

423. Mehrere Elemente mit einander metallisch (z. B. durch Drähte oder Metallstreifen) verbunden, geben eine Batterie. Die Verbindung kann so geschehen, daß alle Elemente mit den ungleichnamigen oder so, daß sie alle mit den gleichnamigen oder endlich so, daß sie zu einem Theil mit den ungleichnamigen zum Theil mit den gleichnamigen Polen verbunden sind, sie sind dann hinter oder neben einander oder gemischt geschaltet. Das erste geschieht, wenn man stark gespannte, das zweite, wenn man stark mit Elektricität gefüllte Ströme haben muß, das dritte, wenn Spannung und Elektricität in

gleichem Maaße wünschenswerth sind. Das sind also Elemente und Batterien mit einer Flüssigkeit, wie die sogenannten Feldelemente, die im Felddienst benutzt werden und als Flüssigkeit gewöhnlich eine Chromsäurelösung haben.

Die meisten im Gebrauch befindlichen Elemente enthalten nicht eine Flüssigkeit, sondern deren zwei, wodurch ihre treibende Kraft vermehrt wird. Die eine Flüssigkeit befindet sich in einem Glasgefäß, die andere in einem in dieses Gefäß hineingestellten Cylinder aus porösem Material, der als poröse Zelle bezeichnet wird. Das eine Metall taucht in die eine, das andere in die andere Flüssigkeit. So giebt es sogenannte Daniell'sche Elemente, welche im Gefäß eine Kupfervitriollösung, in der porösen Zelle verdünnte Schwefelsäure enthalten. Im Kupfervitriol taucht ein Kupferblech, welches um die poröse Zelle herumgeht, in der verdünnten Schwefelsäure ein massives Zinkstück, welches amalgamirt ist, weil es sonst zu rasch von der Schwefelsäure verzehrt würde. Durch den Strom wird das Kupfervitriol zersetzt und Kupfer am Kupferpol abgeschieden, gleichzeitig wird das Zink in der Schwefelsäure aufgelöst und Zinksulfat gebildet. Der Kupferpol erleidet also nur in der Weise eine Veränderung, daß er sich eben stetig vergrößert, der Zinkpol aber wird allmählig zerfressen und muß von Zeit zu Zeit amalgamirt und zuletzt durch einen neuen ersetzt werden. Das bekannte Meidinger'sche Element ist eine Abart des Daniell'schen Elementes, die Flüssigkeiten befinden sich hier nicht in einander, wozu eben die poröse Zelle nöthig ist, sondern eine, die verdünnte Schwefelsäure, steht über der anderen der Kupfervitriollösung. Hier bildet der Kupferpol eine Spirale, der Zinkpol einen Cylinder. Die Grove'schen Elemente enthalten im äußeren Gefäß verdünnte Schwefelsäure, in der porösen Zelle Salpetersäure, in jene taucht ein Zinkcylinder, in diese ein Platinblech. Im Bunsen'schen Element ist das Platinblech durch ein Stück sogenannte Retortenkohle ersetzt, welche in besonderer Weise präparirt ist. In einer Abart dieser Elemente befindet sich in der porösen Zelle eine Mischung von verdünnter Schwefelsäure und chromsaurem Kalium. Das Leclanché'sche Element hat gleichfalls Zink und solche Kohle zu Polen, jedoch im äußeren Gefäß eine Lösung von Chlorammonium (Salmiak), in der porösen Zelle Mangansuperoxyd (Braunstein). Außer diesen bekanntesten giebt es noch eine erhebliche Anzahl anderer Elemente.

b) Polarisation, Accumulatoren.

424. Hier ist auch der Ort von den sogenannten Sekundärbatterien oder Accumulatoren einiges zu bemerken. Thut man in ein Glas mit Wasser zwei sich gegenüberstehende Bleche von gleichem Metall, z. B. Platin, und verbindet diese durch je einen Draht mit je

einem der Pole eines Elements, so fließt der elektrische Strom durch das Wasser und zerlegt dieses, wie schon bemerkt, in Wasserstoff und Sauerstoff, die sich an den Blechen in Bläschen ansammeln. Löst man sodann die Drähte von den Polen des Elements und bringt ihre so befreiten Enden mit einander in Verbindung, so als ob das Glas mit Wasser selbst ein Element wäre, so zeigt sich in der That im Draht ein Strom, der sonst nicht vorhanden sein könnte, weil die Bleche aus gleichem Metall bestehen. Dieser Strom hat die entgegengesetzte Richtung, wie der Strom, der aus dem Element kam und das Wasser durchfloß. Er heißt der Polarisationsstrom und die Bleche heißen polarisirt. Auch er zerlegt das Wasser. Da er die entgegengesetzte Richtung hat, so lagert er an demjenigen Blech Sauerstoff ab, wo jener Strom Wasserstoff hinführte und am anderen Wasserstoff, den jener mit Sauerstoff bedeckt hat. Es finden sich also nunmehr an jedem Bleche Wasserstoff und Sauerstoff, diese verbinden sich zu Wasser und die Bleche werden wieder frei. Sobald das geschehen ist, ist auch der Polarisationsstrom verschwunden, und alles hat seinen früheren Zustand wieder erreicht. Hier ist die Veränderung der Elektroden eine mehr äußerliche, in anderen Fällen bewirkt der Strom durch die angelagerten Theile des Elektrolyts eine chemische Veränderung derselben, wodurch noch größere elektrische Gegensätze geschaffen werden können.

425. Vorrichtungen, welche in dieser Weise Polarisationsströme geben, heißen Sekundärbatterien oder Accumulatoren. Die Bedeutung des ersteren Namens ist klar, der letztere kommt dieser Vorrichtung deshalb zu, weil es den Anschein hat, als ob diese Vorrichtungen in sich Electricität aufgespeichert haben. Thatächlich ist nichts weiter eingetreten als eine Veränderung an ihren Elektroden, wodurch diese in einen elektrischen Gegensatz zu einander getreten sind, der durch den Polarisationsstrom allmählig wieder ausgeglichen wird. Die in Gebrauch befindlichen Accumulatoren haben verdünnte Schwefelsäure als Flüssigkeit, und Platten, welche aus oxydirtem Bleischwamm bestehen, als Elektroden. Läßt man einen Strom durchziehen, so lagert sich an einer Platte, durch Elektrolyse der Schwefelsäure, Wasserstoff ab, welcher dem Dryd Sauerstoff entzieht, um Wasser zu bilden, und diese Platte dadurch in Bleischwamm zurückführt. An der anderen Platte stellt sich der Sauerstoff ein und oxydirt sie noch mehr, sie geht in Bleisuperoxyd über. Das ist die Ladung des Accumulators. Schaltet man jetzt den Strom aus und verbindet die beiden Platten unmittelbar durch einen Draht, so läuft in ihm ein entgegengesetzter Strom, der Polarisationsstrom; an der Bleischwammplatte tritt der Sauerstoff auf und oxydirt diese, an der Bleisuperoxydplatte lagert sich Wasserstoff, welcher dieser Platte Sauerstoff entzieht und sie in ein Dryd zurückführt. Zuletzt bestehen also beide Platten wieder aus Bleioxyd. Das ist die

Entladung. Wenn beide Platten wieder zu Bleioxyd geworden sind, hört der Strom auf. Man kann den Accumulator an beliebiger Stelle sich entladen lassen und durch den Entladungsstrom jede beliebige Wirkung erzielen. Diese vorstehend beschriebene Einrichtung ist zur Besprechung gewählt, weil man erfahrungsmäßig auf diese Weise die stärksten Entladungsströme und dauerhaftesten Apparate bekommt.

Selbstverständlich polarisiren sich auch die gewöhnlichen Elemente durch ihren eignen Strom, sie geben daher nie einen so starken Strom als es zufolge ihrer Beschaffenheit der Fall sein sollte. Doch sind sie darauf eingerichtet sich möglichst wenig zu polarisiren. Regeneriren durch einen Ladungsstrom, wie die vorbebeschriebenen Accumulatoren, lassen sie sich aus hier nicht anzugebenden Gründen nicht.

Namen- und Sach-Register.

- Abbildung durch Brechung** 210 ff.
 — durch Schatten 193.
 — durch Spiegelung 200 ff.
Absorption 18.
 — der Gase 18.
 — des Lichtes 226 ff.
Achat 101.
Achromasie 225.
Acetate 64.
Aceton 67.
Action 147.
Adhäsion 190.
Aequator 168.
 — magnetischer 286.
Aequivalentgewichte 29.
Aether 61.
 — Licht= 245.
 — zusammengesetzte 61.
Aethyläther 61.
Aethylaldehyd 62.
Aethylalkohol 58.
Aethylen (ölbildendes Gas) 54.
Aetzmittel 96.
Affinirungsprozeß 132.
Affinität, chemische 41.
Aggregatzustand 3.
Affomodationsfähigkeit 212.
Akkerde 255 ff.
 — conjoinrende, disjoinrende 255.
Akkumulatoren, elektrische 293. 309.
Akustik 251 ff.
Alaune 116.
Alaunschiefer 116.
Albumine 91.
Albuminoide 92.
Aldehyde 62.
Alfenid 104. 120.
Alizarin 88.
Alkalien 103.
Alkaloide 49. 89.
Alkohole 58 ff.
Alkoholometer 178.
Aluminate 116.
Aluminium 115.
 — kiesel-saures 115.
Amalgame 103.
Ameisen-säure 63.
Amethylen 100. 115.
Amine 62.
Ammoniak 47.
Ammonium 47. 110.
Ampère 300.
Amphidalin 79.
Analyloid 77.
Analysator 236.
Analysen, chemische 36.
Anatas 124.
Aneroide 181.
Anhydrit 112.
Anilin 87.
Anilinfarben 88.
Anilindöl 88.
Anlassen 118.
Anthracen 87.
Antimon 98.
 — =glanz 99.
Antiseptisch 38.
Anziehung, allgemeine 184 ff.
Apatit 113.
Apfelsäure 68.
Aquavite 82.
Aräometer 178.
Arbeit 143.
 — Erhaltung der 144.
 — innere, äußere 280.
 — Leistung 144.
Archimedes 159.
Archivfilogramm 133.
Archivmeter 133.
Argentan 120.
Aragonit 112.
Arjen 99.
Arjenit 99.
Asbest 114.
Asparaginsäure 68.
Asphalt 58.
Astronomie 185.
Atmosphärendruck 22.
Atome 40.
Atomgewichte 29.
Atropin 90.
Auftrieb 176.
Augapfel 211 ff.
Auge 211.
Augit 101. 114.
Auripigment 99.
Ausdehnungscoefficient 266.
 — kubischer 266.
 — linearer 266.
Auslösung von Kräften 138.
Avogadro'sches Gesetz 40.
Aren 7.
Balnik 183.
Balsam 83.
Barometer 180.
Barium 110.
 — Chlor= 111.
Baryt 110.
 — =gelb 111.
 — =kohlen-sauer 110.
 — =schwefel-sauer 110.
 — =wasser 110.
 — =weiß 110.
Basen 42.
Batterien, elektrische 307.
Beizen 84.
Beleuchtung 197.
Benzine 57.
Benzoesäure 70.
Benzoesäure 69.
Benzol 87.
Bergkristall 100. 239.
Verfärbung 119.
Bernstein 83.
Bernsteinsäure 68.
Beryll 114.
Beryllium 114.

- Bechlagen 277.
 Beschleunigung 162.
 Bessmer-Prozeß 118.
 Betain 91.
 Beugung des Lichts 250.
 — des Schalls 257.
 Beugungsgitter 251.
 Bewegung 160.
 — beschleunigte 162.
 — drehende 161.
 — fortschreitende 161.
 — Richtung der 161.
 — schwingende 161.
 — Stärke der 161.
 — verzögerte 162.
 Bier 80.
 — =Maische 81.
 — obergähriges 81.
 — untergähriges 82.
 — Würze 81.
 Bilder, reelle 196.
 — virtuelle 196.
 Bittererde 113.
 Bittermandelöl 79.
 Bittersalz 113.
 Bitterspath 114.
 Blausäure 49. 79.
 Blei 124.
 — =baum 125.
 — =erze 124.
 — =glätte 125.
 — =glanz 125.
 — =oxyd 125.
 — =vitriol 126.
 — =weiß 125.
 — =zucker 126.
 Bleichfalk 112.
 Bleichromat 121.
 Bleistifte 52.
 Blinder Fleck 212.
 Blitz 289.
 Blitzableiter 292.
 Blutlaugensalz 108.
 Blutstein 119.
 Bogenlampen 297.
 Bor 98.
 — =säure 98.
 Boracit 114.
 Borax 98.
 Bouteillen 101.
 Boyle'sches Gesetz 18.
 Brauntwein 60.
 — =Reinigungsanstalten 59.
 Braunkohle 51.
 Braunstein 122.
 Brausefimonade 69.
 Brechnüsse 90.
 Brechweinstein 69.
 Brechung des Lichts 206 ff.
 Brechung, diffuse 206.
 — Doppel= 230 ff.
 — Gesetze der 206 ff.
 — reguläre 206.
 Brechungsquotient 207.
 Brausepulver 69.
 Breite, geographische 168.
 Breitenreife 168.
 Brennen 51.
 Brennfläche 205.
 Brenngläser 219.
 Brennlinie 205.
 Brennpunkt 203. 219.
 Brennweite 219.
 Brillen 213.
 Britanniametall 99.
 Brom 95.
 Bromoform 62.
 Bronze 103.
 Bunsen, Robert 227.
 Busfolen 286.
 Butter 65.
 — =Kunst= 65.
 — =säure 64.
 Butyrin 65.
 Caffein 69.
 Camera obscura 215.
 Carnot'sches Princip 282.
 Casein 76.
 Celluloid 77.
 Cellulose 76.
 Celsius 265.
 Cement 112. 115.
 Centigrade 265.
 Centrifugalkraft 164.
 Cer 115.
 Chemie 25 ff.
 — =allgemeine 26 ff.
 — =anorganische 27.
 — =Gesetze der 28 ff.
 — =organische 26.
 — =physiologische 37.
 — =specielle 42 ff.
 Chinin 90.
 Chlor 94.
 — =calcium 94.
 — =calium 94.
 — =Knallgas 95.
 — =magnesium 94.
 — =natrium 94.
 — =wasserstoff 94.
 Chloral 62.
 Chloroform 62.
 Chrom 121.
 — =farben 121.
 Chrysoberyll 114. 116.
 Cider 80.
 Citronensäure 69.
 Clausius 282.
 Cochonille 84.
 Cofain 91.
 Colloidium 77.
 Colloidin 77.
 Communicirende Röhren 179.
 Condensatoren, elektrische 293.
 Coniferin 79.
 Cremor tartari 68.
 Crèmes 82.
 Curcuma 87.
 Cyan 49.
 Cyanin 89.
 Cyanäthium 108.
 Dampfspannung 274.
 — =tension 274.
 Dämpfe 18 ff.
 — gesättigte 271.
 — hochgespannte 275.
 — überhitzte 271.
 Deffination 285.
 Denaturirung 60.
 Destillation 3.
 — =fractionirte 4.
 — =trockene 4.
 Dextrin 78.
 Dextrose 71.
 Diamagnetismus 294.
 Diamant 51.
 Diastase 94.
 Didymium 115.
 Dichte, Dichtigkeit 23.
 Diffusion 14.
 Diffusionsverfahren 74.
 Digitalin 79.
 Dispersion 222 ff.
 — =Rotations= 237.
 Disjociation 280.
 Dividivi 70.
 Dolomit 114.
 Donner 289.
 Doppelbrechung des Lichts 230 ff.
 Doppelsalze 106.
 Drehung der Polarisationsebene 236 ff.
 — durch besondere Substanzen 236 ff.
 — durch Brechung 236.
 — durch Reflexion 236.
 — =Gesetze der 240.
 — =magnetische 285.
 — =optische 236.
 Drehungsvermögen 236.
 Druck 166.
 — =kritischer 278.

Druckmessung 180.
Druckerschwärze 57.
Durchsichtigkeit 206.
Dynamik 160.
Dynamit 67.
Dynamomaschine 303.

Ebonit 83.
Echo 257.
Eisen 116 ff.
— =Erz 118.
— =glanz 119.
— =Guß= 117.
— =mennige 119.
— =ofer 119.
— =oxyde 118 ff.
— =Schmiede= 117.
— =Stab= 117.
Eispunkt 264.
Eiweiß 91.
Eiweißstoffe 91.
Elasticität 8.
Elasticitätscoefficient 9.
Elektrische Kräfte 283 ff.
— =Anziehung, =Abstoßung 283. 291.
— =Induction 301 ff.
— =Influenz 290 ff.
Elektricität, Arten 284.
— =Ausbreitungsbestreben 289 ff.
— =Beweglichkeit der 288 ff.
— =Gesetz der Wirkung 284.
— =Strömen der 295.
Elektrifiren 287.
Elektroden 307.
Elektrolyse 37. 297.
Elektrolyte 298.
Elektrometallurgie 37. 298.
Elektromotorische Kraft 296. 307.
Elektrotechnik 303.
Elektrotherapie 304.
Element von Daniell 308.
— =Bunjen 308.
— =Grove 308.
— =Veclanché 308.
— =Weidinger 308.
Elemente 26.
— =aktive, =inaktive 43.
— =elektrische 306.
— =Tabelle der 30. 31.
Elmsfeuer 290.
Emaile 101. 124.
Energie 142.
— =aktuelle 142.
— =Erhaltung der 144.
— =potentielle 143.
Englischroth 119.

Entladung, elektrische 288.
Erbium 115.
Erde 115.
— =Ofer= 116.
— =Porzellan= 115.
— =Siegel= 115.
— =Sienische= 116.
— =Thon= 115.
— =Walf= 116.
Erden, alkalische 110.
— =kaustische 110.
Erdmagnetismus 285 ff.
Erdöle 56.
Erdwachs 58.
Erstarrung 3.
Erstarrungspunkt 264.
Erze 102.
Eßig 63. 64.
— =äther 64.
— =sprit 64.
— =säure 63.
Ester 61.
Fäulnißerreger 35.
Fahrenheit 265.
Fallgesetze 181 ff.
Faraday 306.
Farben 84 ff.
— =abweichung 225.
— =Komplementär= 224.
— =empfindliche 238.
— =Pflanzen= 85 ff.
— =physikalische 251.
— =Theer= 88.
— =Thierische 84.
— =zerstreuung 222.
— =zusammenziehung 222.
Fata Morgana 210.
Fehling'sche Lösung 72.
Feld, elektro = magnetisches 305.
Feldspath 101. 116.
Fermente 35.
Fernkraft 139.
Fernrohre 216.
— =astronomische 216.
— =terrestriische 217.
Fernsprecher 303.
Ferrocyankalium 119.
Festigkeit 9. 10.
Fette 65.
Fibrin 93.
Finsternisse 193.
Firnisse 82.
Fixsterne 187.
Fliegengift 99.
Fluor 95.
Fluorescenz 228.
Flußsäure 96.

Flußspath 95. 113.
Fraunhofer 227.
— =Linien 227.
Fresnel 251.
Frißchproceß 117.
Funken, elektrische 289.
Fußelöl 60.
Gährungserreger 35.
Gährungserscheinung 35. 81.
Galilei 184.
Gallussäure 70.
Galmei 114.
Galvani 299.
Galvanismus 299.
Galvanometer 301.
Galvanoplastik 37. 298.
Gase 18 ff.
— =permanente 278.
Gay-Lussac'sches Gesetz 267. 283.
Gefrierpunkt 264.
Gefrierung 3.
Gefrierkalz 47.
Gemenge 25.
Geographie, physikalische 169.
Geräusch 251.
Gerberei 92.
Gerb säuren 70.
Gerbstoffe 70. 92.
Gesichtswinkel 214.
Gespinntererscheinung 205.
Gespinnstfasern 77.
Geschwindigkeit 161.
Gesteine, bituminöse 58.
Gestirne 185.
— =Bewegung 187.
— =Drehung 188.
— =Entfernung 186.
Gewicht 22.
Gewitter 289.
Gewichtsprocente 60.
Gewichtsverlust in Luft und Wasser 176 ff.
Gips 112.
— =abgüße 112.
Glas 101.
— =Wasser= 101.
Glastörper 211.
Glasur 126.
Glaubersalz 109.
Gleichgewicht 156.
— =der Flüssigkeiten und Gase 175 ff.
Glimmer 116.
Glühlampen, elektrische 297.
Glukoside 78.
Glutin 92.

Glykose 71.
 Glycerin 64. 67.
 Gneis 101. 116.
 Gold 132.
 — Blatt= 132.
 — Knall= 133.
 — =purpur 133.
 — =säure 132.
 — =salz 133.
 — Talmi= 132.
 Granat 101. 116.
 Granit 101. 116.
 Graphit 52.
 Graupießglanzerz 99.
 Gravitation, allgemeine
 184 ff.
 — Gesetz der 184.
 Grünspan 64. 127.
 Guanin 69.
 Guano 69. 113.
 Gummi 83.
 — vulkanisiert 83.
 — Hart= 83.
 Gutta serena 83.

G
 Gaarröhrenkraft 12.
 Gaarterne 187.
 Härte 8.
 Hagel 276.
 Halogene 94.
 Haloidsalz 105.
 Harnsäure 69.
 Harnstoff 69.
 Harze 82.
 — Schleim= 83.
 — Weich= 83.
 Hausmannit 122.
 Hebel 154.
 — =arme 154.
 — Gleichgewicht am 159.
 Heße 59. 80 ff.
 Helmholz, Hermann 257.
 306.
 Herz, Heinrich 305.
 Himmelskörper 185. 226.
 Himmelskünde 186.
 Hintergrund 196.
 Hirschhornsalz 47.
 Höfe 221.
 Hören 252.
 Hoffmannstropfen 61.
 Holzgeist 60.
 Hopfen 80.
 Horizont 169.
 Hornblende 101. 114.
 Hornhaut 211.
 Hornstoff 93.
 Hüttenprozeß 102.
 Huyghens 251.

Hyacinth 124.
 Hydrate 44.
 Hydrogyl 61.
 Hygrometer 277.
 Hygroscopie 11.

I
 Iet 52.
 Indican 79.
 Indigblau 79.
 Indigo 85.
 Indium 123.
 Induktionsapparate 304.
 Induktionslinien 305.
 Infusorienerde 101.
 Inklination 286.
 Inosit 73.
 Intensität 286.
 Interferenz des Lichts 249.
 — des Schalls 256.
 Intervalle 253.
 Inversion 73.
 Iod 95.
 — =präparate 95.
 Iodoform 62.
 Ionen 298.
 Joule 281.
 Iridium 134.
 Iris 211.
 Irsterne 187.
 Isolatoren, elektrische 288.
 — Wärme= 262.

K
 Kadmium 113. 115.
 — =Präparate 115.
 Kälteempfindung 258.
 — =mischung 259.
 Käsestoff 76. 91.
 Kaffee 69.
 Kalinit 114.
 Kalcium 111.
 — Chlor= 112.
 Kaleidioskop 205.
 Kali 107.
 — =lauge 107.
 — =salpeter 107.
 — übermanganjaures 122.
 Kalium 107.
 — Brom= 108.
 — Cyan= 108.
 — =carbonat 107.
 — weinjaures 68.
 Kalk 111.
 — Kleg= 111.
 — Chlor= 112.
 — hydraulischer 112.
 — kohlenjaurer 112.
 — =licht, Drummond'sches
 50.
 — =milch 111.

Kalk, phosphorsaurer 113.
 — schwefelsaurer 112.
 — =spath 112.
 — =stein 112.
 — Ur= 112.
 — =wasser 111.
 Kalomel 129.
 Kalorie 258.
 Kaolin 115.
 Kapillarität 12.
 Kapillaritätscoefficient 12.
 Karamel 73.
 Karbolsäure 87.
 Karminroth 79. 85.
 Karminsäure 79. 85.
 Karnallit 114.
 Kasselergelb 126.
 Katalytische Wirkung 133.
 Kaustik 83.
 Kermet 85.
 Kerosene 57.
 Kesselexplosion 275.
 Kilogrammometer 143.
 Kirchhoff, Robert 227. 251.
 Kiesel 100.
 — =erde 100.
 — =guhr 101.
 Kieserit 114.
 Kiste 83.
 Klärjel 75.
 Klang 251 ff.
 — =farbe 256.
 Kleeber 91.
 Kleeensäure 68.
 Kleejalz 68.
 Kleiter 77.
 Kleist'sche Fläiche 293.
 Knallgas 50.
 Knochen 113.
 — =erde 113.
 — =mehl 113.
 Kobalt 120.
 — =farben 120.
 — =glanz 120.
 — =peise 121.
 Kochpunkt 265.
 Kochsalz 94. 110.
 Königsgelb 122.
 Königswasser 46. 132.
 Körper, feste 3.
 — amorphe 5.
 — dampfförmige 3.
 — flüchtige 3.
 — flüchtige 4.
 — gasförmige 3.
 — kristallinische 5.
 — neutrale 42.
 — organisierte 5.
 — polymorphe 6.

Körper, weiche 3. 8.
 Kohäsion 189.
 Kohlehydrate 70.
 Kohlenoxydgas 52.
 Kohlenäure 52.
 Kohlenstoff 51.
 Kohlenwasserstoffe 53.
 — aromatische 55.
 Kometen 187.
 Kompensator 241.
 Kompressionspumpen 20.
 Kondensation 3.
 Kondiktoren 288.
 Konjerven 38.
 Konsonanten 257.
 Kontaktelektricität 307.
 Kontaktwirkung 133.
 Kontraktion 59.
 Kontrastwirkung 224.
 Kopernikus 188.
 Korallen 112.
 Korund 115.
 Kräfte, Zerlegung der 149.
 — Darstellung der 150.
 — Gleichgewicht der 156 ff.
 — Mittelpunkt der 156.
 — Moment der 154.
 — =paar 156.
 — Parallelepipet der 153.
 — Parallelogramm der 152.
 — Zusammensetzung der 149.
 Kraft 138. 164.
 — Angriffspunkt 139.
 — Centrum 139.
 — Erhaltung der 142 ff.
 — =fläche 140.
 — Größe 141.
 — innere, äußere 148.
 — lebendige 165.
 — =linien 140. 304.
 — Richtung 140.
 — =wirkungen, Gesetze der 144 ff.
 Kraftübertragung, elektrische 303.
 Krapp 86.
 Kreide 112.
 Kryolith 116.
 Krytalle 5.
 — einaxige 231.
 — zweiaxige 232.
 Krytallographie 5.
 Krytallwasser 106.
 Kupfer 126.
 — =farben 127.
 — =glanz 128.
 — =kies 128.
 — =nickel 120.

Kupferschwärze 127.
 — =vitriol 127.
 Kurzsichtigkeit 213.
 Kyanisiren 129.
 Lachgas 46.
 Lacke 83.
 Lachmus 87.
 Lactate 68.
 Ladung, elektrische 288.
 Länge, geographische 168.
 Längentreife 168.
 Läbuloſe 71.
 Lanthan 115.
 Lapisstein 116.
 Laugen 106.
 Laurin 65.
 Lebendige Kraft 165.
 Leder 92.
 Legirungen 103.
 Legumin 92.
 Lehm 115.
 Leidener Flasche 293.
 Leim 92.
 Leiter, elektrische 288.
 — Wärme= 260.
 Leitungsvermögen elektrisches 288.
 Lenz'sches Gesetz 302.
 Leuchtgas 50.
 Leuchtöle 57.
 Leuchtthürme 204.
 Libellen 15.
 Licht 190 ff.
 — =ausbreitung 192 ff.
 — elektrisches 289.
 — =geschwindigkeit 197.
 — natürliches 232.
 — polarisiertes 232.
 — =quellen 190.
 — =strahlen 195.
 Lichte 60. 82.
 Linse des Auges 211.
 Linsen, optische 218.
 — =Aren von 219.
 — =Bilder durch 219 ff.
 — =Sammel= 220.
 — =systeme 221.
 — =Zerstreuung= 219.
 Lithium 110.
 Lösung 18.
 Lotrichtung 169.
 Luft 21 ff.
 — =druck 22. 180.
 — =höhe 181.
 — =zusammensetzung 21.
 Luftpumpen 20.
 Luftthermometer 265.
 Lupen 215.

Maassheiten 133.
 Magnesia 113.
 Magnesium 113.
 — Chlor= 114.
 — kohlenſaures 113.
 — ſchwefelſaures 113.
 Magnete 121. 283.
 — Elektro= 303.
 — natürliche, künstliche 287.
 — temporäre, permanente 287.
 Magnetereisenstein 119.
 Magnetische Kräfte 283 ff.
 — Anziehung, Abstoßung 283. 294.
 — =Influenz 293 ff.
 — =Induktion 302.
 Magnetisiren 284.
 Magnetismus, Arten 284.
 — der Erde 285 ff.
 — Gesetz der Wirkung 284.
 — Unbeweglichkeit des 293.
 Maitche 59.
 Malachit 127.
 Mangan 122.
 — =blende 123.
 — =glanz 123.
 — =oxyd 122.
 — =spath 122.
 Manna 71.
 Mannit 70.
 Manometer 180.
 Margarin 65.
 Marienglas 112.
 Mariotte'sches Gesetz 18. 283.
 Marmor 112.
 Masse 22. 138.
 Massicot 125.
 Materie 22.
 Maxwell 306.
 Mayer, Julius Robert 142. 281.
 Mechanik 160.
 Mechanisches Wärmeäquivalent 281.
 Meerſchaum 114.
 Melasse 71. 75.
 Meniskus 12.
 Mergel 116.
 Meridiane 168.
 Merkaptane 61.
 Messing 104.
 Metalle 43. 102 ff.
 — edle 128.
 — Eigenschaften 102.
 — Verbindungen 103 ff.
 Metalloide 43.
 Metalloxyde 104.
 Metallſalze 105.

Metallurgie 103.
 Mikroskope 217.
 Milch 66.
 Milchsäure 67.
 Minette 119.
 Mischung 17.
 Mißweisung 285.
 Mörtel 111.
 Molekel 40.
 Molybdän 123.
 Monde 186.
 Mondfinsterniß 193.
 Morphinum 90.
 Most 80.
 — koncentrirt 80.
 — pasteurisirt 80.
 Muscheln 112.
 Nisungold 124.
Naphtha 57.
 Naphthalin 87.
 Natrium 108.
 — doppeltkohlen-säures 109.
 — -saronat 109.
 — schwefel-säures 109.
 Natron 108.
 — -lauge 108.
 — -salpeter 109.
 Naturenscheinung 160.
 Nebel 275.
 Nestgil 58.
 Negativ 229.
 Neigung 286.
 Neghaut 211.
 Neumann 251.
 Neusilber 104. 120.
 Newton 148. 184.
 Newton'sche Farbenringe 249.
 Nichtleiter, elektrische 288.
 — Wärme= 262.
 Nichtmetalle 43.
 Nickel 120.
 — -kies 120.
 Nikol'sches Prisma 235.
 Nikotin 89.
 Niobium 124.
 Nitroglycerin 48. 67.
 Niveaufläche 140.
 Niveaulinie 140.
 Nordpol der Erde 168.
 — magnetischer 285.
 Normaltemperatur 269.
 Normalzuckerlösung 242.
 Nullpunkt 264.
 — absofuter 282.
Oberfläche 11.
 Obertöne 256.

Objektive 215.
 Oktave 253.
 Okulare 215.
 Oele, aromatische 70.
 — ätherische 82.
 — fette 65.
 — wohlriechende 66. 82.
 Oelgas 64.
 Oelkuchen 65.
 Oelsäure 64.
 Oel süß 64.
 Oerstedt 301.
 Ohm'sches Gesetz 296.
 Ohr 257.
 Olein 65.
 — -säure 64.
 Oleum 97.
 Olivin 114.
 Opertglas 216.
 Opium 89.
 Optik 190 ff.
 Orseille 86.
 Oscillation 161.
 Osmium 134.
 Osmoje 74.
 Oxalate 68.
 Oxalsäure 68.
 Oxide 45.
 Oxidation 44.
 Ozokerit 58.
 Ozon 45.
Packfong 120.
 Palladium 134.
 — -chlorür 134.
 Palmitin 65.
 — -säure 64.
 Papin'scher Topf 275.
 Paraffine 55.
 Paraldehyd 62.
 Parfumes 82.
 Pariserroth 126.
 Partialdrucke 21.
 Partialtöne 256.
 Patronen 108.
 Pech 57. 58.
 Pektinstoffe 78.
 Pempel 183.
 Pepsin 93.
 Peptone 93.
 Pergament 93.
 — -papier 77.
 Perlen 112.
 Perlmutter 112.
 Perpetuum mobile 146.
 Petroleum 56.
 — -produkte 57.
 Pflaster 67.
 Phage 246.

Phenol 87.
 Phosphor 99.
 Phosphorescenz 228.
 Phosphorsäure 100.
 Photographie 228 ff.
 Photometer 191.
 Pikrinsäure 88.
 Pinnsalz 124.
 Planeten 187.
 Platin 133.
 — -moor 133.
 — -salmiak 134.
 — -schwamm 133.
 Polarisation 232. 247.
 — durch Brechung 234.
 — durch Doppelbrechung, 234.
 — elektrische 308.
 — durch Reflexion 234.
 Polarisationäpparate 241 ff.
 Polarisationsebene 233.
 Polarisationström 309.
 Polarisationswinkel 233.
 Polarisorator 236.
 Polarisirende Prismen 236.
 Polarlicht 297.
 Pole, astronomische 168.
 — von Elementen 307.
 — magnetische 285.
 Polirroth 119.
 Polybasit 131.
 Pomaden 66. 82.
 Porphyr 116.
 Porzellan 115.
 Positiv 229.
 Pottasche 107.
 Prisme 254.
 Proteinstoffe 91.
 Psychrometer 277.
 Ruddleproceß 118.
 Pupille 211.
 Pyridin 89.
 Pyridinbasen 89.
Quarte 254.
 Quarz 100.
 Quecksilber 129.
 — Zungfern= 129.
 — Knall= 130.
 — -oxyde 124.
 — -präcipitat 129.
 — -hornerz 129.
 Quercitrin 79.
 Quartation 132.
 Quinte 254.
 Quotient 243.
Radikal 61.
 Radius der Erde 168.

- Raffinose 76.
 Rahm 66.
 Randwinkel 13.
 Rataffias 82.
 Raumgehalt 23.
 Reaktion 147.
 Reagentien 38.
 Realgar 99.
 Reaumur 265.
 Reduktionsmittel 103.
 Reflexion des Lichts 198.
 — diffuse 199.
 — Gesetze der 199 ff.
 — reguläre 199 ff.
 — totale 206.
 Refraktion 206 ff.
 Regen 276.
 Regenbogen 222.
 Regenbogenhaut 211.
 Regulus 102.
 Reißlänge 9.
 Resonanz 257.
 Retina 211.
 Rhodium 134.
 Riechsalz 47.
 Röhren 103.
 Roje's Metall 128.
 Rosirsalz 124.
 Röhren 44.
 Rotationsdispersion 237.
 Rubin 115.
 Ruthenium 134.
 Rutil 124.

S
 Sacharimetrie 76.
 Sacharose 73.
 Safflor 120.
 Säuren 42.
 — fette 62.
 Sago 78.
 Sahne 66.
 Salben 66.
 Salicylsäure 70.
 Calmiaf 48.
 Calmiafgeist 47.
 Salpeter 108.
 Salpetersäure 46.
 — concentrirte 46.
 — rauchende 47.
 Salze 42. 105.
 — Abraum= 94.
 Salzblüthen 43.
 Salzsäure 94.
 Sand 101.
 — stein 101.
 Saphir 115.
 Sauerstoff 21. 43.
 Schalen 112.
 Schall 251.
 Schallgeschwindigkeit 252.
 — =schwingungen 252.
 — =stärke 253.
 — =wellen 252.
 Schaltung elektrischer Ele-
 mente 307.
 Schatten 192 ff.
 — =regel 192.
 — =riß 193.
 Scheidewasser 46.
 Scheitelrichtung 169.
 Schießbaumwolle 77.
 Schießpulver 108.
 Schießstoffe 48.
 Schladen 103.
 Schlagzilber 123.
 Schleim 78.
 Schlempe 59.
 Schmalz 66.
 Schmelzung 3. 270 ff.
 Schmelzwärme 272.
 Schmieröle 57.
 Schminke 86.
 Schminkeweiß 128.
 Schnee 276.
 Schnellloth 104.
 Schriftez 133.
 Schriftgießmetall 99. 104.
 Schwefel 96.
 Schwefeleisen 120.
 — =fies 120.
 — =leber 108.
 Schweflige Säure 97.
 Schwefelkohlenstoff 97.
 Schwefelsäure 97.
 — Englische 97.
 — Nordhäuser 97.
 — rauchende 97.
 Schwefelwasserstoff 98.
 Schweinfurtergrün 64. 127.
 Schwerkraft der Erde 167 ff.
 — Allgemeine 184 ff.
 — Mittelpunkt der 172 ff.
 — Richtung 170.
 — Vertheilung 170.
 Schwerpunkt 156. 171 ff.
 — Auffindung 172.
 — tiefste Lage 172.
 Schwimmen der Körper 178.
 Schwimmer der Alkohol-
 messer 176.
 Schwingungen 161.
 — transversale 245.
 — longitudinale 252.
 Sekundärbatterien 309.
 Sehnerv 211.
 Sehweite 213.
 Seide 93.
 — künstliche 77.
 Seifen 61. 66.
 Seignettealz 69.
 Sekunde 254.
 Selen 98.
 Senkungstiefe 13.
 Septime 254.
 Serpentin 114.
 Serze 254.
 Sichtbarkeit 195.
 Siedepunkt 265.
 Silber 130.
 — Brom= 131.
 — Chlor= 131.
 — =erze 131.
 — =glanz 132.
 — =horn= 131.
 — =Jod= 131.
 — =Kraut= 131.
 — =salpeter 131.
 — =schwärze 132.
 Silicium 100.
 Sulfate 101. 116.
 Sufiotikon 215.
 Sinaragd 114.
 Snellius' Gesetz 209.
 Soda 109.
 Sonnenfinsterniß 193.
 Sonnensystem 187.
 Spannung, elektrische 289.
 — der Dämpfe 274.
 Spannungsgefeß, Volta'sches
 307.
 Spezifisches Gewicht 23.
 Speckstein 114.
 Spektalanalyse 225.
 Spektroskop 224.
 Spektrum 223. 225.
 Spiegel 101. 199 ff.
 — Beleuchtungs= 204.
 — ebene 201.
 — frumme 203.
 — =Teleskope 204.
 Speißglang 98.
 Sprengstoffe 48.
 Spinell 116.
 Spitzenwirkung 290.
 Stärke 77.
 — =mehl 78.
 — =zucker 71.
 Statif 160.
 Stahl 118.
 Staniol 123.
 Staßfurt 114.
 Stearin 65.
 Stearinsäure 64.
 Steighöhe 13.
 Steinkohle 51.
 Sternschnuppen 186.
 Stickstoff 21. 45.

Stimmung temperirte 255.
 Stoß 166.
 Störungen, elektromagne-
 tische 305.
 Strahlen 195. 249.
 — außerordentliche 230.
 — chemische 229.
 — ordentliche 230.
 — polarisirte 233. 247.
 — ultraroth 230.
 — ultraviolet 230.
 — Wärme= 228.
 Strahlkies 120.
 Straß 101.
 Ströme, elektrische 295.
 — elektrodynamische 299.
 — elektrolytische 298.
 — elektromagnetische 300.
 — Induktions= 301.
 — Licht= 297. 304.
 — physiologische 299.
 — Wärme der 297.
 — Wirkung der 296 ff.
 Stromquellen, elektrische
 306 ff.
 Strychnin 90.
 Stuck 112.
 Sublimation 4.
 Sublimat 229.
 Substanz 22.
 Südpol der Erde 168.
 — magnetischer 285.
 Sulfosalze 106.
 Sumach 70.
 Sumpfgas 54.
 Synthese, chemische 36.
 Syrup 71. 75. 76.

T
 Talg 66.
 Talgäure 64.
 Talk 114.
 Tannin 70.
 Tantal 124.
 Telegraphenapparate 303.
 Telegraphiren 301.
 Telephone 303.
 Tellur 98.
 Temperatur 262.
 — absolute 282.
 — Erstarrungs= 273.
 — Gefrier= 273.
 — Kompensation 269.
 — kritische 277.
 — Schmelz= 273.
 — Verdampfungs= 273.
 Terpentinöl 82.
 Terz 254.
 Thallium 128.
 — =glas 128.

Thaupunkt 276.
 Thee 69.
 Theer 58. 64.
 Theildrucke 21.
 Theiltöne 256.
 Theobromin 69.
 Thermoelktricität 306.
 Thermometer 264.
 Thermoströme 306.
 Thon 115.
 Thonerde 115.
 Thonschiefer 101.
 Thran 66.
 Thorium 124.
 Tinkal 98.
 Tinte 70. 121.
 Titan 124.
 — =eisen 124.
 Titrirung 39.
 Töne 251.
 — vernehmbare 257.
 Toluidin 87.
 Toluol 87.
 Tombak 104.
 Tonfarben 256.
 Tonhöhe 253.
 Tonifa 254.
 Tonintervall 253.
 — chromatische 255.
 — diatonische 254.
 — enharmonische 254.
 Tonleiter 253.
 — Dur, Moll 253. 254.
 Tonstärke 253.
 Topas 115.
 Torf 52.
 Torricelli 180.
 Tourenzahl 162.
 Trabanten 187.
 Trägheit 137.
 Translation 161.
 Trauben 80.
 — =säure 68.
 Triglyceride 65.
 Türkis 115.

U
 Ultramarin 116.
 Undulationstheorie 244. 251.
 Undurchdringlichkeit 166.
 Undurchsichtigkeit 206.
 Untersalpetersäure 46.
 Uran 123.
 — =gelb 123.
 — =oxyd 123.
 Ursache 137.

V
 Valenz 39.
 Valeriansäure 64.
 Vanadium 124.

Vasellin 57.
 Ventilation 21.
 Veränderung 137.
 Verbindungen, gesättigte und
 ungesättigte 39.
 Verbindungsgewichte 29.
 Verdampfung 3. 270.
 Verdampfungswärme 272.
 Verdunstung 3. 275.
 Verflüchtigung 4.
 Verflüssigung 3.
 Vergrößerung, optische 216 ff.
 Verjüngung 61. 66.
 Verwandtschaft, chemische 34.
 41.
 Verwitterung 107.
 Verzögerung 162.
 Viskosität 17.
 Vitriolöle 97.
 Vitale 257.
 Volta 307.
 Volumen 23.
 Volumenprocente 60.

W
 Waage 173 ff.
 — Einrichtung 173.
 — Empfindlichkeit 174.
 — hydrostatische 178.
 — Konstanz der 175.
 — Mohr'sche 178.
 — Tragfähigkeit 175.
 Wachse 67.
 Wässrige Flüssigkeit 211.
 Wärme 258 ff.
 — =äquivalent 281.
 — Arbeit durch 279.
 — Arbeits= 262.
 — Atom= 263.
 — Ausdehnung durch 264 ff.
 — Bewegung der 260 ff.
 — empfindung 258.
 — fühlbare 262.
 — =grade 262.
 — latente 262.
 — =leitung 260.
 — =quellen 259.
 — Schmelz= 272.
 — spezifische 263. 281.
 — Strahlung der 261 ff.
 — Verdampfungs= 272.
 Wallrath 67.
 Wässer, destillirte 82.
 Wasser 49.
 Wasserglas 108. 110.
 Wassermörtel 112.
 Wasserstoff 49.
 Wasserwaage 15.
 Wein 79.
 — chaptalisirt 80.

Weinertraft 79.
 — gallifirt 80.
 — Obst- 80.
 — pastenrifirt 80.
 — petiotifirt 80.
 — fcheelfirt 80.
 — verfnitten 80.
 Weingeift 58.
 Weinäuren 68.
 Weinftein 68. 69.
 Weiß 110. 222. 294.
 Weißfichtigfeit 213.
 Wellenbewegung 246.
 Wellenlänge des Lichts 246.
 — des Schalls 252.
 Wellenlehre 244. 251.
 Weltfyftem 187.
 Werthigkeit 39.
 Wetter, fchlagende 54.
 Wetterleuchten 289.
 Widerftand, elektrifcher 289.
 Winde 268.
 Winkelfpiegel 205.
 Wismuth 128.
 — =farben 128.
 — =glanz 128.
 Witherit 110.
 Wolfram 123.

Wolken 275.
 Wood'sches Metall 104.
 Wook 118.
 Wüften 277.

Xanthin 86.

Young 251.
 Yttrium 115.

Zähigkeit 17.
 Zenith 169.
 Zeolith 116.
 Zerftreuungskreis 213.
 Zimmtsäure 70.
 Zink 114.
 — =ajche 114.
 — =blende 115.
 — =blume 114.
 — =chlor 115.
 — =spath 114.
 — =vitriol 114.
 — =weiß 114.
 Zinn 123.
 — =ajche 123.
 — =blech 123.

Zinn, Bruch- 123.
 — =folie 123.
 — =roll- 123.
 — =falze 124.
 — =Stangen- 123.
 — =stein 124.
 Zinnober 129. 130.
 Zirkon 124.
 Zucker 71.
 — Drehung durch 239. 244.
 — =fabrikation 73.
 — =fleisch- 73.
 — =Frucht- 71.
 — =Gerften- 73.
 — =Invert- 71.
 — =Kartoffel- 71.
 — =fouleur 71.
 — =Milch- 73. 76.
 — =Rohr- 73.
 — =Stärke- 71.
 — =Trauben- 71.
 Zuckersäure 69.
 Zündhölzer 108.
 Zündhütchen 108.
 Zug 166.
 Zusammenziehungskoeffi-
 cient 266.
 Zuchtläge 103.