

# Kaufmännisch= chemisches Rechnen

Leichtfaßliche Anleitung  
zur Erlernung der chemisch-industriellen  
Berechnungen für Kaufleute, Ingenieure,  
Techniker, Chemotechniker usw.

Mit Tabellen und Bücherschau

Zum Selbstunterricht und zum  
Gebrauch an Handelsschulen

von

**Dr. phil. nat. Gottfried Fenner**

Chefchemiker des Zentrallaboratoriums  
der Firma Beer, Sondheimer & Co., Frankfurt a. M.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH  
1918



# Kaufmännisch- chemisches Rechnen

Leichtfaßliche Anleitung  
zur Erlernung der chemisch-industriellen  
Berechnungen für Kaufleute, Ingenieure,  
Techniker, Chemotechniker usw.

Mit Tabellen und Bücherschau

Zum Selbstunterricht und zum  
Gebrauch an Handelsschulen

von

**Dr. phil. nat. Gottfried Fenner**

Chefchemiker des Zentrallaboratoriums  
der Firma Beer, Sondheimer & Co., Frankfurt a. M.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1918



ISBN 978-3-662-33520-8      ISBN 978-3-662-33918-3 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-33918-3

Copyright 1918 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg  
Ursprünglich erschienen bei Otto Spamer, Leipzig 1918.



## Vorwort.

Diese kurze Anleitung ist entstanden durch häufige Auseinandersetzungen, die der Verfasser Nichtfachleuten über chemische Fragen zu geben hatte, und dadurch, daß er wiederholt Privatstunden bzw. Lehrkurse auf dem Gebiete der Chemie, besonders der chemischen Rechnungen, Kaufleuten und Ingenieuren zu erteilen hatte.

Das Büchlein enthält vor allem die Rechnungen, die der Kaufmann kennen muß, wenn er in chemischen Fabriken, in Handelshäusern der chemischen Industrie, im Metallhandel, Drogenhandel usw. tätig ist. Aber auch der Techniker und Ingenieur, der keine Gelegenheit hatte, sich eingehender mit Chemie zu befassen, wird bei der Durcharbeitung des kleinen Werkes viel Nutzen haben. Sogar mancher junge Chemiker, der zum ersten Male in die Praxis kommt, wird beachtenswerte Hinweise vorfinden.

Möge die kleine Arbeit in der Zeit des gewaltigen Völkerringens besonders denen von Nutzen sein, die jetzt ihren Beruf wechseln mußten, oder die durch Einberufung von geschultem Personal gezwungen sind, jetzt selbst Rechnungen auszuführen oder nachzuprüfen. Vor allem möchte ich Kriegsbeschädigten die Einarbeitung in das wichtige Gebiet der chemischen Berechnungen möglichst erleichtern. Bisher fehlte es an geeigneten Büchern dieser Art.

Da es unmöglich ist, auf begrenztem Raume alle vorkommenden Fälle zu erörtern, und da die schwierigeren Rechnungen ohne Durcharbeitung rein chemischer Werke nicht verstanden werden können, gab ich nur eine Aus-

wahl von Berechnungen, die jeder erlernen kann auf Grund von Elementarschulkenntnissen. Ich verweise jedoch im Abschnitt Bücherschau auf Werke, die zur weitergehenden Belehrung geeignet erscheinen.

Die Kenntnis der Buchstabenrechnung und Verhältnisrechnung (Proportionen) ist nicht vorausgesetzt und ihre Benutzung vermieden. Nur für den Kundigen sind bisweilen die Buchstabenformeln beigelegt.

Die oft mit Unrecht gefürchteten chemischen Rechnungen werden durchaus allgemeinverständlich dargelegt. Das einzige, was der Leser neu zu lernen hat, oder sich wieder ins Gedächtnis zurückzurufen hat, sind nur die chemischen Symbole und Formeln. Es wird dargelegt, daß es sich dabei keineswegs um neue Rechnungsmethoden handelt, sondern daß mit Hilfe des bekannten Dreisatzes alles durchzurechnen ist. Nur so, wie man bei Kreis- und Kugelberechnungen unbedingt die Zahl  $\pi$  (3,14159 oder etwa  $3\frac{1}{7}$ ) braucht, benutzt man bei chemischen Rechnungen die Atomgewichte der Elemente, die man Tabellen entnimmt, die sich in jedem einschlägigen Lehrbuch, Kalender oder Taschenbuch befinden, und die ebenso auch unser Buch enthält.

Diese und andere Tabellen dienen nur zum Nachschlagen, nicht etwa zum „Auswendiglernen“. Es braucht sich also niemand durch sie abschrecken zu lassen. Zum „Auswendiglernen“ will das Buch überhaupt nicht anregen, sondern nur zum verständnisvollen Rechnen.

Zur Erleichterung der Einarbeitung habe ich durchweg auf wissenschaftliche chemisch-theoretische Begründungen verzichtet. Der Chemiker und der Ingenieur kennt diese sowieso. Für den größten Teil der Leser ist es gleichbedeutend mit der Aufnahme von Ballast, wenn er chemische Theorie erlernen soll, nur um Rechnungen durchzuführen, die auch ohne jene glatt durchführbar sind. Nicht jeder wird bei dem Hasten und Treiben des täglichen Lebens und bei der weitgehenden notwendig gewordenen

Arbeitsteilung seine Kenntnisse genügend vertiefen können. Sollte das Büchlein nichtsdestoweniger zahlreiche Leser zur Durcharbeitung anderer Bücher anregen, um so besser!

Ich glaube, ohne mir den Vorwurf der Oberflächlichkeit zu machen, meinen Zweck erfüllt zu haben, wenn ich eine, rein rechnerisch betrachtet, gründliche Einführung gebe. Sogar die Fachgenossen mögen einsehen, daß nur Ersparnis an Arbeitszeit erstrebt wird, im übrigen aber darauf hingearbeitet ist, das Verständnis der Nichtchemiker für chemische Rechnungen und für die Beurteilung der Analysenergebnisse zu vermehren, soweit dies auf dem angedeuteten Wege möglich ist.

Etwaige Wünsche und Anregungen betreffend Erweiterung oder Verbesserung sind stets willkommen.

Herrn Dr. Rothschild danke ich für seine Mühewaltung bei der Durchsicht herzlich.

Bad Homburg v. d. H., Dezember 1917.

**Der Verfasser.**

## Inhaltsverzeichnis.

|  | Seite |
|--|-------|
| Vorwort. . . . .   | 3     |
| Chemisch-kaufmännisches Rechnen . . . . .  | 3     |
| I. Unmittelbare Anwendung bürgerlicher Rechnungsarten . . . . .                                      | 9     |
| 1. Der Dreisatz als allgemeine Ansatzform . . . . .  | 9     |
| 2. Gewinn- und Verlustrechnung . . . . .   | 12    |
| 3. Prozente im nassen und im trockenen Material . . . . .  | 13    |
| 4. Prozente im geglühten und im ungeglühten Material . . . . .                                       | 15    |
| 5. Weiteres über Prozente im nassen und trocknen Material . . . . .                                  | 17    |
| 6. Der Prozentrechnung ähnliche Rechnungsarten . . . . .   | 20    |
| 7. Mischungsrechnung. . . . .  | 21    |
| 8. Über Genauigkeit von Zahlenangaben . . . . .  | 25    |
| 9. Durchschnittswerte mehrerer Analysen . . . . .  | 25    |
| II. Die chemischen Rechnungen und Bezeichnungen . . . . .  | 28    |
| 1. Symbole und Atomgewichte . . . . .  | 28    |
| 2. Molekulargewicht. . . . .   | 31    |
| 3. Verbindungen von Molekeln . . . . .   | 36    |
| 4. Chemische Gleichungen . . . . .   | 38    |
| 5. Empirische Faktoren . . . . .   | 45    |
| 6. Wertigkeit . . . . .  | 46    |
| 7. Säuren, Basen, Salze . . . . .  | 50    |
| 8. Ältere Benennungen von Säuren, Basen und Salzen . . . . .   | 53    |
| 9. Ionen und Berechnung bei Totalanalysen . . . . .  | 57    |
| 10. Berechnung für ein in mehreren Verbindungsformen in einer Substanz vorhandenes Element . . . . . | 62    |
| 11. Berechnung bei Ersatz von Chemikalien durch andere . . . . .                                     | 64    |
| 12. Benennungen der Chemikalien . . . . .  | 67    |
| 13. Besondere Bezeichnungen und Abkürzungen . . . . .  | 73    |
| III. Maß-, Gewichts- und andere Einheiten . . . . .  | 76    |
| 1. Metrische Maße und Gewichte . . . . .   | 76    |
| 2. Ältere deutsche Maße und Gewichte. . . . .  | 78    |
| 3. Englische Maße und Gewichte . . . . .   | 81    |
| 4. Berechnungen mit Anwendung der Maß- und Gewichtssysteme . . . . .                                 | 83    |

|  | Seite |
|--|-------|
| 5. Spezifische Gewichte und Raumgewichte . . . . .                     | 85    |
| 6. Härtegrade des Wassers . . . . .                                    | 89    |
| 7. Thermometergrade . . . . .  | 90    |
| 8. Calorien . . . . .  | 91    |
| 9. Brennmaterialien und Heizwerte . . . . .                            | 92    |
| 9a. Elektrische Einheiten . . . . .                                    | 93    |
| IV. Tafeln und Winke zu deren Benutzung . . . . .                      | 95    |
| 1. Über Löslichkeitstafeln . . . . .                                   | 95    |
| 2. Über Benutzung von Tafeln spez. Gewichte . . . . .                  | 96    |
| 3. Atomgewichtstafeln . . . . .  | 100   |
| 4. Die wichtigsten Säurereste . . . . .                                | 102   |
| 5. Spez. Gewichte und Raumgewichte fester Körper<br>(Tafeln) . . . . . | 103   |
| 6. Spez. Gewichte von Flüssigkeiten (Tafeln) . . . . .                 | 106   |
| Bücherschau . . . . .  | 126   |



## I. Unmittelbare Anwendung bürgerlicher Rechnungsarten.

### Der Dreisatz als allgemeine Ansatzform.

Zur Auflösung sämtlicher vorkommenden Aufgaben wollen wir nur den allgemein bekannten Dreisatz (Regula de tri) oder die Schlußrechnung verwenden. Wir werden dabei immer die gleich hier festzulegende Schreibart wählen. Von einer Verwendung der Propositionen (Verhältnisrechnung) sehen wir grundsätzlich ab. Wir wollen sogar dem Leser, der mit Propositionen zu rechnen gewohnt ist, die ausschließliche Anwendung des Dreisatzes empfehlen, weil hierbei jeder Irrtum ausgeschlossen ist, und weil insbesondere die Vertauschung von Zahlen des Zählers und des Nenners unmöglich ist. Weniger gefährlich als Proportionsansätze sind die Kettenansätze (z. B. Rensische Kettenregel, Basedowsche und Holzsche Regel). Wer damit umzugehen gewohnt ist, wird bei verwickelteren Aufgaben mit Vorteil davon Gebrauch machen. Wir werden aber überall nur den Dreisatz wegen seiner Einfachheit, Sicherheit und allgemeinen Verbreitung benutzen.

Als Beispiel für die Ansatzform des einfachen Dreisatzes nehmen wir folgendes:

Aufgabe: Wenn 6 kg Kupfer 13 Mk. kostet, wieviel kostet dann 11 kg?

Lösung: 6 kg Kupfer. . . 13 Mk. (erster Satz)

$$\frac{6}{6} = 1 \text{ kg} \quad \text{,,} \quad \text{. .} \quad \frac{13}{6} \text{ Mk. (zweiter Satz)}$$

$$1 \cdot 11 = 11 \text{ kg} \quad \text{,,} \quad \text{. .} \quad \frac{13 \cdot 11}{6} \text{ Mk. (dritter Satz).}$$

Erläuterung: Wir schreiben die gegebene Beziehung abgekürzt hin, und zwar so, daß die Maßzahl, die der gesuchten Maßzahl entspricht, an die letzte Stelle kommt, d. h. hier: Preis — nicht etwa Gewicht, weil der Preis das Gesuchte ist. Aus dieser ersten in der Aufgabe gegebenen Beziehung werden die weiteren Sätze abgeleitet. Dabei verfahren wir so, daß wir erst die Beziehung für 1 kg Kupfer feststellen. Da 1 kg der 6. Teil von 6 kg ist, muß auch dieser Menge der 6. Teil des Preises entsprechen. Wir haben also zwei entsprechende Größen durch die gleiche Zahl (6) geteilt. Um auf die für 11 kg geltende Beziehung zu kommen, haben wir beide Größen des zweiten Satzes mit 11 zu vervielfältigen. (Wir verwenden meist einen Punkt, nicht das schräge Kreuz, als Vervielfältigungszeichen.)

Wäre nun in der Aufgabe statt nach dem Preise von 11 kg nach dem Preise von 1 t (1 t = 1000 kg) gefragt, so hätte man aus dem 2. Satz durch Vervielfältigung mit 1000 abzuleiten:

$$1000 \text{ kg (= 1 t) Kupfer . . . . } \frac{13 \cdot 1000}{6} \text{ Mk.}$$

Ganz ebenso behandeln wir folgende Aufgabe, in der nach dem Prozentsatz gefragt wird, wie es bei technischen Rechnungen sehr oft vorkommt.

Aufgabe: Ein Bottich, der 20 000 Mk. kostet, hat in  $2\frac{1}{2}$  Jahren 1000 Mk. Instandhaltungskosten verursacht. Wieviel Prozent ist das jährlich?

Lösung: 20 000 Mk. . . .  $2\frac{1}{2}$  Jahre . . . 1000 Mk.

$$20\,000 \text{ Mk. . . . 1 Jahr . . . } \frac{1000}{2\frac{1}{2}} = 400 \text{ Mk.}$$

$$100 \text{ Mk. . . . 1 Jahr . . . } \frac{400}{200} = 2 \text{ Mk.}$$

Also in 1 Jahr auf 100 Mk. Anlagegeld 2 Mk. Instandhaltungskosten, d. h. 2 Mk. auf 100 Mk. oder 2 Proz.

Erläuterung: Der zweite Satz ist aus dem ersten abgeleitet durch Teilung zweier Größen durch die gleiche Zahl ( $2\frac{1}{2}$ ). Der dritte aus dem zweiten durch Teilung zweier Größen durch 200. Der Schluß auf 1 Mk. konnte hier ausgelassen werden. (Wir hätten sonst erst durch 20 000 geteilt und dann mit 100 vervielfältigt.)

Diese Aufgabe ist ein Beispiel für zusammengesetzten Dreisatz. Ohne die Vereinfachung hätten wir vier Sätze

bekommen. Wichtig zu merken ist nur, daß beim zusammengesetzten Dreisatz die Veränderungen (Teilung oder Vervielfältigung) gleichzeitig und in gleicher Weise nur an zwei Größen vorgenommen werden dürfen.

Wir wollen dies noch an einem Beispiel durchführen:

Aufgabe: 5 Arbeiter arbeiten 4 Wochen je 6 Tage zu je 10 Stunden und fördern 2400 dz Erz. Die Förderung soll erhöht werden dadurch, daß ein Arbeiter mehr eingestellt wird, daß man 5 Wochen einschl. Sonntag arbeitet und täglich 2 Stunden länger arbeitet. Wieviel Erz wird nunmehr gefördert?

Lösung:

5 Arbeiter ... 4 Wochen ... 6 Tage ...  
... 10 Stunden ... 2400 dz.

5 + 1 = 6 Arbeiter ... 4 Wochen ... 6 Tage ...  
... 10 Stunden ...  $\frac{2400 \cdot 6}{5}$  dz.

6 Arbeiter ... 5 Wochen ... 6 Tage ... 10 Stunden  
 $\frac{2400 \cdot 6 \cdot 5}{5 \cdot 4} = 3600$  dz.

6 Arbeiter ... 5 Wochen ... 6 + 1 = 7 Tage ...  
... 10 Stunden ...  $3600 \cdot \frac{7}{6} = 4200$  dz.

6 Arbeiter ... 5 Wochen ... 7 Tage ... 10 + 2  
= 12 Stunden ...  $\frac{4200 \cdot 12}{10} = 5040$  dz.

Die Schlüsse auf 1 Arbeiter usw. wurden einfachheits- halber ausgelassen. Man kommt übrigens einfacher zum Ziel, wenn man sagt:

5 Arbeiter ... 4 Wochen ... 6 Tage ... 10 Stunden er- gibt  $5 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 10 = 1200$  Arbeitsstunden und 6 Arbeiter ... 5 Wochen ... 7 Tage ... 12 Stunden ergibt 2520 Ar-

beitsstunden. Wenn in 1200 Arbeitsstunden 2400 dz gefördert wird, so wird in 1 Stunde 2 dz, also in 2520 Stunden 5040 dz gefördert.

Ein Beispiel aus der Edelmetallberechnung ist folgendes:

Aufgabe: Wenn 1 kg Gold von 900 Tausendteilen 2511 Mk. kostet, wieviel kostet dann 1 Pfund Feingold?

Lösung: 1 kg Gold ( $900\text{‰} = 90\text{ Proz.}$ ) = 900 g Feingold. (Der Rest ist Kupfer und Silber, bzw. eins von beiden.)

$$\begin{array}{r} \text{Also: } 900 \text{ g Feingold} \dots\dots 2511 \text{ Mk.} \\ \qquad 100 \text{ g Feingold} \dots\dots \frac{2511}{9} \text{ Mk.} \\ 1 \text{ Pfund} = 500 \text{ g Feingold} \dots\dots \frac{2511 \cdot 5}{9} = 1395 \text{ Mk.} \end{array}$$

Anmerkung: Angaben in Tausendteilen oder Promille werden in Deutschland wenig gebraucht, viel hingegen z. B. in Österreich.

### Gewinn- und Verlustrechnung.

Während wir bei der gewöhnlichen Dreisatzrechnung außer der Festsetzung einer bestimmten Schreibweise nichts anderes brachten, als die Schulrechenbücher, haben wir bei Gewinn- und Verlustrechnung zu beachten, daß im Chemikalienhandel oft (z. B. in der Apotheke und Drogerie) mit Prozenten vom Verkaufspreis statt vom Einkaufspreis gerechnet wird.

Aufgabe: Ein Apotheker verdient 25 Proz. vom Verkaufspreis (vorgeschriebener festliegender Preis!) eines Ernährungsmittels. Wieviel Prozent ist das in der sonst handelsüblichen Art der Angabe, d. h. in Prozent vom Einkaufspreis?

Lösung: 100 Mk. Verkaufspreis setzt sich zusammen aus 25 Mk. Gewinn und 75 Mk. Einkaufspreis. Also lautet der Dreisatz:

75 Mk. Einkauf ..... 25 Mk. Gewinn.

1 Mk. Einkauf .....  $\frac{25}{75} = \frac{1}{3}$  Mk. Gewinn.

100 Mk. Einkauf .....  $\frac{1}{3} \cdot 100 = 33\frac{1}{3}$  Mk. Gewinn.

25 Proz. vom Verkaufspreis ist also ebensoviel wie  $33\frac{1}{3}$  Proz. Gewinn vom Einkaufspreis. Während also z. B. der Apotheker von 25 Proz. Gewinn oder Verdienst spricht, würde der Kaufmann von  $33\frac{1}{3}$  Proz. sprechen, da der eine Prozente vom Verkaufspreis, der andere solche vom Einkaufspreis meint.

Die allgemeine Regel für solche Umrechnung erhalten wir durch Einsetzung von Buchstaben. Ist der Prozentsatz vom Verkauf =  $a$ , so ist der Prozentsatz vom Einkauf =  $\frac{100a}{100 - a}$ , d. h. der Prozentsatz vom Verkauf ist mit

100 zu vervielfältigen und dann durch 100, vermindert um denselben Prozentsatz, zu teilen.

Entsprechend kann sich der Leser die Regel für die Berechnung des Prozentsatzes vom Verkaufspreis aus dem Prozentsatz vom Einkaufspreis berechnen. Die Regel ist hier: Prozentsatz vom Einkauf mal 100 und dann durch 100, vermehrt um denselben Prozentsatz, geteilt.

### **Umrechnung von Prozenten im nassen und trockenen Material.**

Bei diesen Rechnungen haben wir ganz ähnliche Beziehungen wie im vorigen Abschnitt.

Die meisten Gehaltsangaben in Erzen und anderen Materialien werden in Prozenten des getrockneten Materials angegeben. Die Bestimmung der Nässe oder der Feuchtigkeit, d. h. des Wassers, das beim Trocknen bei  $100^{\circ}\text{C}$  verschwindet, wird meist gesondert (oft schon beim Verladen des Erzes) ausgeführt. Bei allen hier folgenden Rech-

nungen ist die Annahme gemacht, daß beim Trocknen nur Wasser verschwindet, wie es auch im allgemeinen den Tatsachen entspricht.

Aufgabe: Eingekauft wurde Eisenerz. Gewicht: 15 500 t. Analyse: 1,2 Proz. Nässe, 40,2 Proz. Eisen (im trockenen Material). Wieviel Tonnen Eisen ist im nassen Erz vorhanden, d. h. wieviel Eisen wurde geliefert?

1. Lösung: 100 t nasses Erz ..... 1,2 t Nässe.  
15 500 t nasses Erz .....  $1,2 \cdot 155 = 186$  t Nässe.

Also ist in 15 500 t nassen Erzes  $15500 - 186 = 15314$  t trockenes Erz enthalten.

Jetzt setzt man neu an:

$$\begin{aligned} 100 \text{ t trockenes Erz} & \dots\dots 40,2 \text{ t Eisen.} \\ 1 \text{ t trockenes Erz} & \dots\dots \frac{40,2}{100} \text{ t Eisen.} \\ 15\,314 \text{ t trockenes Erz} & \dots\dots \frac{40,2 \cdot 15\,314}{100} \text{ t Eisen} \\ & = 6156,228 \text{ t Eisen.} \end{aligned}$$

So wird vielfach im Geschäftsleben gerechnet, doch ist folgende 2. Auflösung, wie wir später sehen werden, oft vorzuziehen.

2. Lösung: 100 Teile nasses Erz ..... 1,2 Tl. Nässe.  
Also 100 Tl. nasses Erz .....  $100 - 1,2 = 98,8$  Tl. trockenes Erz.

$$\begin{aligned} 100 \text{ Tl. trockenes Erz} & \dots\dots 40,2 \text{ Tl. Eisen.} \\ 1 \text{ Tl. trockenes Erz} & \dots\dots \frac{40,2}{100} \text{ Tl. Eisen.} \\ 98,8 \text{ Tl. trockenes Erz} & \dots\dots \frac{40,2 \cdot 98,8}{100} \text{ Tl. Eisen.} \\ \text{oder } 100 \text{ Tl. nasses Erz} & \dots\dots \frac{40,2 \cdot 98,8}{100} \text{ Tl. Eisen} \end{aligned}$$

(= 39,7176 Proz. im nassen Material).

Wir schließen dann weiter:

100 Tl. nasses Erz . . . . . 39,7176 Tl. Eisen.  
oder 100 t nasses Erz . . . . . 39,7176 t Eisen.  
15 500 t nasses Erz . . . 39,7176 · 155 = 6156,228 t Eisen.

Der Nutzen der 2. Auflösungsart ist ohne weiteres ersichtlich, wenn gleiche Prozente an Nässe und Eisen auf verschiedene Gewichtsmengen zu berechnen sind. Man kann dann mit der gleichen Prozentzahl (Proz. im nassen Mat.) unmittelbar alle Gewichtsmengen vervielfältigen und dann durch 100 teilen. Nach der 1. Auflösungsart hingegen müßte man erst von jedem einzelnen Gewicht die Nässe in Abzug bringen und dann diese Zahl mit der Prozentzahl im trockenen Material vervielfältigen und dann durch 100 teilen. Jedenfalls hätte man also weit mehr Vervielfältigungen vorzunehmen.

Als allgemeine Regel gilt für die Umrechnung:

Prozente im trockenen Material mal (100 — Proz. Nässe) geteilt durch 100 ergibt Prozente im nassen Material.

Für den umgekehrten Fall gilt:

Prozente im nassen Material mal 100 geteilt durch (100 — Proz. Nässe) ergibt Prozente im trockenen Material.

### **Umrechnung von Prozenten im geglühten und ungeglühten Material.**

Ganz genau so wird verfahren, wenn Prozentgehalte im geglühten Material auf solche im ungeglühten Material (oder umgekehrt) umzurechnen sind. Wenn ein Material, z. B. ein feuerfester Stein, beim Glühen 1 Proz. Gewichtsabnahme zeigt, so sagen wir, der Glühverlust (abgekürzt: Gl.V.) beträgt 1 Proz. Beim Glühen geht fort: Chemisch gebundenes Wasser, sog. Kohlensäure (Kohlendioxyd) und organische Substanz — in einigen Fällen auch noch andere Bestandteile. Diejenigen Bestandteile aber, die in der Analyse des geglühten Materials angegeben werden, sind natür-

lich glühbeständig. Zur Erläuterung mögen folgende 2 Beispiele dienen.

**Aufgabe:** Ein feuerfester Stein ergab bei der Analyse: 1 Proz. Glühverlust und 50,00 Proz. Siliciumdioxyd (sog. Kieselsäure) im ungeglühten Material. (Anm. Dies gilt auch, wenn nichts Besonderes bemerkt ist.) Wieviel Prozent Siliciumdioxyd ist dann im geglühten Material?

**Lösung:** In 100 Tl. ungeglühtem Material ... 50,00 Tl. Siliciumdioxyd oder, da 100 Tl. ungeglühtes Material  $100 - 1 = 99$  Tl. geglühtem Material entsprechen:

In 99 Tl. gegl. Mat. ... 50,00 Tl. Siliciumdioxyd

In 1 Tl. gegl. Mat. ...  $\frac{50,00}{99}$  Tl. Siliciumdioxyd

In 100 Tl. gegl. Mat. ...  $\frac{50,00 \cdot 100}{99}$  Tl. Siliciumdioxyd

= 50,51 (oder 50,51 Proz. Siliciumdioxyd im gegl. Material).

Das, was beim Glühen zurückbleibt, also das geglühte Material, nennt man auch Glührückstand. Bei Kohle, Koks u. dgl. aber auch Asche.

**Aufgabe:** In einer Koksanalyse wird angegeben:

5 Proz. Nässe, 7,0 Proz. Asche (im trockenen Material) und 0,1 Proz. Phosphor in der Asche. Wieviel Prozent Phosphor ist im trockenen Material und wieviel im nassen (ursprünglichen) Material?

**Lösung:** In 100 Tl. Asche ..... 0,1 Tl. Phosphor.

In 1 Tl. Asche .....  $0,1 : 100 = 0,001$  Tl. Phosphor.

In 7 Tl. Asche ..... 0,007 Tl. Phosphor.

Da 7 Tl. Asche 100 Tl. trockenen Materials entsprechen:

In 100 Tl. trockenen Mat. .... 0,007 Tl. Phosphor.

In 100 Tl. nassen Mat. = 95 Tl. trockenen Mat. ....

$\frac{0,007 \cdot 95}{100}$  Tl. Phosphor.

Alle diese Umrechnungen kommen häufig vor, da ja nach den Gewohnheiten der Handelshäuser und Labora-

torien bald in dieser, bald in jener Weise die Angaben gemacht werden. Ferner kann die Kundschaft eine Angabe in bestimmter Form verlangen, während sie andersartig vorliegt.

### Weiteres über Prozente im nassen und trocknen Material.

Die Analysen werden meist so angeführt, daß alle Gehaltsprozente (mit Ausnahme der Nässe selbst) sich auf bei 100° getrocknetes Material beziehen. Es ist mitunter von größter Bedeutung, den Prozentgehalt im nassen Material zu berechnen, wenn mehrere Analysen verschiedener Laboratorien zu vergleichen sind. Wir nehmen folgendes Beispiel an:

In einem Bleischlamm fand:

Labor. 1.

30,0 Proz. Nässe      36,00 Proz. Blei  
   im trocknen Material.

Labor. 2.

27,0 Proz. Nässe      34,50 Proz. Blei  
   im trocknen Material.

Hier liegen scheinbar sehr schwerwiegende Analysendifferenzen vor. Rechnen wir aber nun einmal für beide Fälle die Prozente in nassem Material aus, so ergibt sich:

Labor. 1.

$$\frac{36,0 \cdot (100 - 30)}{100} = 25,20 \text{ Proz. im nassen Material.}$$

Labor. 2.

$$\frac{34,5 \cdot (100 - 27)}{100} = 25,185 \text{ Proz. im nassen Material.}$$

Hieraus ersieht man sofort, daß die großen Unterschiede nur in der Nässebestimmung liegen. Entweder hatten beide Laboratorien verschieden nasses Mustermaterial erhalten, was sehr leicht vorkommen kann, oder aber das eine Muster wurde nicht ebenso gut getrocknet wie das andere.

Hieraus ergibt sich ein neuer Grund für die Bevorzugung der zweiten Auflösungsart auf Seite 14. Die Berechnung der „nassen Prozente“ (wie man kurz sagt) zeigt einem oft, wie mehrere Analysen sich zueinander verhalten, d. h. ob sie übereinstimmen oder nicht. Kaufmännisch wichtig ist ja gerade die Übereinstimmung der Prozente im ursprünglichen, d. h. feuchten oder nassen Material!

Daß bei diesen an sich sehr einfachen Rechnungen bisweilen Fehler unterlaufen, sieht man in der Praxis. Ein solcher Fall ist folgender.

In einem Salz, das ein Werk versandte, wurde gefunden: 20 Proz. Nässe. Ein angeblich trockenes Muster wurde zur Untersuchung an den Käufer gesandt. Dieser fand bei der Untersuchung darin doch noch 2 Proz. Nässe. Man nahm nun einfach an  $20 + 2 = 22$  Proz. Nässe! Das ist aber falsch, wie uns der Dreisatz zeigt:

100 Tl. nassen Materials ergaben zunächst  $100 - 20 = 80$  Teile unvollkommen getrockneten Materials.

100 Tl. dieses unvollkommen getrockneten Materials ergaben dann  $100 - 2 = 98$  Tl. ganz trockenen Materials.

Also 1 Tl. dieses unvollkommen getr. Mat. ergab dann

$$\frac{100}{98} \text{ Tl. ganz trockenen Materials.}$$

80 Tl. dieses unvollkommen getr. Materials ergaben dann

$$\frac{98 \cdot 80}{100} \text{ Tl. ganz trockenen Materials.}$$

Diese 80 Tl. entsprechen nach Obigem 100 Tl. nassen Materials. Also sind in 100 Tl. nassem Material  $\frac{98 \cdot 80}{100}$

$= 78,4$  Tl. ganz trockenes Material enthalten. Die ganze Nässe beträgt also  $100 - 78,4 = 21,6$  Proz. nicht 22 Proz.

Setzt man Buchstaben für die Zahlen, z. B.  $a$  und  $b$ , für die zwei Nässeprozentzahlen, so ist die Gesamtnässe

nicht etwa  $(a + b)$  Proz., sondern  $100 - \frac{(100 - a)(100 - b)}{100}$

Das heißt in Worten ausgedrückt: (100 vermindert um die erste Nässeprozentzahl) vervielfältigt mit (100 vermindert um die zweite Nässeprozentzahl), geteilt durch 100, ergibt die Prozentzahl des vollkommen trockenen Materials. Diese Zahl von 100 abgezogen, ist die Gesamtnässe<sup>1)</sup>.

Bei niedrigen Gehalten an Nässe gibt allerdings die einfache Zusammenzählung der Nässeprocente hinreichend genaue Werte. Ist z. B. erst 1 Proz. und dann noch 1 Proz. gefunden, so gibt die richtige Berechnung 1,99 Proz. und das Zusammenzählen 2,00 Proz. — also praktisch dasselbe, da die Nässebestimmungen in solchen Fällen nicht auf hundertstel Prozente genau sind. Wir überlassen es dem Leser, auszurechnen, wieviel die Gesamtnässe wird, wenn in einem Schlamm z. B. erst 50 Proz. und dann wieder 50 Proz. gefunden wurden.

Der Trugschluß, der beim einfachen Zusammenzählen gemacht wird, ist der: Man zählt Prozente zusammen, die sich nicht auf Gleiches beziehen. Die ersten Prozente sind ja im nassen Material und die zweiten sind bezogen auf unvollkommen getrocknetes Material. Es liegt nahe, ein Beispiel aus der Zinsrechnung heranzuziehen, was wir aber dem Leser überlassen.

Wenn in einer Substanz 10 Proz. Nässe (bei 100° C entwachsenes Wasser) und im so getrockneten Material noch 2 Proz. Wasser (chemisch gebunden, bei ca. 150° C beispielsweise entwichen) angegeben ist, so muß das Gesamtwasser ebenso wie oben berechnet werden.

<sup>1)</sup> Es soll hier nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß ein „Auswendiglernen“ dieser Sätze nicht erwünscht ist. Man kann sich vielmehr vorkommendenfalls jederzeit die Regel leicht ableiten. Nur wenn man fortwährend ähnliche Berechnungen auszuführen hat, wird man mit einer Formel arbeiten.

### Der Prozentrechnung ähnliche Rechnungsarten.

Außer in Prozent ( $\%$ ) oder Promille ( $\text{‰}$ ) — Hundertteilen bzw. Tausendteilen —, werden im Handel Angaben gemacht, wie z. B. 6,0 g pro 100 kg (pro dz) oder 60 g pro 1000 kg (pro t). Da 100 kg = 100 000 g ist, bedeutet 1 g pro dz (pro 100 kg) 0,001 Proz. und da 1000 kg = 1 000 000 g ist, bedeutet 1 g pro t (pro 1000 kg) 0,0001 Proz. Außer diesen Angaben kommen oft die englischen Angaben vor, wie z. B. Unzen pro englische Tonne. Näheres darüber im Abschnitt: Maße und Gewichte.

Im Großhandel mit Eisen finden wir vielfach die Rechnung nach Unitäten (Einheiten). Ein Erz hat 40 Unitäten Eisen, bedeutet nichts anderes als: es enthält 40 Proz. Eisen. Häufig wird nun der Preis nach Unitäten festgesetzt, so heißt: Eine Unität Kupfer in der Tonne kostet 20 Mk. einfach: Das Erz würde 20 Mk. pro Tonne kosten, wenn es 1 Proz. Kupfer enthielte. Hat es aber 6 Proz., so kostet es  $6 \cdot 20 = 120$  Mk., weil es 6 Unitäten hat. Eine Unität pro Tonne ist gleich 10 kg (1 Proz. von 1000 kg = 10 kg). Eine Unität pro Doppelzentner ist gleich 1 kg. Im Englischen heißt es oft: Preis pro unite ton d. h., wenn z. B. 1 unite ton Kupfer 20 sh. kostet, dann würde 1 proz. Erz 20 sh. pro englische Tonne kosten, also 7,2 proz. Erz  $7,2 \cdot 20$  sh. = 144 sh. pro engl. Tonne (ca. 1016 kg). Erst beim Umrechnen auf metrisches Gewicht ist die Zahl 1016 in der Rechnung zu berücksichtigen.

Eine Festsetzung wie folgende:

Eisenerz wurde gekauft auf Basis

50 Proz. Eisen im Nassen, Skala 30 Pfg.

10 Proz. Kieselsäure im Nassen, Skala 10 Pfg.

0,03 Proz. Phosphor

bedeutet: Von dem festgesetzten Preis für die Tonne Erz mit 50 Proz. Eisen ist für jedes Prozent unter 50 Proz. 30 Pfg. am Tonnenpreis abzurechnen — für jedes Prozent



terial. Im feinen Material: 60 Proz. Kupfer, im groben Material 85 Proz. Kupfer.

Der Gehalt in der Mischung soll berechnet werden.

Lösung: In 100 Tl. feinem Material ... 60 Tl. Kupfer.

In 80 Tl. feinem Material .....  $\frac{60 \cdot 80}{100} = 48$  Tl. Kupfer.

In 100 Tl. grobem Material ..... 85 Tl. Kupfer.

In 20 Tl. grobem Material .....  $\frac{85 \cdot 20}{100} = 17$  Tl. Kupfer.

Also in 80 Tl. feinem und 20 Tl. grobem Material  $48 + 17 = 65$  Tl. Kupfer, d. h. in 100 Tl. Mischung 65 Tl. Kupfer = 65 Proz.

Ist gegeben, wieviel an Gewicht von beiden Sorten vorhanden ist, so rechnet man oft gleich die Gewichtsmengen des im feinen und im groben Material vorhandenen Metalls aus. Hierbei erhält man nicht die für Analysenvergleichung oft unbedingt notwendige Prozentzahl in der Mischung. Hier gilt Ähnliches wie früher bei Berechnung von Prozenten in nassem Material dargelegt wurde.

Die Prozentzahlen des groben und feinen Materials brauchen nicht als solche gegeben zu sein und brauchen nicht errechnet zu werden, wie folgendes Beispiel zeigt:

Aufgabe: In einer schwer zu zerkleinernden Schlacke, die Metallbrocken enthielt, wurden festgestellt:

1700 Tl. feines Material mit 10 Proz. Blei.

150 Tl. gröberes Material mit 20 Proz. Blei.

20 Tl. Metallstücke mit 80 Proz. Blei.

Wieviel Prozent Blei ist in der Mischung?

Lösung: 100 Tl. feines Material ..... 10 Tl. Blei.

1700 Tl. feines Material ..... 170 Tl. Blei.

100 Tl. gröberes Material ... 20 Tl. Blei.

150 Tl. gröberes Material ... 30 Tl. Blei.

100 Tl. Metallstücke ..... 80 Tl. Blei.

20 Tl. Metallstücke ..... 16 Tl. Blei.

Also in  $1700 + 150 + 20 = 1870$  Tl. Mischung ist  
 $170 + 30 + 16 = 216$  Tl. Blei oder  $\frac{216}{18,7} = 11,55$  Proz.

Es war also nicht nötig, zu berechnen, wieviel Prozent feines Material (usw.) vorhanden ist.

Ein etwas verwickelterer Fall aus der Praxis soll noch angeführt werden:

Aufgabe: Bei einem Muster Zinnasche wurde angegeben:

- 2 Proz. Schmelzverlust.
- 1 Proz. Eisenstücke.
- 20 Proz. grobes Material.
- 79 Proz. feines Material.

Bei der Analyse wurde auf den Schmelzverlust keine Rücksicht genommen und gefunden: 76 Proz. Zinn in der Mischung. (Die Umrechnung ist entweder wie oben vorgenommen oder es wurden im Laboratorium den Mengenverhältnissen entsprechende Mengen zu einer Gesamtanalyse eingewogen.) Wieviel ist der Preisberechnung zugrunde zu legen?

Lösung: In 100 Tl. analysiertem Mat. . . . 76 Tl. Zinn.

In 98 Tl. analysiertem Material . . . . .  $\frac{76 \cdot 98}{100}$  Tl. Zinn.

98 Tl. analysierten Materials entsprechen 100 Tl. ursprünglichen Materials, weil 2 Proz. Schmelzverlust angegeben ist.

Während die meisten Mischungsrechnungen nur im Laboratorium oder vom Betriebsleiter ausgeführt werden, kommen in der kaufmännischen Praxis wohl Metallmischungsrechnungen wie folgt vor.

Aufgabe: Es ist Gold von 900 Tausendteilen ( $900\text{‰}$  = 90 Proz.) gegeben und solches von 750 Tausendteilen. Es soll daraus hergestellt werden 1 kg Gold von 800 Tausendteilen. Wieviel ist von jeder Sorte zu nehmen?

Lösung: Würden wir von jeder Sorte  $\frac{1}{2}$  kg nehmen, so erhielten wir Gold von  $\frac{750 + 900}{2} = 825$  Tausendteilen.

Man muß also von der geringeren Sorte mehr nehmen. Wir stellen jetzt folgende Erwägung an:

Das verlangte Gold hat  $900 - 800 = 100$  Tausendteile weniger als die bessere Sorte und hat  $800 - 750 = 50$  Tausendteile mehr als das geringere Gold. Der Unterschied zwischen den Gehalten der gegebenen Goldsorten beträgt 150. Wir müssen also  $\frac{50}{150} = \frac{1}{3}$  von der besseren Sorte und  $\frac{100}{150} = \frac{2}{3}$  von der geringeren Sorte nehmen.

Genau so ist zu verfahren, wenn die Reinheit in „Karat“ angegeben ist. Eine „feine Mark“ (eine alte Gewichtseinheit) wurde in 24 Karat geteilt. Gold von 12 Karat oder 12 karätiges Gold bedeutet: In einer feinen Mark, d. h. 24 Karat dieser Goldlegierung, ist 12 Karat Gold enthalten. (Der Rest in Kupfer oder Silber oder beides.) Es enthält also 50 Proz. oder 500 Tausendteile Gold.

Obige Aufgabe würde also lauten:

Aufgabe: Gegeben 21,6- und 18 karätiges Gold. Es soll 1 kg 19,2 karätiges Gold hergestellt werden. Wieviel von jeder Sorte ist zu nehmen?

Lösung: Die Unterschiede (obigem entsprechend) sind:

$21,6 - 19,2 = 2,4$ ;  $19,2 - 18,0 = 1,2$ ;  $21,6 - 18,0 = 3,6$ .

Man muß also vom reineren Gold  $\frac{1,2}{3,6} = \frac{1}{3}$ ; vom geringeren  $\frac{2,4}{3,6} = \frac{2}{3}$  nehmen.

Silber und andere Metalle wurden oft ähnlich angegeben, als z. B. 12 lötiges Silber. Da eine „feine Mark“ auch in 16 Lot eingeteilt wurde, bedeutet das, daß in 16 Lot Legierung 12 Lot Feinsilber sind, also 750 Tausendteile nach heute üblicher Bezeichnung.

Auf Mischungsberechnungen von Flüssigkeiten wendet man obige Ansätze ohne Änderung an. Weitere Anleitung zu Mischungsrechnungen gibt: Sammlg. Göschen, Bd. 139: Kaufm. Rechnen Teil 1.

### Über Genauigkeit der Zahlenangaben.

Anknüpfend an unsere Beispiele auf Seite 14 stellen wir fest, daß beide dort angeführten Rechnungsarten das gleiche Ergebnis haben, was ja selbstverständlich ist, wenn man die Rechnungen nicht abkürzt, d. h. alle Stellen berücksichtigt. Nun wird aber jeder mathematisch nur halbwegs geschulte Rechner nicht mit 6 stelligen Prozentzahlen rechnen (4 Stellen hinter dem Dezimalkomma und 2 Ziffern davor sind als 6 stellige Zahl zu bezeichnen!). Die Analysenzahl hat nur 4 Ziffern, von denen die vierte schon unsicher ist — bei der Nässeangabe kann schon in der ersten Stelle nach dem Komma eine Unsicherheit um eine Einheit sein. Immerhin würde aber hier die Abrundung auf 39,72 Proz. zu einem anderen Ergebnis führen. Mit der abgerundeten Zahl 39,72 Proz. Eisen im nassen Erz erhalten wir  $39,72 \cdot 155 = 6156,6$  t Eisen statt 6156,228 t. Das Ergebnis kann aber der Wahrheit ebenso entsprechen, als das scheinbar genauere Ergebnis. So wie die 6 Ziffern der Prozentzahlen haben auch die 7 ziffrigen Tonnenzahlen keinen Sinn. Wir müßten eigentlich 6156 bzw. 6157 t angeben — keinesfalls dürfen wir mehr als 5 Ziffern bei der Tonnenzahl angeben. Jedenfalls ist es durchaus angebracht, die abgekürzte Vervielfältigungsrechnung anzuwenden, wie sie in den bekannten Rechenbüchern für Schulunterricht stehen und auch im Kaufm. Rechnen Teil I (Samml. Göschen). Damit aber keine Unterschiede durch Abrundung an verschiedenen Stellen der Rechnung entstehen, muß man wohl mit einer Stelle mehr rechnen, als auf den ersten Blick notwendig erscheint, wie aus dem Angeführten hervorgeht.

### Durchschnittswerte mehrerer Analysen.

#### Genauigkeit von Analysen.

Hat man mehrere Analysen eines Laboratoriums oder mehrere Analysen verschiedener gleich zuverlässiger La-

boratorien vorliegen, so wird man als wahrscheinlichste Zahl den Mittelwert nehmen, d. h. das sog. arithmetische Mittel, das man erhält, indem man die betr. Zahlen zusammenzählt und die Summe durch die Anzahl der Analysenzahlen teilt. Bei diesem an sich sehr einfachen Fall müssen wir doch eine Schwierigkeit ins Auge fassen. Wir nehmen an, ein Laboratorium gab an: 30,4 Proz. Zinn. Dies war der Mittelwert von zwei gut stimmenden Analysen. Nun wurde in demselben Laboratorium eine Wiederholung ausgeführt. Angegeben wurde 30,66 Proz. Zinn. Diese Zahl war das Mittel von 4 gut stimmenden Analysen. In diesem Falle ist der wahrscheinliche Mittelwert nicht  $\frac{30,40 + 30,66}{2} = 30,53$ , sondern es ist so zu rechnen:

$$\begin{aligned} 2 \cdot 30,40 &= 60,80 & \text{oder} & & 2 \cdot 0,40 &= 0,80 \\ 4 \cdot 30,66 &= 122,64 & \text{vereinfacht:} & & 4 \cdot 0,66 &= 2,64 \\ \hline 183,44 : 6 &= 30,57 \text{ Proz.} & & & 3,44 : 6 &= 0,57 \\ & & & & \text{also } 30,57 \text{ Proz.} & \end{aligned}$$

Selbstverständlich ist hier vorausgesetzt, daß die Anzahl der Einzelbestimmungen bekannt ist bzw. ermittelt werden kann. Anders wird aber der Fall, wenn zuerst gefunden war: 29,00 Proz. Zinn, dann aber 30,66 Proz. bei der Wiederholung, und wenn dabei die frühere Zahl als ungenau oder falsch bezeichnet wurde. Dann ist natürlich die frühere Zahl nicht zu berücksichtigen.

Bei dem Mittelnehmen von Befunden verschiedener Laboratorien wird man auch nicht immer das einfache Mittel nehmen. Es herrscht wohl hier und da die Gepflogenheit, willkürlich mehr nach der einen oder anderen Seite abzuweichen. Dieses Verfahren können wir nicht billigen. Wenn man aber weiß, daß ein Laboratorium die Analysen doppelt, das andere aber dreifach ausführt, so hätte man die Zahlen der einen zu verdoppeln, der anderen zu verdreifachen und die Summe durch 5 zu teilen.

Ferner ist nicht ohne weiteres das Mittel zu nehmen, wenn ein Laboratorium angibt: 3,48 Proz. Kupfer, das

andere aber 3,458 Proz. Kupfer. Das erste Laboratorium gibt stets (wie üblich) 2 Stellen hinter dem Komma an, das andere aber aus bestimmten Gründen immer 3. Trotzdem sind diese Analysen nicht etwa genauer ausgeführt. Der Mittelwert ist aus den abgerundeten Werten 3,48 und 3,46 zu 3,47 Proz. anzugeben.

Anders ist es, wenn 2 Laboratorien angeben: 0,4500 Proz. Gold und 0,4524 Proz. Gold. Hier haben, wie die Nullen zeigen, beide Laboratorien die dritte und vierte Stelle berücksichtigt, das Mittel ist 0,4512 Proz. Gold (4512 g pro t oder 451,2 g pro dz).

Es soll hier nicht unerwähnt bleiben, daß bei sehr vielen Analysen einer Probe oder mehrerer Proben eines Postens auch nach der Fehlerrechnungsmethode verfahren werden kann. Der Fachmann findet diese in zahlreichen mathematischen Kalendern und Taschenbüchern sowie in Kohlrausch, „Praktische Physik“.

Über den Genauigkeitsgrad von Analysen schlechthin läßt sich in Kürze nichts sagen, da er je nach Art des zu bestimmenden Elements und je nach Art der nebenher vorhandenen Stoffe ungemein verschieden ist.

Die häufig vorkommenden Angaben, wie „geringe Mengen“, „Spuren“, „Hauch“ bedeuten je nach Art des Elements mehr oder weniger geringe Mengen, die nicht oder nur sehr schwierig zu bestimmen sind. Nur Kahlbaum gibt in seinem Katalog diesen Bezeichnungen eine bestimmtere Deutung:

Spur: weniger als  $\frac{1}{10}$  mg in 10 g Substanz = 0,001 Proz.

Kaum Spur: weniger als  $\frac{1}{20}$  mg in 10 g Substanz = 0,0005 Proz.

Hauch: weniger als  $\frac{1}{100}$  mg in 10 g Substanz = 0,0001 Proz.

Diese Festsetzung gilt aber nicht allgemein; z. B. bei Goldbestimmungen in Erzen wird 1 g pro Tonne (0,0001 Proz.) und weniger noch zahlenmäßig angegeben. Umgekehrt wird man 0,1 Proz.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Aluminiumoxyd, Tonerde) in Eisenerz getrost „Spur“ nennen.

---

## II. Die chemischen Rechnungen und Bezeichnungen.

### Symbole und Atomgewichte.

Die Chemie können wir als die Wissenschaft von den Eigenschaften der Stoffe bezeichnen. Sie beschäftigt sich mit den Grundstoffen und mit der Bildung, Zersetzung und Umsetzung ihrer Verbindungen.

Zerlegt man zusammengesetzte Stoffe auf chemischem Wege, so gelangt man zu einfacheren Stoffen und schließlich zu unzerlegbaren Grundstoffen. Aus etwa 90 solchen Grundstoffen, die man Elemente nennt, bestehen alle Stoffe unseres Weltalls, aus ihnen setzen sich die Hunderttausende von chemischen Verbindungen zusammen, die teils fertig in der Natur vorkommen, teils nur des Menschen emsiger Hand ihr Dasein verdanken. Auch die verwickeltesten Verbindungen lassen sich wieder zerlegen, wobei man schließlich wieder die Elemente erhält, aus denen sie bestehen oder anders gesagt: die in ihnen enthalten sind.

Unsere Übersicht Tafel I, Seite 100, gibt die Namen der bis jetzt bekannten Elemente an. In der Chemie werden die Elemente durch Abkürzungen bezeichnet, die man Symbole nennt. Diese bestehen aus ein oder zwei lateinischen Buchstaben (ohne Punkt dahinter), deren erster groß zu schreiben ist. Die Symbole leiten sich von den älteren Namen der Elemente ab, die meist lateinischer oder griechischer Herkunft sind. Die Symbole und die älteren Namen gibt ebenfalls die Tafel an. Die Symbole sind bei allen sog. Kulturstaaten üblich, doch wurde in Frankreich

statt N für Stickstoff (Nitrogenium) auch Az (Azotum) geschrieben<sup>1)</sup>.

Für unsere Leser hat es keinen Wert, Symbole auswendig zu lernen. Die wichtigsten und im Beruf häufig vorkommenden merkt man sich leicht mit der Zeit.

Für die Elemente gilt das Gesetz der Erhaltung, das besagt, daß man aus einer Verbindung, die aus bestimmten Elementen entstanden ist, niemals andere Elemente gewinnen kann. Niemals kann ein Element in ein anderes umgewandelt werden. (Wir müssen von den radioaktiven Verwandlungen absehen, die für uns hier nicht in Betracht kommen.)

Wenn nun zwei Elemente sich verbinden, wie z. B. Natrium (ein Metall) mit Chlor (einem grünlichgelben Gase) so entsteht die Verbindung Chlornatrium oder Natriumchlorid, die man volkstümlich Kochsalz nennt. Da das Symbol des Natrium Na, das des Chlors Cl ist, schreibt man die Formel (Zusammenstellung von Symbolen) als Verbindung NaCl oder ClNa, d. h. man setzt die 2 Symbole nebeneinander, wobei es üblich ist, den metallischen Bestandteil voranzustellen.

So wie sich zwei Elemente verbinden, können auch mehrere zusammentreten, wie wir fernerhin sehen werden. Fassen wir zunächst den einfachen Fall der Verbindung von Na mit Cl näher ins Auge, so zeigt der Versuch, daß diese Elemente sich nur in einem bestimmten Gewichtsverhältnis miteinander verbinden. Man hat für diese Verhältnisse Zahlen aufgestellt, die man als die Atomgewichte bezeichnet. Das Atomgewicht des Na ist 23,00, das des Cl 35,46. Es verbinden sich 23,00 Gewichtsteile Na mit 35,46 Gewichtsteilen Cl, also z. B. 23,00 g Na mit 35,46 g Cl oder 23,00 kg Na mit 35,46 kg Cl usw. Für unsere Rechnungen hier bedeuten die Atomgewichte nichts anderes als bloße

<sup>1)</sup> Außer den Symbolen braucht man in Analysenattesten noch die Abkürzung Gl.V. für Glühverlust (vgl. S. 15) und R für Rückstand (Unlösliches, Gangart).

Verhältniszahlen, mit denen wir zu rechnen haben. Die Atomgewichte sind in unserer Tafel angegeben.

Der Name Atomgewicht bedeutet, daß ein Atom, wie z. B. Na mit dem Atomgewicht 23,00 genau 23,00 mal so schwer ist, als das Einheitsatom. Ein Chloratom ist also 35,46 mal so schwer als das Einheitsatom. Ein Sauerstoffatom (Symbol O) ist 16,00 mal so schwer als das Einheitsatom usw. Als Einheitsatom wurde früher Wasserstoff (H) = 1,000 angenommen. Aus Zweckmäßigkeitsgründen setzen wir jetzt meist Sauerstoff (O) = 16,00, wobei Wasserstoff (H) das Atomgewicht 1,008 erhält. Ein Element mit dem Atomgewicht 1,000 ist bei dieser Festsetzung allerdings nicht vorhanden, was uns aber beim Rechnen nicht zu stören braucht.

Weil nun hier und da auch die Atomgewichte verwendet werden, bei denen Wasserstoff (H) = 1,000 gesetzt wird, wobei Sauerstoff (O) den Wert 15,87 erhält, so haben wir auch diese Zahlen in die Tafel aufgenommen. Wer vorzieht, mit diesen zu rechnen, kann es tun; denn die Ergebnisse der Rechnungen bleiben die gleichen, wenn man von winzigen Unterschieden, die durch Abrundung entstehen können, absieht. Für technische Zwecke wird oft das Rechnen mit abgerundeten Atomgewichten genügen, die unsere Tabelle deshalb auch mit angibt.

Es soll hier nur erwähnt werden, daß man unter Atomen ein kleinstes Massenteilchen versteht, das weder mechanisch noch chemisch weiter zerlegt werden kann.

Natürlich sind die Atomgewichte, d. h. die Verhältniszahlen, die ausdrücken, wievielmals so schwer ein Atom gegenüber dem Einheitsatom ist, an sich unveränderliche Größen. Da aber die Genauigkeit der Bestimmung dieser Werte nicht absolut ist und die Wege zur genauen Bestimmung fortgesetzt noch verbessert werden, wird alljährlich eine neue Tabelle herausgegeben<sup>1)</sup>. Sie wird bearbeitet

<sup>1)</sup> Für 1917 ist wegen der Kriegsverhältnisse noch die Tabelle von 1916 beibehalten.

von der internationalen Atomgewichtskommission und ist maßgeblich für Wissenschaft und Handel. Die Veränderungen sind meist so geringfügig, daß sie für unsere Berechnungen außer bei besonders teuren Stoffen wie Radiumpräparaten kaum in Betracht kommen.

Immerhin können hier und da durch Benutzung veralteter Tabellen Unterschiede vorkommen, und wenn es sich um Einhaltung einer vertraglichen Bestimmung handelt, können die Unterschiede in Betracht kommen.

### Molekulargewicht.

Da sich (in unserem Beispiel des vorigen Abschnittes) Natrium und Chlor im Verhältnis ihrer Atomgewichte verbunden haben, d. h. 23,00 Gewichtsteile Natrium mit 35,46 Gewichtsteilen Chlor, so enthält die Verbindung Chlornatrium oder Natriumchlorid in  $23,00 + 35,46 = 58,46$  Gewichtsteilen 23,00 Gewichtsteile Natrium und 35,46 Gewichtsteile Chlor. Nach der Dreisatzregel können wir ohne weiteres den Prozentgehalt berechnen, den Chlornatrium an Chlor und an Natrium enthält; auch können wir die Menge der beiden Bestandteile berechnen, die in einer beliebigen Gewichtsmenge der Verbindung enthalten ist.

Aufgabe: Wieviel Prozent Natrium und wieviel Prozent Chlor ist in Chlornatrium enthalten? (Oder wieviel Prozent der Elemente Natrium und Chlor ist in chemisch reinem Kochsalz enthalten?)

Lösung: Nach obigem ist:

$$\begin{aligned} &58,46 \text{ Tl. Natriumchlorid} \dots 23,00 \text{ Tl. Natrium} \\ &\quad + 35,46 \text{ Tl. Chlor,} \\ \text{also } &1 \text{ Tl. Natriumchlorid} \dots \frac{23,00}{58,46} \text{ Tl. Natrium} \\ &\quad + \frac{35,46}{58,46} \text{ Tl. Chlor,} \\ \text{also } &100 \text{ Tl. Natriumchlorid} \dots \frac{23,00}{58,46} \cdot 100 \text{ Tl. Natrium} \\ &\quad + \frac{35,46}{58,46} \cdot 100 \text{ Tl. Chlor,} \end{aligned}$$

das gibt 39,34 Proz. Natrium und 60,66 Proz. Chlor. Da alle Atomgewichte vierziffrig angegeben sind, kann man beim Ergebnis auch 4 Ziffern angeben, aber nicht mehr!

Aufgabe: Wieviel der gleichen Bestandteile sind in 17 kg reinem Kochsalz enthalten?

Da nach voriger Aufgabe in

$$1 \text{ Tl. Natriumchlorid} \dots \frac{23,00}{58,46} \text{ Tl. Natrium} \\ + \frac{35,46}{58,46} \text{ Tl. Chlor,}$$

$$\text{ist in 1 kg Natriumchlorid} \dots \frac{23,00}{58,46} \text{ kg Natrium} \\ + \frac{35,46}{58,46} \text{ kg Chlor}$$

$$\text{und in 17 kg Natriumchlorid} \dots \frac{23,00}{58,46} \cdot 17 \text{ kg Natrium} \\ + \frac{35,46}{58,46} \cdot 17 \text{ kg Chlor.} \\ = 10,31 \text{ kg Natrium} + 6,69 \text{ kg Chlor.}$$

Wenn wir richtig abgerundet haben, muß die Summe genau 17 betragen. Man braucht natürlich nur eins von beiden zu berechnen, sicherheitshalber (um „Probe“ zu machen) rechnet man gewöhnlich beides aus.

Eine derartige Rechnung nennt man eine stöchiometrische Rechnung. Stöchiometrie ist nach J. B. Richter die Meßkunst der chemischen Bestandteile.

Jede Verbindung besteht aus mehreren Atomen (mindestens aus zwei). Die Zahl der Atome, die eine Verbindung bilden, und die Zahl der verschiedenen Arten von Atomen kann zumal bei Verbindungen der Kieselsäure und des Kohlenstoffs sehr erheblich sein. Die Summe der Atomgewichte, der einzelnen die Verbindung zusammensetzenden Atome, wird Molekulargewicht<sup>1)</sup> genannt. In

<sup>1)</sup> Molekel (oder Molekül) ist das kleinste mechanisch nicht mehr teilbare Massenteilchen, das aber chemisch noch in Atome gespalten werden kann.

unserem Beispiel ist also 58,46 das Molekulargewicht des Natriumchlorids (NaCl).

Wie die Atomgewichte Verhältniszahlen für die Verbindungen der Atome miteinander bilden, so sind die Molekulargewichte Verhältniszahlen, nach denen sich Molekeln miteinander oder mit Atomen verbinden. Es entstehen dabei zusammengesetzte Verbindungen.

In den meisten Fällen verbinden sich je 2 Elemente nicht nur in einem einzigen Verhältnis miteinander, sondern in mehreren, und das gleiche gilt von Verbindungen höherer Ordnung, d. h. von Verbindungen der Atomgruppen oder Molekeln mit anderen solchen oder einzelnen Atomen der Elemente.

Wir betrachten zunächst zwei Verbindungen von Wasserstoff mit Sauerstoff: das Wasser und das Wasserstoffperoxyd. Die Sauerstoffverbindungen werden meist als Oxyde bezeichnet. Das Wasser müßte eigentlich Wasserstoffoxyd genannt werden. Peroxyd oder Superoxyd (auch Hyperoxyd) bedeutet „Überoxyd“, d. h. eine höhere Oxydationsstufe, ein Oxyd mit mehr Sauerstoff, als das regelmäßige Oxyd aufweist.

Während nun im Wasser (oder als Verbindung von Wasserstoff mit Oxygenium = Sauerstoff Wasserstoffoxyd) auf 2 Atome Wasserstoff 1 Atom Sauerstoff kommt, sind im Wasserstoffperoxyd an 2 Atome Wasserstoff 2 Atome Sauerstoff gebunden. Um diese Verbindungen als Formeln zu schreiben, können wir die Symbole der Atome wieder wie vorhin nebeneinander schreiben:

Wasser: HHO oder HOH,

Wasserstoffperoxyd: HHOO oder HOOH.

Kürzer schreibt man gewöhnlich  $H_2O$  bzw.  $H_2O_2$ , d. h. man drückt die Anzahl der Atome durch kleine angehängte Ziffern aus, die man Indices nennt. Steht kein Index, so bedeutet das soviel, wie wenn 1 als Index dastände.

Daß wir nicht HO statt  $H_2O_2$  schreiben, geschieht aus physikalisch-chemischen Gründen, die wir hier nicht erörtern wollen, da es für unsere Rechnungen nicht in Betracht kommt.

Die Verbindungsverhältnisse der zwei Wasserstoff-Sauerstoffverbindungen sind folgende:

H (Wasserstoff) hat das Atomgewicht 1,008;  
O (Sauerstoff) hat das Atomgewicht 16,000.

Also ist Wasser zusammengesetzt aus  $(2 \cdot 1,008) = 2,016$  Tl. Wasserstoff und 16 Tl. Sauerstoff und Wasserstoffperoxyd aus  $(2 \cdot 1,008) = 2,016$  Tl. Wasserstoff und  $2 \cdot 16 = 32$  Tl. Sauerstoff.

Es gibt nun keine chemischen Verbindungen von Wasserstoff mit Sauerstoff, deren Sauerstoffmenge weniger als 16 auf 2,016 Tl. Wasserstoff beträgt und auch keine mit zwischen 16 und 32 liegenden Mengen. Anders aber als mit Verbindungen verhält es sich mit mechanischen Gemengen, wie von schwarzem und weißem Sand, oder mit Lösungen, z. B. Alkohol und Wasser, oder Metallegierungen, z. B. Messing (Kupfer und Zink); diese können jedes beliebige Mischungsverhältnis aufweisen bzw. sie können in jedem Mischungsverhältnis ihrer zwei Bestandteile hergestellt werden. Bei diesen mechanischen Gemengen oder Mischungen findet ein stetiger d. h. gleichmäßig fortschreitender Übergang der Eigenschaften statt, in dem Maße, wie der eine Bestandteil ab- und der andere zunimmt.

In unseren chemischen Verbindungen wie Wasser und Wasserstoffperoxyd haben wir etwas ganz anderes vor uns als Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff. Diese beiden Elemente sind bei gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen Gase. Ihr Gemisch ist Knallgas und ist auch gasförmig. Wasser und Wasserstoffperoxyd sind unter gewöhnlichen Verhältnissen zwei ganz verschiedene Flüssigkeiten, Übergangsstufen zwischen beiden gibt es nicht.

Verbinden sich nur gleiche Atome miteinander, so entstehen keine eigentlichen Verbindungen, sondern Molekeln der Elemente. Die Elemente kommen größtenteils überhaupt nicht als einzelne Atome vor, sondern als Molekeln, die meist aus 2, oft auch aus mehr unter sich gleichen Atomen zusammengesetzt sind. So ist z. B. Wasserstoff im Gaszustand  $H_2$ , d. h. seine Molekeln bestehen aus 2 Wasserstoffatomen. Sauerstoff, der ca.  $\frac{1}{5}$  des Raumes unserer Luft ausmacht, besteht aus Molekeln  $O_2$  (2 Atome Sauerstoff), das Ozon aber hat Molekeln  $O_3$ , die aus 3 Atomen Sauerstoff bestehen. Ozon ist eine besondere Modifikation des Sauerstoffs und hat wesentlich andere Eigenschaften als der gewöhnliche Luftsauerstoff. Er riecht sehr stechend, ist giftig und hat stark bleichende Wirkung.

Mannigfaltigere Verbindungen als Wasserstoff mit Sauerstoff weist Stickstoff mit Sauerstoff auf. Die wichtigsten dieser Verbindungen sind:

|                    | Gew.-Tl.<br>Stickstoff | Gew.-Tl.<br>Sauerstoff | Formel                  |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Stickstoffoxydul   | 14,01                  | 8,00                   | $N_2O$                  |
| Stickstoffoxyd     | 14,01                  | 16,00                  | $(N_2O_2)$ oder $NO^1)$ |
| Stickstofftrioxyd  | 14,01                  | 24,00                  | $N_2O_3$                |
| Stickstofftetroxyd | 14,01                  | 32,00                  | $N_2O_4$ oder $NO_2^1)$ |
| Stickstoffpentoxyd | 14,01                  | 40,00                  | $N_2O_5$                |

Während auf 1 Atom Stickstoff im Stickstoffoxydul rechnerisch nur  $\frac{1}{2}$  Atom Sauerstoff kommt, oder auf 2 Atome Stickstoff 1 Atom Sauerstoff (halbe Atome gibt es nicht), haben wir in den folgenden Verbindungen genau 2, 3, 4 und 5 mal so viel Sauerstoff als im Stickstoffoxydul. Da das Atomgewicht des Stickstoffs 14,01 ist, können wir durch die beigesetzten Formeln die Verbindungen be-

<sup>1)</sup>  $N_2O_2$  gibt es nicht unter gewöhnlichen Verhältnissen, sondern nur  $NO$ .  $N_2O_4$  und  $NO_2$  gibt es bei verschiedenen Temperaturen in wechselnden Verhältnissen gemischt, beide haben prozentual gleiche Zusammensetzung, aber verschiedene Eigenschaften.

zeichnen. Umgekehrt können wir aus den gegebenen Formeln sofort die in den 5 Verbindungen vorhandenen Mengen Stickstoff und Sauerstoff berechnen, und zwar wie früher beim Chlornatrium gezeigt sowohl in Prozenten als für beliebige Mengen.

Das Molekulargewicht jeder Verbindung kann der Leser leicht ermitteln; z. B. Stickstoffpentoxyd besteht aus:

$$\begin{array}{r} 2 \text{ Atomen Stickstoff } 2 \cdot 14,01 = 28,02 \\ 5 \text{ Atomen Sauerstoff } 5 \cdot 16 = 80 \\ \hline \text{also Mol.-Gew. von } \text{N}_2\text{O}_5 = 108,02. \end{array}$$

Die diesen Verhältnissen Ausdruck verleihende Regel nennt man das Gesetz der chemischen Proportionen. Es besagt, daß die Atome sich entweder im einfachen Gewichtsverhältnisse ihrer Atomgewichte verbinden oder im Verhältnis ganzzahliger Vielfacher dieser Atomgewichte.

### Verbindungen von Molekeln.

So wie sich die Atome zu Molekeln verbinden, so verbinden diese sich mit weiteren Atomen oder Atomgruppen (Molekeln oder Teilen solcher) zu zusammengesetzteren Verbindungen, und zwar im Verhältnis der Atom- oder Molekulargewichte oder auch ganzzahliger Vielfacher davon.

Das wasserfreie schwefelsaure Kupfer oder Kupfersulfat, ein weißes Pulver, hat die Formel  $\text{CuSO}_4$ , d. h. es besteht aus 1 Atom Kupfer, 1 Atom Schwefel und 4 Atomen Sauerstoff. Dieses verbindet sich leicht mit Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) zu dem schön blau gefärbten kristallisierten Kupfersulfat (Kupfervitriol). Seine Formel ist  $\text{CuSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$  oder  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  oder  $\text{CuSO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$ . Die letzte Schreibweise ist am wenigsten irreführend; denn + brauchen wir später in anderem Sinne und · könnte als Zeichen für „mal“ aufgefaßt werden. Die Zahl 5 bedeutet hier, daß an 1 Molekel  $\text{CuSO}_4$  5 Molekeln  $\text{H}_2\text{O}$  (Wasser) gebunden sind. Die 5 bezieht sich also nicht nur auf  $\text{H}_2$ , sondern auf  $\text{H}_2\text{O}$ ,

das man eigentlich durch Klammer (nach mathematischer Regel) einzuschließen hätte. Dies geschieht gewöhnlich nicht. Man muß sich also merken, daß eine Zahl vor einer Formel alles Folgende vervielfältigt bis zum nächsten + oder =.

Soll eine Atomgruppe vervielfältigt geschrieben sein, so kann dies durch Index geschehen, z. B.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ist Aluminiumsulfat (wasserfrei). Es besteht aus 2 Atomen Al (Aluminium) und 3 Atomgruppen  $\text{SO}_4$  (Schwefelsäurerest oder Sulfation, vgl. S. 58 und 103). Wenn wir also die einzelnen Atome als Bestandteile angeben oder ausrechnen wollen, so haben wir so aufzustellen: 2 Al, 3 S und 3 mal 4 O = 12 O. Der Grund, weshalb man nicht  $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12}$  schreibt, was rechnerisch dasselbe wäre und auch die Zusammensetzung richtig wiedergeben würde, ist der:  $\text{SO}_4$  ist eine bei allen Sulfaten (siehe oben  $\text{CuSO}_4$ ) vorkommende Gruppe, die auch bei Umsetzungen, die wir später kennenlernen, oft unverändert bleibt. Diese Gruppe wäre aus der Formel  $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12}$  (sog. Bruttoformel) schlecht erkennbar.

Das Molekulargewicht von  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  oder  $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12}$  kann vor oder nach Auflösung der Formel ausgerechnet werden, was wir hier beides ausführen wollen:

$$\begin{array}{r}
 \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3: \\
 \text{Al}_2 = 2 \text{ Al} = 2 \cdot 27,1 = 54,2 \\
 \text{S} = 32,06 \\
 \text{O}_4 = 4 \text{ O} = 64,00 \\
 \hline
 \text{SO}_4 = 96,06 \cdot 3 \\
 \hline
 \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 342,4
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} \\
 \text{Al}_2 = 54,2 \\
 \text{S}_3 = 96,2 \\
 \text{O}_{12} = 192,0 \\
 \hline
 \text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12} = 342,4
 \end{array}$$

Wir mußten hier eine Abrundung vornehmen, da das Atomgewicht des Aluminiums nur in der Einerzahl genau und in den Zehnteln schon unsicher ist, wie aus der Angabe nur dreier Stellen (eine hinter dem Komma) in der Atomgewichtstabelle hervorgeht. Es hat bei der Berechnung des Molekulargewichts keinen Sinn, mehr Stellen

anzugeben, auch wenn bei den anderen Elementen, wie hier bei Sauerstoff und Schwefel, die Atomgewichte genauer bekannt sind. Stände aber in der Atomgewichtstabelle 27,10, so hieße das, daß auch die 1 noch als sicher richtig anzusehen wäre. Dann würde sich das Molekulargewicht des Aluminiumsulfates zu 342,38 errechnen.

Statt der Formel  $H_2O$ , wenn sie Krystallwasser bedeutet, wird auch aq (lat. aqua = Wasser) geschrieben.

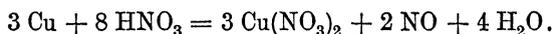
### Chemische Gleichungen.

Unter chemischen Gleichungen ist nicht dasselbe zu verstehen, was man im Rechnen und in der Mathematik unter Gleichungen versteht. Wir drücken hier in der Chemie nur das Entstehen einer Verbindung oder ihre Zersetzung oder auch Umsetzungen von Verbindungen durch Gleichungen aus. So besagt die Gleichung  $Na + Cl = NaCl$ , daß aus 1 Atom Natrium und 1 Atom Chlor 1 Molekel Natriumchlorid entsteht. Umgekehrt heißt  $NaCl = Na + Cl$ : Natriumchlorid zerfällt (oder wird zerlegt) in Natrium und Chlor, und zwar eine Molekel in je 1 Atom. Da die Mengenverhältnisse der Elemente im Verhältnis ihrer Atomgewichte (hier im einfachen Verhältnisse) stehen, so besagen unsere Gleichungen weiterhin, daß aus 23,00 Gew.-Tl. Natrium und 35,46 Gew.-Tl. Chlor 58,46 Gew.-Tl. Natriumchlorid entstehen und umgekehrt, daß sich 58,46 Gew.-Tl. Natriumchlorid in 23,00 Gew.-Tl. Natrium und 35,46 Gew.-Tl. Chlor zersetzen lassen. Nach dem chemischen Erhaltungsgesetz ist die Summe der Gewichte der entstehenden Stoffe gleich der Summe der Gewichte der Stoffe, von denen man ausging. In einer vollständigen chemischen Gleichung müssen auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens von jeder Art, die vorkommt, gleiche Anzahl Atome stehen. Gleichungen wie:  $NaCl = Na + Cl_2$  oder  $H_2O = H + O$  sind falsch. Setzt man für die Atome auf beiden Seiten der Gleichungen die Atomgewichtszahlen ein, so muß die

Summe aller Atomgewichte rechts und links gleich sein, was dem Gesetze von der Erhaltung entspricht.

Bringt man zwei Stoffe zusammen und ist von einem mehr vorhanden, als sich mit dem anderen verbinden kann, so bleibt der „überschüssige“ Teil einfach unzersetzt bzw. unverbunden neben der gebildeten Verbindung zurück. Lassen wir z. B. statt 2,016 Gew.-Tl. Wasserstoff etwa die 10 fache Menge (20,16 Gew.-Tl.) mit 16 Gew.-Tl. Sauerstoff reagieren (d. h. aufeinander einwirken), bringen wir sie also unter Bedingungen, unter denen Wasserstoff sich mit Sauerstoff verbindet, so erhalten wir nur die Verbindung von 2,016 Gew.-Tl. Wasserstoff mit den 16 Gew.-Tl. Sauerstoff, und  $20,16 - 2,016 = 18,144$  Gew.-Tl. Wasserstoff bleibt als solcher unverändert zurück.

Bei der Wechselwirkung von Elementen unter sich und von Verbindungen unter sich oder von Elementen mit Verbindungen entstehen neue Verbindungen, und dieses geschieht stets wieder in Gewichtsverhältnissen, die durch die Atomgewichte der Elemente und durch die Molekulargewichte der Verbindungen ausgedrückt werden können. Entweder geschieht dieses im einfachen Verhältnis dieser Zahlen oder im Verhältnis ganzzahliger Vielfacher der Atom- bzw. Molekulargewichte. Wir sahen oben bei  $\text{CuSO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$  schon ein Beispiel, wollen aber einen anderen Vorgang als Gleichung schreiben und näher betrachten. Kupfer wird von Salpetersäure gelöst unter Bildung von Kupfernitrat (salpetersaurem Kupfer), Stickstoffoxyd und Wasser. Die Gleichung lautet:



3 Atome Kupfer + 8 Mol. Salpetersäure gibt 3 Mol. Kupfernitrat + 2 Mol. Stickstoffoxyd + 4 Mol. Wasser. Wir prüfen die Gleichung auf Richtigkeit:

Links: 3 Cu, 8 H, 8 N,  $8 \cdot 3 = 24 \text{ O}$ .

Rechts: 3 Cu,  $4 \cdot 2 = 8 \text{ H}$ ,  $2 \cdot 3 + 2 = 8 \text{ N}$ ,  $3 \cdot 2 \cdot 3 + 2 + 4 = 24 \text{ O}$ .

Daß vorangestellte Zahlen sich immer auf die ganzen Molekeln beziehen, war bereits früher erklärt. Die 3 vor  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  bezieht sich also nicht nur auf Cu, sondern auch auf die bereits durch den Index 2 verdoppelte Gruppe  $\text{NO}_3$ . Sollte etwa die 3 nur für Cu gelten, so wäre zu schreiben:  $\text{Cu}_3(\text{NO}_3)_2$ . Diese Verbindung ist nicht bekannt, wohl aber lernten wir die Schreibweise an:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  Aluminiumsulfat früher kennen.

Nach obiger Gleichung können wir alle entstandenen Mengen berechnen, wenn die Menge der Ausgangsstoffe bekannt ist. Es genügt aber auch, wenn nur die Kupfermenge bekannt ist, da ja eine bestimmte Menge Salpetersäure zur Lösung nach der Gleichung erforderlich ist und ein Überschuß unverbraucht zurückbleibt.

Zur Ausführung der Berechnung entnehmen wir der Tabelle die Atomgewichte der Elemente und setzen in die Gleichung ein:

3 · 63,57 Gew.-Tl. Kupfer geben mit 8 · (1,008 + 14,01 + 3 · 16) Gew.-Tl. Salpetersäure: 3 [63,57 + 2 (14,01 + 3 · 16)] Gew.-Tl. Kupfernitrat + 2 (14,01 + 16) Gew.-Tl. Stickstoffoxyd + 4 (2 · 1,008 + 16) Gew.-Tl. Wasser. Aufgelöst gibt das:

|                                     |                              |                                 |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 190,71 Gew.-Tl. Kupfer              | 562,77 Gew.-Tl. Kupfernitrat |                                 |
| 504,144 „ Salpetersäure             | 60,02 „ Stickstoffoxyd       |                                 |
| <u>694,854 Gew.-Tl. Ausgangsst.</u> | <u>72,064 „ Wasser</u>       |                                 |
|                                     |                              | 694,854 Gew.-Tl. entst. Stoffe. |

Die Summierung dient als Richtigkeitsprüfung (als „Probe“).

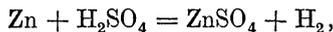
Wir erhalten also aus 190,71 Gew.-Tl. Kupfer mit 504,144 Gew.-Tl. Salpetersäure — aber auch mit mehr Säure, d. h. mit einem Überschuß — die aufgezählten Stoffe in den angegebenen Mengen. Etwaiger Salpetersäureüberschuß bleibt unverändert daneben bestehen. Es ist jetzt leicht, nach dem Dreisatz zu berechnen, wieviel z. B. 190,71 kg oder 10 kg Kupfer oder irgendeine andere Menge

liefert, wenn mindestens die nötige Salpetersäure angegeben wird. Wir überlassen es dem Leser, zur Übung auch die nötige Menge Salpetersäure für 10 kg Kupfer zu berechnen.

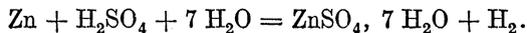
Für den umgekehrten Fall, daß eins der Endprodukte, d. h. der entstandenen Stoffe oder der gewünschten bzw. herzustellenden Stoffe, zu berechnen ist, wählen wir ein anderes Beispiel (der Leser mag es auch an obigem versuchen):

Es soll hergestellt werden: 10 dz krystallisiertes Zinkvitriol (schwefelsaures Zink oder Zinksulfat). Dieses hat die Formel  $\text{ZnSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$ . Das heißt, es ist in wasserfreiem Zustand:  $\text{ZnSO}_4$  ähnlich dem  $\text{CuSO}_4$  dem Kupfersulfat zusammengesetzt. Wie nun dieses sich mit  $5 \text{H}_2\text{O}$  (5 Mol. Wasser) zu dem krystallisierten Kupfersulfat verbindet, so verbindet sich  $\text{ZnSO}_4$  mit Wasser nach der Gleichung:  $\text{ZnSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{O} = \text{ZnSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$ . Dieses an viele Salze (Verbindungen von Metall mit Säureresten) gebundene Wasser nennt man Krystallwasser. Beim Erhitzen verschwindet das Krystallwasser, indem es verdampft, und die wasserfreien „trockenen“ Salze bleiben zurück.

Um nun Zinksulfat zu gewinnen, kann man Zink (Metall) in verdünnter Schwefelsäure lösen. Da in der verdünnten, d. h. wässrigen Schwefelsäure das nötige Wasser vorhanden ist, entsteht unmittelbar beim Lösen das wasserhaltige Salz, in überschüssigem Wasser gelöst. Durch Eindampfen erhält man das krystallisierte Salz. Die Gleichung für die Einwirkung des Zinks auf Schwefelsäure ist folgende:



d. h. 1 Atom Zink + 1 Mol. Schwefelsäure gibt 1 Mol. Zinksulfat + 1 Mol. Wasserstoffgas (1 Mol. Wasserstoff = 2 Atome). Das wasserfreie  $\text{ZnSO}_4$  bindet sogleich 7 Mol. Wasser, so daß wir statt 1 Mol.  $\text{ZnSO}_4$  gleich 1 Mol.  $\text{ZnSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$  schreiben können. Man konnte auch von vornherein schreiben:



Da wir lediglich die Menge Zn und  $\text{H}_2\text{SO}_4$  für 10 dz  $\text{ZnSO}_4$ , 7  $\text{H}_2\text{O}$  ausrechnen wollen, haben wir mit 7  $\text{H}_2\text{O}$  auf der linken Seite und mit  $\text{H}_2$  auf der rechten nicht zu rechnen.

Nach der Atomgewichtstabelle hat Zn das Atomgewicht 65,37, die übrigen Atomgewichte kennen wir schon aus früheren Rechnungen.

Es ergibt sich also:

$$65,37 \text{ Gew.-Tl. Zn} \dots 65,37 + 32,06 + 4 \cdot 16 + 126,11 \\ = 287,54 \text{ Gew.-Tl. ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}.$$

Anmerkung:  $(126,11 = 7 \cdot (2 \cdot 1,008 + 16))$ .

$$\text{Also 1 Gew.-Tl. ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O} \dots \frac{65,37}{287,54} \text{ Gew.-Tl. Zink} \\ 10 \text{ dz ZnSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O} \dots \frac{65,37 \cdot 10}{287,54} \text{ dz Zink.}$$

Die Menge der Schwefelsäure wird jetzt der Leser uns schwer berechnen können. Ebenso wird es leicht sein, Aufgaben zu berechnen, wie:

Wieviel Zentner  $\text{CuSO}_4$  (wasserfrei) entspricht 50 Zentner  $\text{CuSO}_4$ , 5  $\text{H}_2\text{O}$ , und wieviel Cu (Kupfermetall) ist darin enthalten? (Genau soviel Cu ist umgekehrt zur Herstellung nötig.)

Entsprechend ist auch die Aufgabe betreffend Radiumsalz:

Aufgabe. Wieviel Radium (Metall) ist in 1 mg Radiumbromid (krystallisiert) enthalten?

Dieses hat die Formel  $\text{RaBr}_2$ , 2  $\text{H}_2\text{O}$ . Wieviel kostet 1 g Radium, wenn der Preis für 1 mg  $\text{RaBr}_2$ , 2  $\text{H}_2\text{O}$  400 Mk. beträgt?

Wir wollen hier mit dem Atomgewicht des Ra zu 226,0, Br 79,92 rechnen. Eigentlich müßten wir Br auf 79,9 abrunden, da Ra nur auf 1 Stelle angegeben ist. Es ist aber hier üblich, alle Stellen zu berücksichtigen.

Also ist:

$$226,0 + 2 \cdot 79,92 + 2 \cdot (2 \cdot 1,008 + 16) \text{ Gew.-Tl. RaBr}_2, \\ 2 \text{ H}_2\text{O} \dots 226,0 \text{ Gew.-Tl. Ra}$$

oder 421,872 Gew.-Tl. RaBr<sub>2</sub>, 2 H<sub>2</sub>O . . . . 226,0 Gew.-Tl. Ra.

$$1 \text{ Gew.-Tl. RaBr}_2, 2 \text{ H}_2\text{O} \dots \frac{226,0}{421,872} \text{ Gew.-Tl. Ra.}$$

$$1 \text{ mg} \left( \frac{1}{1000} \text{ g} \right) \text{ RaBr}_2, 2 \text{ H}_2\text{O} \dots \frac{226}{421,872} \text{ mg Ra}$$

$$= 0,5357 \text{ mg Ra.}$$

Wenn also 1 mg des Ra-Salzes 400 Mk. kostet, so kostet 1 g 400 000 Mk., und 1 g Radium (Metall) stellt sich auf  $400\,000 \cdot \frac{421,872}{226}$  Mk. Das heißt so viel kostet 1 g Radium (als Metall gerechnet) in den betreffenden Präparaten. In Wirklichkeit stellt sich reines Radiummetall viel teurer.

Die Radiumpräparate werden meist nach Gehalt an RaBr<sub>2</sub>, 2 H<sub>2</sub>O berechnet, und der Preis für 1 mg dieses Salzes gilt als Grundlage. Sogar Radiumpräparate, die gar kein Brom enthalten, z. B. Radiumchlorid, werden auf jener Grundlage berechnet. Wir werden Ähnliches später beim Cyannatrium kennen lernen.

Bei häufig wiederkehrenden Berechnungen wird man sich die Umrechnungszahlen (Faktoren) ein für allemal ausrechnen und nur bei Änderung in den Atomgewichtstabellen neu ausrechnen. Die Rechentafeln von Küster geben eine Anzahl solcher Faktoren für den Laboratoriumsgebrauch. Für logarithmisches Rechnen sind daneben auch die betr. Logarithmen angegeben, doch hindert das nicht den Gebrauch für den, der nicht logarithmisch rechnen kann oder will.

Wir wollen als Beispiel die Faktoren ausrechnen, die nötig sind, um die Analysen von Phosphor in Phosphaten auszurechnen. Diese Phosphate werden analysiert auf Phosphorgehalt, der entweder als Phosphor (P) oder als P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Phosphorpentoxyd = Phosphorsäureanhydrid) oder als Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> Tricalciumphosphat angegeben bzw. berechnet wird. Da in P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und in Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 2 Atome P

vorhanden sind, müssen wir setzen: 2 P entsprechen (bzw. geben) 1 Mol.  $P_2O_5$  oder 1 Mol.  $Ca_3(PO_4)_2$ .

$$2 P = 2 \cdot 31,04 = 62,08.$$

$$P_2O_5 = P_2 + O_5 = 62,08 + 5 \cdot 16 = 142,08.$$

$$Ca_3(PO_4)_2 = 3 \cdot 40,07 + 2 (31,04 + 4 \cdot 16) = 310,29.$$

Das heißt:

$$\begin{aligned} 62,08 \text{ Gew.-Tl. P} &\dots 142,08 \text{ Gew.-Tl. } P_2O_5 \\ &\dots 310,29 \text{ Gew.-Tl. } Ca_3(PO_4)_2. \end{aligned}$$

$$1 \text{ Gew.-Tl. P} \dots \frac{142,08}{62,08} \text{ Gew.-Tl. } P_2O_5$$

$$\dots \frac{310,29}{62,08} \text{ Gew.-Tl. } Ca_3(PO_4)_2.$$

$$1 \text{ Gew.-Tl. P } 2,2886 \text{ Gew.-Tl. } 4,9982 \text{ Gew.-Tl. } Ca_3(PO_4)_2.$$

Bei überschläglichen Rechnungen kann man sich mit den abgerundeten Zahlen 2,29 und 5 begnügen. Bei vielen solchen Rechnungen und bei Betriebsberechnungen rechnet man meist mit abgerundeten Atomgewichten. Die Rechnungen werden oft sehr schnell, sogar im Kopf auszuführen sein. Viele Atomgewichte liegen nahe an ganzen Zahlen.

Wir wollen ein Beispiel vom Eisen (Atomgewicht 55,88, rund 56) nehmen.

**Aufgabe.** In einem Eisenerz ist 35 Proz. Eisen. Wieviel Eisenoxyd ( $Fe_2O_3$ ) ist das?

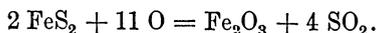
2 Fe gibt 1 Mol.  $Fe_2O_3$ .  $2 \cdot 56$  Gew.-Tl. Eisen:  $(2 \cdot 56 + 3 \cdot 16)$  Gew.-Tl. Eisenoxyd oder 112 Gew.-Tl. Eisen: 160 Gew.-Tl. Eisenoxyd oder 7 Gew.-Tl. Eisen 10 Gew.-Tl. Eisenoxyd. (Man konnte auch sofort durch 16 heben.)

35 Proz. Eisen entspricht also  $\frac{10}{7}$  mal soviel, also 50 Proz. Eisenoxyd. Mit den abgerundeten Atomgewichten erhalten wir für Umrechnung von Fe auf FeO (Eisenoxydul) den Faktor  $\frac{9}{7}$ , für S auf  $SO_3$  (Schwefel auf Schwefeltrioxyd = Anhydrid der Schwefelsäure):  $2\frac{1}{2}$  usw.

### Empirische Faktoren.

In der Technik hat man oft mit sog. empirischen Faktoren zu rechnen, d. h. mit Faktoren, die durch Erfahrung oder Versuch ermittelt sind. Sie können sich mehr oder weniger von den theoretischen Faktoren, die wir bisher allein betrachteten, unterscheiden.

Schwefelkies (Eisenkies, Pyrit, Formel:  $\text{FeS}_2$ ) wird in Schwefelsäurefabriken abgeröstet. Das vorhandene Eisen geht hierbei durch Sauerstoff aus der Luft in Eisenoxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) über, und der Schwefel entweicht als Schwefelsäureanhydrid (Schwefeldioxyd  $\text{SO}_2$ ). Dieses wird in Schwefelsäure übergeführt, während die Kiesabbrände (das Eisenoxyd) in Eisenhochofenwerken auf Eisen verarbeitet werden. Der Röstvorgang ist so zu formulieren:



Rechnen wir mit abgerundeten Atomgewichten, so ergibt  $2 \cdot (56 + 2 \cdot 32)$  Gew.-Tl.  $\text{FeS}_2 \dots 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16$  Tl.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , gehoben durch  $2 \cdot 8$ :

$7 + 8 = 15$  Gew.-Tl.  $\text{FeS}_2 \dots 7 + 3 = 10$  Tl.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,

gehoben durch 5:

3 Gew.-Tl.  $\text{FeS}_2 \dots 2$  Gew.-Tl.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

oder 1 Gew.-Tl.  $\text{FeS}_2 \dots \frac{2}{3}$  Gew.-Tl.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Reiner Kies ergäbe also  $\frac{2}{3}$  seines Gewichts an Abbrand oder  $66\frac{2}{3}$  Proz. Abbrand.  $0,666\dots$  ist also der Faktor für reinen Kies, der sog. theoretische Faktor. Nun ist aber der Kies niemals ganz rein, außerdem ist die Ab-röstung selbst bei annähernd reinem Kies nicht vollständig. Verunreinigungen wie Quarz (Kieselsäureanhydrid) bleiben bei der Röstung ganz unverändert. Etwas Schwefel bleibt zurück, ein Teil geht in Schwefeltrioxyd über, das in Form von Sulfaten (schwefelsauren Salzen) des Eisens oder etwa vorhandenen Kalkes usw. im Abbrand verbleibt. Praktisch wäre es also falsch, mit  $66\frac{2}{3}$  als Faktor zu rechnen. Je nach Art des Kieses wird man mit 70 Proz.

oder mehr zu rechnen haben. Den durch Versuch oder Erfahrung gefundenen Faktor nennt man den empirischen Faktor — zu deutsch etwa: „durch Versuch ermittelten Umrechnungswert“.

Solche Faktoren lassen sich bei einigen Erzen auch aus der Analyse berechnen, doch würden diese Berechnungen hier zu weit führen. Die so errechneten Faktoren sind viel unsicherer als die empirischen, weil die oft sehr verwickelten und nach Beschaffenheit und Handhabung der Öfen sehr wechselnden Umsetzungen sich meist nicht voraussehen lassen.

### Wertigkeit.

Manchem Leser wird es aufgefallen sein, daß in den bisher erwähnten Beispielen die Metallatome sich mit verschiedenen Mengen von Säureresten verbunden haben. So hatten wir die Formel  $\text{CuSO}_4$  für Kupfersulfat, aber  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  für Aluminiumsulfat. 1 Cu bindet also in unserem Falle 1  $\text{SO}_4$ -Gruppe, 2 Al aber 3  $\text{SO}_4$ -Gruppen. 1 Na bindet 1 Cl zu NaCl, Radium (Ra) aber 2 Br zu  $\text{RaBr}_2$ . Die Elementatome, Atomgruppen und Molekeln haben verschiedene Bindungswertigkeiten.

Wie wir Wasserstoff (ursprünglich wenigstens) als Einheit für die Atomgewichte gewählt hatten, so nimmt man ihn auch als einwertig an und bezeichnet die Elementatome und Atomgruppen usw. als einwertig, die sich mit einem Atom Wasserstoff verbinden oder bei Umsetzungen ein Atom Wasserstoff vertreten. Mehrwertig sind die Elementatome usw., die mehrere Wasserstoffatome binden oder vertreten.

Chlor bildet mit Wasserstoff nur die eine Verbindung HCl (Chlorwasserstoff oder Salzsäuregas). Chlor ist also einwertig. Chlor bildet mit Natrium die uns schon bekannte Verbindung NaCl und nur diese. Natrium muß also auch einwertig sein. Bei der Einwirkung von Na auf HCl ersetzt tatsächlich 1 Na das 1 Wasserstoffatom. Also auch die

Vertretung eines H-Atoms zeigt die Einwertigkeit des Natriums. Calcium (Metall) bildet aber mit Wasserstoff die Verbindung  $\text{CaH}_2$  (Calciumhydrid) und mit Chlor die Verbindung  $\text{CaCl}_2$  (Calciumchlorid). Das Calcium ist also zweiwertig. Wir können hier nicht alle Wertigkeiten behandeln und wollen auf die Tabelle verweisen, in der wir die wichtigsten Wertigkeiten für den praktischen Gebrauch angeben. Leider sind die Wertigkeiten bei manchen Elementen sehr wechselnd — auch keineswegs allen anderen Elementen gegenüber gleich. Immerhin können die von uns angegebenen Wertigkeiten dazu dienen, um die Formeln der wichtigsten Handelschemikalien aufzufinden und auch um die Mengen festzustellen, in denen eine Säure oder ein anderes Chemical durch billigere oder leichter zu beschaffende Produkte vertreten werden kann.

In den Formeln wird bisweilen die Wertigkeit zum Ausdruck gebracht, indem man römische Ziffern über den

Symbolen anbringt:  $\overset{\text{I}}{\text{H}}$  ist 1 Atom Wasserstoff (einwertig),

$\overset{\text{II}}{\text{Ca}}$  ist 1 Atom Ca (zweiwertig),  $\overset{\text{II}}{\text{Fe}}$  ein Eisenatom (zwei-

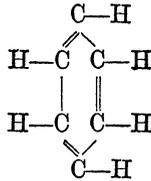
wertig), auch Ferroatom genannt,  $\overset{\text{III}}{\text{Fe}}$  ist ein Eisenatom (dreiwertig), auch Ferriatom genannt. Die Wertigkeit

kann auch durch Striche angedeutet werden, z. B.  $\text{Fe} =$  (Ferro-),  $\text{Fe} \equiv$  (Ferri-) oder in Verbindungen wie Wasser:  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ , d. h.  $\text{H}_2\text{O}$ . Der Wasserstoff hat einen Strich, der seine eine Bindungswertigkeit sinnfällig bezeichnet,

der Sauerstoff zwei wegen seiner Zweiwertigkeit. Dem Wasserstoffperoxyd kommt die Formel:  $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$  zu,

zwei O-Atome sind untereinander verbunden. So geschriebene Formeln nennt man Konstitutionsformeln. Das Rechnen mit solchen Formeln bietet keine Schwierigkeiten, da Zahl und Lage der Striche für das Rechnen gar nicht in Betracht kommen, sondern nur die Anzahl der Atome. Für solche Leser, die etwa weiter in die Chemie der Kohlenstoffverbindungen (die organische Chemie) eindringen wol-

len, soll noch erwähnt sein, daß dort gewisse Abkürzungen gebraucht werden, wie , ein Sechseck für den Ring  $C_6H_6$ , d. h.:



und andere Ringsysteme.

Einige Kürzungen kommen auch sonst noch vor: Cy für  $-C \equiv N$  (Cyan) und Am für  $-NH_4$  Ammonium. Andere solche Kürzungen werden jetzt nicht mehr gebraucht, und auch jene sollten vermieden werden.

Wie erwähnt, kommt Eisen in Verbindungen als zwei- und dreiwertiges Eisen vor. Die Verbindungen des zweiwertigen Eisens (lat. Ferrum) nennen wir Ferroverbindungen, die des dreiwertigen Eisens Ferriverbindungen. Der Buchstabe *o* bezeichnet immer die niedriger wertige Form, *i* die höherwertige. Die Verbindungen des einwertigen Kupfers heißen Cuproverbindungen, die des zweiwertigen Cupriverbindungen. Beim Quecksilber heißen sie Mercurverbindungen (einwertiges Hg) und Mercuriverbindungen (zweiwertiges Hg).

Wir wollen zunächst die Chlorverbindungen dieser und einiger anderer Metalle zusammenhängend betrachten: Chlor ist einwertig.

Wir hatten bisher schon NaCl als Chlorid des einwertigen Na erwähnt. Das zweiwertige Calcium bildete  $CaCl_2$ . Eisen bildet 2 Chloride:  $FeCl_2$  Ferrochlorid „Eisenchlorür“ und  $FeCl_3$  Ferrichlorid „Eisenchlorid“. Nach der älteren Weise wurden die niedrigeren Chlorverbindungen mit der Endung „ür“, die höheren mit „id“ versehen. Entsprechend ist es bei Brom-, Jod-, Fluor, Cyan- und vielen anderen Verbindungen. Das Kupfer bildet auch 2 Chlorverbindungen:

das Cuprochlorid „Kupferchlorür“  $\text{CuCl}$  und Cuprichlorid „Kupferchlorid“  $\text{CuCl}_2$  — genau entsprechend das Quecksilber. Zinn kommt zwei- und vierwertig vor: Stannochlorid „Zinnchlorür“ ist  $\text{SnCl}_2$  und Stannichlorid „Zinnchlorid“ ist  $\text{SnCl}_4$ .

Bei der Formulierung und Benennung der Schwefelverbindungen ist in Betracht zu ziehen, daß der Schwefel zweiwertig ist. Schwefelnatrium oder Natriumsulfid hat die Formel  $\text{Na}_2\text{S}$  (der zweiwertige S bindet 2 Atome einwertiges Na). Schwefelcalcium oder Calciumsulfid ist  $\text{CaS}$ . Vom Eisen haben wir zwei Schwefelverbindungen, die vom zwei- und dreiwertigen Eisen: Einfach-Schwefeleisen „Eisensulfür“ oder Ferrosulfid  $\text{FeS}$  und Anderthalbfach-Schwefeleisen „Eisensulfid“ Ferrisulfid  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ <sup>1)</sup>. Außerdem gibt's noch Zweifach-Schwefelbasen  $\text{FeS}_2$  (Pyrit, Schwefelkies) Eisendisulfid mit vielleicht vierwertigem Eisen oder gegenseitiger Bindung der S-Atome. Die Sulfide des Kupfers, Quecksilbers und Zinns sind jetzt leicht zu formulieren.

Wie die Schwefelverbindungen sind auch die Verbindungen mit dem zweiwertigen Sauerstoff zu formulieren: Wir hatten das Oxyd des Wasserstoffs (Wasser)  $\text{H}_2\text{O}$ . Natrium bildet  $\text{Na}_2\text{O}$  Natriumoxyd (nur in Verbindungen vorkommend) und Calcium  $\text{CaO}$  Calciumoxyd (gebrannter Kalk, Kalkerde). Eisen bildet die Oxyde:  $\text{FeO}$  „Eisenoxydul“ Ferrooxyd und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  „Eisenoxyd“ Ferrioxyd. Kupfer:  $\text{Cu}_2\text{O}$  „Kupferoxydul“ Cuprooxyd und  $\text{CuO}$  Kupferoxyd „Cuprioxyd“. Zinn:  $\text{SnO}$  „Zinnoxydul“ Stannooxyd und  $\text{SnO}_2$  „Zinnoxyd“ Stannioxyd (zwei- und vierwertig kommt Zinn, wie oben erwähnt, vor).

Da nun nicht nur einfache Atome, sondern auch Atomgruppen, wie wir bei  $\text{CuSO}_4$ ;  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  usw. früher gesehen haben, mit Metallatomen verbinden, so können wir auch dort verschiedene Wertigkeit der Gruppen feststellen.

<sup>1)</sup> Ist für sich allein unbeständig.

$\text{CuSO}_4$  ist Cuprisulfat (zweiwertiges Kupfer und zweiwertige  $\text{SO}_4$ -Gruppe, genannt Schwefelsäurerest oder Sulfatgruppe).  $\text{NO}_3$  ist die einwertige Nitratgruppe, der einwertige Salpetersäurerest.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ist Cuprinitrat. Vom einwertigen Kupfer leitet sich z. B.  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$  Cuprosulfat ab. Beim Eisen haben wir  $\text{FeSO}_4$  Ferrosulfat (vom zweiwertigen Eisen) und  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  Ferrisulfat vom dreiwertigen Eisen. Hier binden 2 dreiwertige Atome 3 zweiwertige  $\text{SO}_4$ -Gruppen. Da nun Verbindungen wie  $\text{FeSO}_4$  dem Oxydul entsprechen und Verbindungen wie  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  dem Oxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und sich aus den betreffenden Sauerstoffverbindungen herstellen lassen, bezeichnete man früher und jetzt noch in der Technik die Ferroverbindungen als Eisenoxydulverbindungen und die Ferriverbindungen als Eisenoxydverbindungen. Man sagt also: Eisenoxydulsulfat oder schwefelsaures Eisenoxydul statt Ferrosulfat und Eisenoxydsulfat oder schwefelsaures Eisenoxyd statt Ferrisulfat.

### Säuren, Basen, Salze.

Die Säuren sind ausnahmslos Verbindungen, die Wasserstoff enthalten, der durch Metallatome vertretbar ist. Die so entstandenen Verbindungen nennt man Salze. Wird in Salzsäure ( $\text{HCl}$ ) oder Chlorwasserstoff der Wasserstoff durch Natrium ersetzt, so entsteht  $\text{NaCl}$  Natriumchlorid, Chlornatrium, das gewöhnliche Salz oder Kochsalz, das man auch salzsaures Natrium oder chlorwasserstoffsäures Natrium gemäß dieser Entstehung nennen kann. In diesem Falle hat 1 Atom Na 1 Atom H vertreten, beide sind einwertig (unter sich gleichwertig: äquivalent).

Die Schwefelsäure hat die Formel  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Der Rest  $\text{SO}_4$  ist zweiwertig, wie wir schon wissen. Ein einwertiges Metallatom, z. B. K, kann hierin ein Wasserstoffatom vertreten, so entsteht  $\text{KHSO}_4$ , oder es können 2 einwertige Kaliumatome beide H ersetzen, wir erhalten dann  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Ein Salz wie letzteres, in dem alle vertretbaren H-Atome

ersetzt sind, nennen wir ein neutrales Salz.  $K_2SO_4$  ist also neutrales, normales oder gewöhnliches Kaliumsulfat oder neutrales schwefelsaures Kalium. Das Salz  $KHSO_4$  wird saures Kaliumsulfat oder Kaliumbisulfat oder saures, auch doppelt Schwefelsaures Kalium genannt. Sauer heißt es deshalb, weil es dem noch vorhandenen Wasserstoff entsprechend saure Eigenschaften aufweist, und doppelt Schwefelsauer und Bisulfat (bi = zweimal), weil man bei seiner Bildung doppelt soviel Schwefelsäure braucht als beim neutralen oder „einfach“ Schwefelsauren Kalium. Man bezeichnet auch nach der Menge des Kaliums das saure Salz  $KHSO_4$  als Monokaliumsulfat (Monos = eins, allein) und das neutrale Salz  $K_2SO_4$  als Dikaliumsulfat (Di = zwei). Statt Monokaliumsulfat kann schließlich auch Kaliumhydrosulfat gesagt werden, indem man den vorhandenen Wasserstoff (Hydrogenium) abgekürzt in den Namen aufnimmt. Die Benennung anderer Salze ist dementsprechend. Wir mußten die vielen Benennungen bringen, da sie in der Technik alle gebraucht werden.

Die Phosphorsäure hat die Formel  $H_3PO_4$ . Die Gruppe  $PO_4$  ist dreiwertig, und es sind 3 vertretbare H-Atome in der Säure. Sie bildet also mit einem einwertigen Metall wie Na die drei Salze  $NaH_2PO_4$ ,  $Na_2HPO_4$  und  $Na_3PO_4$ . Die zwei ersten sind saure Salze, das dritte ist neutral. Man kann sie benennen: Mononatriumphosphat, Dinatriumphosphat und Trinatriumphosphat oder Natriumdihydrophosphat, Dinatriumhydrophosphat und neutrales Natriumphosphat. Man sagt auch primäres, sekundäres und tertiäres Natriumphosphat.

In Säuren, die mehrere vertretbare H-Atome haben, in mehrbasischen Säuren, können verschiedene Metallatome die H-Atome ersetzen. Z. B. in  $H_2CO_3$  (Kohlensäure) kann 1 K und 1 Na eintreten, wir erhalten dann  $KNaCO_3$  Kaliumnatriumcarbonat oder „kohlen-saures Natriumkalium“ (die Reihenfolge K—Na oder umgekehrt ist gleichgültig). Das Salz ist neutral wie  $K_2CO_3$  Kalium-

carbonat, kohlen-saures Kalium, Pottasche oder wie  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Natriumcarbonat, kohlen-saures Natrium, trockene, wasserfreie oder sog. calcinierte Soda. Neutral sind diese Salze wie auch die Phosphate nur in chemischem Sinn, nicht in jeder Hinsicht. (Wir müssen uns Erörterungen darüber versagen und auf die chemischen Lehrbücher verweisen.)

Statt der einwertigen Metalle kann auch die Gruppe  $\text{NH}_4$  Ammonium (früher Am abgekürzt) eintreten.  $\text{NH}_4$  verhält sich wie ein einwertiges Metall: Die Verbindung  $\text{NH}_4\text{Cl}$  entspricht dem  $\text{NaCl}$  im Verhalten. Sie heißt Chlorammonium oder Ammoniumchlorid. Sie kann auch als salzsaures Ammon usw. bezeichnet werden. Im gewöhnlichen Leben wird sie Salmiak genannt (nicht zu verwechseln mit der Lösung des Gases  $\text{NH}_3$  in Wasser: Ammoniak oder Salmiakgeist).

Mit der zweibasischen Schwefelsäure entstehen zwei Salze:  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  und  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  saures und neutrales Ammoniumsulfat, schwefelsaures Ammonium, auch schwefelsaures Ammoniak. (Ältere Bezeichnung.)

Zweiwertige Metalle können mit Säuren saure Salze bilden, indem 1 zweiwertiges Metallatom 2 H-Atome zweier Molekeln Säure ersetzt, z. B.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  Calciumbicarbonat, saures kohlen-saures Calcium, das in natürlichen Wässern gelöst ist. In 2 Mol.  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ist je 1 H durch Ca ersetzt. Ca gibt mit Phosphorsäure die drei Phosphate:  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$  und  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , die den Natriumsalzen entsprechend als Mono-, Di- und Tricalciumphosphat bezeichnet werden. Verdoppelt man die Formel des  $\text{CaHPO}_4$  zu  $\text{Ca}_2(\text{HPO}_4)_2$ , so wird die Benennungsart sofort klar.

So wie es nun saure Salze gibt, haben wir auch basische Salze. Das chemische Gegenteil der Säure ist gewissermaßen die Basis oder Base. So wie wir uns Salze entstehend gedacht haben durch Ersatz von H der Säuren durch Metallatome, können aus Basen durch Ersatz der

in ihnen enthaltenen HO-Gruppe (einwertige Hydroxylgruppe) durch Säurereste Salze entstehen. Es sind dieselben Salze, nur auf andere Weise entstanden oder gebildet gedacht.

Eine sehr bekannte Basis oder Base ist das kaustische oder Ätznatron: Natriumhydroxyd mit der Formel  $\text{NaOH}$ . Das einwertige Natrium ist mit der einwertigen Gruppe  $\text{OH}$ , Hydroxyl verbunden. Hydroxyl ist einwertig, wie uns die „Konstitutionsformel“  $\text{—O—H}$  zeigt, denn Sauerstoff ist zweiwertig, also ist eine „freie“ Wertigkeit vorhanden. Hydroxyl für sich ist ebensowenig beständig wie die oft erwähnten Säurereste. Wird nun durch den Salzsäurerest, d. h.  $\text{Cl}$  (Salzsäure  $\text{HCl}$  weniger  $\text{H}$  gibt  $\text{Cl}$ ), das  $\text{OH}$  ersetzt, so erhalten wir  $\text{NaCl}$  Natriumchlorid, Chlornatrium oder salzsaures Natrium (nach älterer Benennungsart auch salzsaures Natron). Ersetzen wir im Kupferhydroxyd (Cuprihydroxyd)  $\text{Cu(OH)}_2$  (vom zweiwertigen Kupfer) die beiden  $\text{OH}$ -Gruppen durch den Rest der Schwefelsäure:  $\text{SO}_4$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  ist Schwefelsäure), so erhalten wir  $\text{CuSO}_4$  Cuprisulfat. Ersetzen wir aber im  $\text{Cu(OH)}_2$  nur 1 Hydroxyl durch  $\text{Cl}$ , so erhalten wir nicht das neutrale Chlorid, sondern  $\text{Cu(OH)Cl}$ , ein basisches Chlorid. Das neutrale leitet sich hingegen durch Ersatz beider Hydroxyle durch 2 Atome Chlor (Salzsäurereste) ab. Ebenso erhalten wir, wenn in 2  $\text{Cu(OH)}_2$  je 1  $\text{OH}$  durch 1  $\text{SO}_4$  ersetzt wird,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$ , ein basisches Kupfersulfat.

Es können sehr verwickelte zusammengesetzte basische Salze gebildet werden. Sie sind jedoch im Handel nicht so wichtig wie die sauren Salze. Wir haben dafür nicht so einfache Benennungen. Ohne Angabe der Formel ist meist nicht ersichtlich, welches Salz gemeint ist.

### **Ältere Benennungen von Säuren, Basen und Salzen.**

Wir haben zwei Anschauungsarten, die zugleich Bildungsarten sind, für die Salzzusammensetzung kennen-

gelernt. Vielfach wird aber noch eine ältere Formulierung gebraucht, die auf einer anderen Anschauung beruht und die, wenn auch veraltet, gewisse Vorzüge besitzt. Dem entspricht es auch, daß sie nicht nur von Mineralogen, sondern auch von Praktikern noch reichlich viel verwendet wird.

Wir können uns das Salz  $\text{CuSO}_4$  entstanden denken aus  $\text{CuO}$  und  $\text{SO}_3$ , d. h. aus Cuprioxyd und Schwefeltrioxyd, dem Anhydrid der Schwefelsäure. Die Säureanhydride sind die den Säuren entsprechenden Oxyde, sie leiten sich von den Säuren her durch Austritt von Wasser:  $\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , d. h. Schwefelsäure = Schwefelsäureanhydrid + Wasser. Die Formel des Kupfersulfates wurde geschrieben:  $\text{CuO}, \text{SO}_3$  (auch mit Punkt statt Komma). Es hieß: Schwefelsaures Kupferoxyd. Natriumsulfat schrieb man:  $\text{Na}_2\text{O}, \text{SO}_3$  statt  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Da man das Oxyd auch Natron nannte, hieß das Salz „schwefelsaures Natron“.

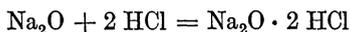
Als Säuren bezeichnete man nicht die H-haltigen Verbindungen, die wir jetzt Säuren nennen, sondern die Anhydride (Anhydrid heißt ohne Wasser, von an = deutsch „un“ und Hydor = Wasser),  $\text{SO}_3$  nannte man Schwefelsäure und  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , geschrieben  $\text{H}_2\text{O}, \text{SO}_3$ , Monohydrat der Schwefelsäure. Gerade bei dieser Säure ist noch heute diese Benennung sehr üblich, und gehandelt wird Schwefelsäure sehr oft nach dem Gehalt an  $\text{SO}_3$  statt nach dem an  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Die Tabellen für spez. Gewichte der Schwefelsäure und deren Gehalte bringen in unserem Büchlein wie in allen Hand- und Taschenbüchern die Angaben nach älterer und neuerer Art.

Die Umrechnung von  $\text{SO}_3$  auf  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ist nach dem, was wir zuvor brachten, sehr leicht auszuführen. Da  $\text{SO}_3$  rund das Mol.-Gew. 80 und  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98 hat, muß man  $\text{SO}_3$ -Prozente mit  $\frac{98}{80}$  vervielfältigen, um  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Prozente zu erhalten.

Sehr übersichtlich und viel gebraucht wird die alte For-

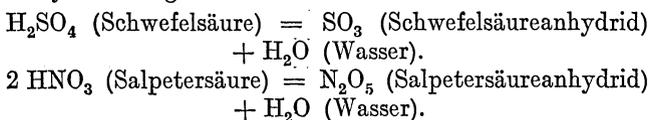
mulierung für Mineralien, besonders Silicate (kieselsaure Salze, kieselsäurehaltige Mineralien). So ist die neue Formel des Orthoklas (ein Feldspat):  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  weniger übersichtlich als die ältere  $\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6 \text{SiO}_2$ . Die Angaben in Analysenattesten — wenigstens in den für den Handel ausgeführten Analysen — entsprechen meist der letzten Formel, indem der Prozentgehalt an  $\text{K}_2\text{O}$  (Kaliumoxyd, Kali),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Aluminiumoxyd, Tonerde) und  $\text{SiO}_2$  (Siliciumdioxid, Kieselsäureanhydrid) angegeben wird. Leider wird  $\text{SiO}_2$  nach veralteter Weise noch oft „Kieselsäure“ genannt oder aber englisch (aber bei uns in Deutschland!) „Silica“. Bei Berechnung der Totalanalysen werden wir auf die ältere sog. dualistische Formulierung zurückkommen.

Nur bei den sauerstofffreien Säuren, von denen wir eine:  $\text{HCl}$  Chlorwasserstoff (oder Salzsäure), kennenlernten und bei deren Salzen ist die alte Formulierung weniger geeignet. Um die Bildung von  $\text{NaCl}$  aus dem Oxyd  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{HCl}$  zu schreiben, müßte man so verfahren:



oder summiert  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{OCl}_2$ . Hier wäre aber  $\text{H}_2\text{O}$  (1 Mol. Wasser) zuviel in der Formel, denn das Salz hat die Zusammensetzung  $\text{NaCl}$  (verdoppelt  $\text{Na}_2\text{Cl}_2$ ). Gleiches gilt für andere sauerstofffreie Säuren, wie  $\text{HBr}$  (Bromwasserstoff),  $\text{HJ}$  (Jodwasserstoff) oder  $\text{H}_2\text{S}$  (Schwefelwasserstoff) und viele andere.

Auch die Beziehungen der Säuren zu ihren Anhydriden werden nur nach der neueren Formulierung genügend klar wie die Aufstellung einiger derartiger Säuren und ihrer Anhydride zeigt:



$\text{HCl}$  (Chlorwasserstoff) oder Salzsäure kann kein Wasser verlieren, diese Säure bildet kein Anhydrid. Da nach älterer

Formulierung  $\text{SO}_3$  usw. Säuren heißen, fehlt bei den sauerstofffreien Säuren wie  $\text{HCl}$  die entsprechende Form.

In der Technik werden nichtsdestoweniger folgende Anhydride meist als Säuren bezeichnet:  $\text{SO}_3$  Schwefelsäureanhydrid,  $\text{N}_2\text{O}_5$  Salpetersäureanhydrid,  $\text{As}_2\text{O}_3$  Arsenigsäureanhydrid,  $\text{CO}_2$  Kohlensäureanhydrid,  $\text{SO}_2$  Schwefligsäureanhydrid,  $\text{SiO}_2$  Kieselsäureanhydrid,  $\text{P}_2\text{O}_5$  Phosphorsäureanhydrid u. a. Auch die verdünnten Säuren, d. h. wässrige Lösungen der Säuren, werden, wie schon erwähnt, bei Schwefelsäure vielfach nach Gehalt an Anhydrid gehandelt, das dann oft nicht ausdrücklich als solches bezeichnet wird. Dieses kann natürlich leicht zu Mißverständnissen und zu recht unangenehmen Auseinandersetzungen führen.

Entsprechend der alten Gepflogenheit finden wir auch im Handel mit Ätzalkalien, d. h. mit Natriumhydroxyd und Kaliumhydroxyd (Ätznatron und Ätzkali), den Verkauf nach Gehalt an  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$  statt nach Hydroxyd ( $\text{NaOH}$  und  $\text{KOH}$ ) sehr verbreitet. Obwohl die meisten Tabellen (auch die unseres Buches) Angaben beiderlei Art enthalten, wollen wir ein Beispiel für eine Umrechnung ausführen:

**Aufgabe.** Wieviel kg  $\text{Na}_2\text{O}$  ist in Rechnung zu stellen, wenn ein Waggon von 10 t 75 proz.  $\text{NaOH}$  (laut Analyse) geliefert ist?

**Lösung.** 1 Molekel  $\text{Na}_2\text{O}$  entspricht 2 Molekeln  $\text{NaOH}$  (da im ersteren 2 Atome  $\text{Na}$  vorhanden sind; auch folgt es aus der Gleichung:  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{NaOH}$ ). (Atomgewicht von  $\text{Na} = 23,00$ ,  $\text{O} = 16,00$ ,  $\text{H}$  rund 1.) Also:  $2 \cdot (23 + 16 + 1)$  Gew.-Tl.  $\text{NaOH} \dots (2 \cdot 23 + 16)$  Gew.-Tl.  $\text{Na}_2\text{O}$

|   |   |   |    |           |   |                               |
|---|---|---|----|-----------|---|-------------------------------|
| 80  | „ | „ | .. | 62        | „ | „                             |
| 40  | „ | „ | .. | 31        | „ | „                             |
|   |   |   |    | <u>31</u> |   |                               |
| 1   | „ | „ | .. | <u>40</u> | „ | „                             |
|   |   |   |    | <u>31</u> |   |                               |
| 10 t von 75 proz. $\text{NaOH} = 7,5 \text{ t} \dots$ |   |   |    | <u>40</u> | · | 7,5 t $\text{Na}_2\text{O}$ . |

Als die eigentlichen Basen bezeichnen wir die Hydroxydverbindungen wie NaOH, während man früher die Anhydriden entsprechenden Oxyde Na<sub>2</sub>O usw. als Basen bezeichnet hatte. Wie wir schon erwähnten, leiten sich von den Basen durch Ersatz des Hydroxyls (OH) durch Säurereste Salze ab. Diese Säurereste können einfache Atome, wie Cl als Rest des HCl, Br Rest des HBr (Brom als Rest des Bromwasserstoffs), sein oder Atomgruppen, wie SO<sub>4</sub> der Rest der Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), PO<sub>4</sub> der Rest der Phosphorsäure (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). So wie wir die Wertigkeit der Metallatome durch römische Ziffern angeben, können wir es auch bei den Säureresten tun. Wir erhalten dann die Formeln wie  $\overset{\text{I}}{\text{Na}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}$  für Natriumchlorid und  $\overset{\text{I}}{\text{Na}}_2\overset{\text{II}}{\text{SO}}_4$  für Natriumsulfat,  $\overset{\text{II}}{\text{Fe}}\overset{\text{II}}{\text{SO}}_4$  für Ferrosulfat und  $\overset{\text{III}}{\text{Fe}}_2(\overset{\text{II}}{\text{SO}}_4)_3$  für Ferrisulfat.

### Ionen und Berechnung von Totalanalysen.

Statt obiger Bezeichnung der Wertigkeit findet sich jetzt meist eine ganz ähnliche, die dem gegensätzlichen Verhalten der Metallatome und Säurereste besser gerecht wird und zugleich das elektrische Verhalten der Bestandteile zum Ausdruck bringt. Wir bezeichnen die elektropositiven Metallatome oder entsprechenden Gruppen (wie NH<sub>4</sub> = Ammonium) mit so viel + -Zeichen, als es Wertigkeiten besitzt, oder setzen aus drucktechnischen Gründen statt der + Punkte: Fe<sup>II</sup> zweiwertiges Eisen (statt Fe), Fe<sup>III</sup> = Fe (dreiwertiges Eisen). Bei den elektronegativen Gruppen oder Atomen setzen wir — Zeichen oder ', z. B. Cl' für Chlor als Salzsäurerest, SO<sub>4</sub>'' für Schwefelsäurerest usw. Nun nennt man die elektropositiven Bestandteile kurz Kationen und die elektronegativen Säurereste Anionen. Man spricht von ein- und mehrwertigen Kationen und Anionen. Der gemeinsame Name für Kationen und Anionen ist Ionen. (Von griech. ios = allein.)

Die Namen der einzelnen Ionen leiten sich von den Namen der Metalle und Säuren ab. Sie sind in unserer Tabelle der Ionen nebst ihrer Wertigkeit aufgeführt. Bei neueren Analysen werden, wie später gezeigt wird, die Bestandteile meist nach Ionen, nicht nach Oxyden (Metall-oxyde und Säureanhydride), angegeben. Es ist daher von Wert, sich diese Verhältnisse klarzumachen.

An und für sich ist es gleichgültig, ob bei einer Analyse der Gehalt von  $K_2SO_4$  angegeben wird als Prozente K und Prozente  $SO_4$  oder als Prozente  $K_2O$  und Prozente  $SO_3$ . Erstere Angabe entspricht dem neueren Gebrauch in der Wissenschaft, letztere ist die technisch üblichere. Früher sagte man, das Kaliumsulfat besteht aus „Kali“ (Kaliumoxyd) und „Schwefelsäure“ ( $SO_3$ , jetzt Schwefelsäureanhydrid oder Schwefeltrioxyd genannt) — wir sagen aber neuerdings wegen des Verhaltens der Lösungen lieber, es besteht aus Kaliumionen und Sulfationen, also aus 2 K-Ionen und 1  $SO_4$ -Ion.

Wir wollen eine solche Umrechnung vornehmen:

Aufgabe: In neutralem Aluminiumsulfat wurden gefunden 15,8 Proz. Al und 84,2 Proz.  $SO_4$  (Sulfation oder Schwefelsäurerest). Wieviel Proz. Tonerde ( $Al_2O_3$ ) oder Aluminiumoxyd und wieviel Proz. Schwefeltrioxyd ( $SO_3$ ) = Schwefelsäureanhydrid ist das? Es ist also die neuere Art der Angabe auf die ältere Art umzurechnen.

Lösung: Da 2 Al 1 Molekel  $Al_2O_3$  entsprechen, gilt:

$$\begin{aligned} 2 \cdot 27,1 &= 54,2 \text{ Gew.-Tl. Al} \dots 2 \cdot 27,1 + 3 \cdot 16 \\ &= 102,2 \text{ Gew.-Tl. } Al_2O_3, \end{aligned}$$

$$15,8 \text{ Gew.-Tl. Al} \dots \frac{102,2 \cdot 15,8}{54,2} \text{ Gew.-Tl. } Al_2O_3.$$

Die Lösung für  $SO_3$  ist entsprechend.

Wenn in der als Beispiel gewählten Substanz entweder  $Al_2O_3$  und  $SO_3$  oder Al und  $SO_4$  berechnet und angegeben ist, so muß die Summe (bei reinem Material) natürlich

100 Proz. ergeben — abgesehen von geringen Abweichungen, die durch Analysenfehler bedingt sind. Ist aber z. B. Al und  $\text{SO}_3$  angegeben, so fehlt natürlich der an Al gebundene bzw. der als gebunden daran zu rechnende Sauerstoff (nach alter Art) oder der zu  $\text{SO}_3$  zuzurechnende Sauerstoff (für  $\text{SO}_4$ ) nach neuer Art. Wie bei dieser einfachen Substanz, kommt dasselbe sehr häufig bei Erzanalysen vor. Aus kaufmännisch berechtigten Gründen wird z. B. die Bestimmung der Metalle und ihre Aufführung als solcher verlangt, während vorkommende Säurebestandteile als Anhydride verlangt werden. Statt als Schwefelsäurerest (Sulfation), Kohlensäurerest (Carbonation) finden wir dann nur  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$  usw., so daß an der Summe der betreffende Sauerstoff fehlt. (Bei Analyse fester Substanzen spricht man gewöhnlich von Resten der Säuren statt von Ionen, weil diese nur in Lösungen wirklich vorhanden sind.)

Die Ausrechnung des fehlenden O ist nicht schwierig, man braucht nur anzusetzen, wie folgt (für  $\text{CO}_2$  auf  $\text{CO}_3$  zu berechnen) (abgerundete Atomgewichte):

$$44 \text{ Gew.-Tl. CO}_2 \dots\dots 60 \text{ Gew.-Tl. CO}_3$$

oder unmittelbar den fehlenden Sauerstoff:

$$44 \text{ Gew.-Tl. CO}_2 \dots\dots 16 \text{ Gew.-Tl. O.}$$

Entweder ist also zur Summierung für  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3$  einzusetzen oder der nach dem zweiten Ansatz errechnete Sauerstoff zuzurechnen.

Nicht immer ist nur Sauerstoff das an 100 Proz. Fehlende bei einer Analyse, wie z. B. bei folgender Analyse eines bleihaltigen Zinkerzes:

|                              |           |        |
|------------------------------|-----------|--------|
| R (Rückstand, Unlösliches) . | 10,00     | Proz.  |
| Pb (Blei) . . . . .          | 8,66      | „      |
| Zn (Zink) . . . . .          | 50,69     | „      |
| S (Schwefel) . . . . .       | 21,08     | „      |
|                              | Sa. 90,43 | Proz., |

9,57 Proz. fehlen an 100.

Es ist allerdings für den mineralogisch und chemisch nicht Vorgebildeten unmöglich, zu sehen, was hier an 100 Proz. fehlen kann. Das Beispiel soll nur zeigen, daß bei Analysen durch Nichtbestimmung unwesentlicher Bestandteile und durch die Art der Angabe scheinbar etwas fehlen kann, und ferner, daß es auch trotz des bisher Gelehrten ohne weitergehende Arbeit nicht möglich ist, zu sehen, was fehlt.

Erfahrungsgemäß ist in solchen schwefelreichen Erzen die Hauptmenge der Metalle als Sulfid gebunden, ein Teil des Zinkes bisweilen als Carbonat. Das heißt, wir haben Blei als Bleisulfid oder Schwefelblei (PbS) als Mineral Bleiglanz oder Galenit genannt zu berechnen. Den übrigbleibenden Schwefel nehmen wir als an Zink gebunden als ZnS: Zinksulfid oder Schwefelzink, als Mineral Zinkblende oder Sphalerit an. Den etwaigen Rest des Zinkes nehmen wir als Zinkcarbonat, kohlensaures Zink  $ZnCO_3$ , als Mineral Zinkspat oder Smithsonit (eine Art Galmei) an.

Da 207,2 Gew.-Tl. Blei . . . . . 32,06 Gew.-Tl. Schwefel  
sind, ist 8,66 Proz. Blei . . . . .  $\frac{32,06 \cdot 8,66}{207,2} = 1,34$  Proz.  
Schwefel.

Der Rest des Schwefels:  $21,08 - 1,34 = 19,74$  Proz.  
ist also an Zn gebunden zu rechnen.

32,06 Gew.-Tl. Schwefel . . . . . 65,37 Gew.-Tl. Zink  
19,74 Proz. Schwefel . . . . .  $\frac{65,37 \cdot 19,74}{32,06} = 40,25$  Proz. Zink.

Der Rest von Zink:  $50,69 - 40,25 = 10,44$  Proz. Zink  
ist also als  $ZnCO_3$  zu berechnen.

65,37 Gew.-Tl. Zink . . . 60,005 Gew.-Tl.  $CO_3$  (Kohlensäure-  
rest), 10,44 Proz. Zink . . .  $\frac{60,005 \cdot 10,44}{65,37} = 9,58$  Proz.  $CO_3$ .

Das ist fast gleich dem, was uns an 100 Proz. fehlte.  
Das war 9,57 Proz. Abgesehen von einer Bestätigung der

Richtigkeit der Analyse oder wenigstens der wahrscheinlichen Richtigkeit, haben wir durch die Berechnung auch die Bindungsverhältnisse, die manchmal bei Aufstellungen erwünscht sind:

Wir hatten:

|  |       |              |                    |              |
|--|-------|--------------|--------------------|--------------|
| Rückstand . . . . .                      |       | 10,00 Proz.  | Unlösliches        |              |
|  |       |              | (Kieselsäure usw.) |              |
| Pb . . . . .                             | 8,66  | }            | 10,00 Proz.        | Bleiglanz    |
| S an Pb gebunden . . . . .               | 1,34  |              |                    |              |
| Zn an S gebunden . . . . .               | 40,25 | }            | 59,99              | „ Zinkblende |
| S an Zn gebunden . . . . .               | 19,74 |              |                    |              |
| Zn an CO <sub>3</sub> gebunden . . . . . | 10,44 | }            | 20,02              | „ Zinkspat   |
| CO <sub>3</sub> an Zn gebunden . . . . . | 9,58  |              |                    |              |
|  |       |              |                    |              |
|  |       | 100,01 Proz. |                    |              |

Einfacher zu berechnen und für jeden Leser ausführbar ist die umgekehrte Aufgabe, deren Lösung erwünscht sein kann, wenn man ein in der Fachpresse angegebenes Erz auf seinen Handelswert berechnen will.

Wir nehmen auch dafür ein einfaches Beispiel eines Kupferkieses mit äußerst wenig Verunreinigungen:

|  |  |              |       |
|--|--|--------------|-------|
| Chalkopyrit, Kupferkies CuFeS <sub>2</sub> . . . . . |  | 90,48        | Proz. |
| Pyrit, Schwefelkies FeS <sub>2</sub> . . . . .       |  | 3,40         | „     |
| Quarz, Siliciumdioxid SiO <sub>2</sub> . . . . .     |  | 6,12         | „     |
|  |  | 100,00 Proz. |       |

Wir wollen den Gehalt an Cu, Fe und S berechnen, d. h. an dem, was bezahlt wird, und so wie es der Bezahlung zugrunde gelegt wird (nach Gehalt an FeS<sub>2</sub> usw. wird im Handel nicht gerechnet).

Das Mol.-Gew. von CuFeS<sub>2</sub> ist: 183,53, von FeS<sub>2</sub>: 119,96.

|   |  |                                    |                 |                                    |
|---|--|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| 183,53 Gew.-Tl. CuFeS <sub>2</sub> . . . . .  |  | 63,57                              | Gew.-Tl. Cu und |                                    |
| 55,84 Gew.-Tl. Fe und 64,12 Gew.-Tl. S; 90,48 Gew.-Tl. CuFeS <sub>2</sub> . . . . . |  | $\frac{63,57 \cdot 90,48}{183,53}$ | Gew.-Tl. Cu und | $\frac{55,84 \cdot 90,48}{183,53}$ |

Gew.-Tl. Fe und  $\frac{64,12 \cdot 90,48}{183,53}$  Gew.-Tl. S = 31,34 Gew.-  
 Tl. Cu und 27,53 Gew.-Tl. Fe und 31,61 Gew.-Tl. S.  
 119,96 Gew.-Tl. FeS<sub>2</sub> ... 55,84 Gew.-Tl. Fe und 64,12 Gew.-  
 Tl. S; 3,40 Gew.-Tl. FeS<sub>2</sub> ...  $\frac{55,84 \cdot 3,40}{119,96}$  Gew.-Tl. Fe und  
 $\frac{64,12 \cdot 3,40}{119,96}$  Gew.-Tl. S = 1,58 Gew.-Tl. Fe und 1,82 Gew.-  
 Tl. S.

Der Gehalt beträgt also an:

|                           |        |       |                |
|---------------------------|--------|-------|----------------|
| Kupfer (Cu)               | 31,34  | Proz. |                |
| Eisen (Fe)                | 29,11  | „     | (27,53 + 1,58) |
| Schwefel (S)              | 33,43  | „     | (31,61 + 1,82) |
| Quarz (SiO <sub>2</sub> ) | 6,12   | „     |                |
|                           |        |       |                |
| Sa.                       | 100,00 | Proz. |                |

Wir wollen noch besonders darauf hinweisen, daß R (Rückstand) oder Gangart oder Unlösliches meist im wesentlichen aus SiO<sub>2</sub> besteht, und daß man bei der Summierung nicht R und SiO<sub>2</sub> zusammenzählen darf, weil dann SiO<sub>2</sub> verdoppelt in der Summe ist. Dasselbe gilt für die Angabe Gl.-V. (Glühverlust). Da Glühverlust sein kann: CO<sub>2</sub>, gebundenes H<sub>2</sub>O u. a., dürfen diese, wenn sie außerdem angeführt sind, nicht mit summiert werden. Ebenso darf man nicht, wenn in einem Eisenerz Fe bestimmt und außerdem als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ausgerechnet ist, beides zur Summe nehmen.

### **Berechnungen für ein in mehreren Verbindungsformen in einer Substanz vorhandenes Element.**

Schwefel kommt in Erzen häufig in zwei Formen gebunden vor, nämlich als Sulfidschwefel und Sulfatschwefel. Man nennt Sulfidschwefel den unmittelbar mit Metallatomen verbundenen Schwefel, wie wir ihn bei ZnS (Zinksulfid, Schwefelzink), PbS (Bleisulfid, Schwefelblei), FeS<sub>2</sub>

(Eisendisulfid, Zweifach-Schwefeleisen) kennenlernten. Sulfatschwefel nennt man den Schwefel, der als  $\text{SO}_4$ -Gruppe (in Lösung Sulfation, in fester Substanz: Schwefelsäurerest) gebunden ist. Dieser Schwefel verhält sich chemisch anders und wird bei der Abröstung von Erzen (vgl. das über Abrösten von Pyrit S. 45 Erwähnte) meist nicht verändert und nicht gewonnen. Der Gesamtschwefel ist die Summe von Sulfid- und Sulfatschwefel, falls nicht etwa noch weitere Arten des gebundenen Schwefels vorkommen. Letzteres kommt bei Laugen vor. Ist nun in einer Analyse der Gehalt an Sulfidschwefel unmittelbar angegeben, der Sulfatschwefel aber nicht als solcher, sondern die Menge  $\text{SO}_3$  oder  $\text{SO}_4$ , so ist diese in bekannter Weise auf S umzurechnen und diese Menge S als Sulfatschwefel einzusetzen.

Soll bei Erzen derjenige Schwefel vom Gesamtschwefel abgerechnet werden, der sich beim Rösten mit den Oxyden des Bleis, Calciums und Magnesiums oder Bariums verbindet (oder schon im Roherz daran gebunden ist), so ist beim Ansatz zu berücksichtigen, daß die betreffenden Sulfate, die sich im gerösteten Erz vorfinden, die Formeln haben:  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  und  $\text{BaSO}_4$ . Ein Atom jedes dieser Metalle oder jede Molekel der Oxyde ( $\text{PbO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$ ) bindet je ein Atom Schwefel. Also binden 207,20 Gew.-Tl. Pb 32,06 Gew.-Tl. S oder  $207,20 + 16 = 223,20$  Gew.-Tl.  $\text{PbO}$  auch 32,06 Gew.-Tl. S usw.

Die sehr schwierige, durchaus nicht für alle Fälle geklärte Frage, welche S-Berechnungen bei diesen oder jenen Erzen als richtig anzusehen sind, kann hier nicht erörtert werden. Es sei aber auf die betr. Bemerkungen in Lunge-Berl, „Chemisch-technische Analyse“, und Lunge-Berl, „Taschenbuch“, verwiesen und auf die Artikel von V. Haßreidter in der Zeitschrift für angewandte Chemie (1906, S. 137 und 522).

Eisen kommt in Eisenerzen und Hüttenprodukten oft nebeneinander in zweierlei Form an Sauerstoff gebunden

vor: als Ferro- und Ferristufe oder Ferro- und Ferrieisen. Wir hatten schon früher erwähnt, daß das Eisenoxydul  $\text{FeO}$  und das Eisenoxyd  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ist. Es kann nun vorkommen, daß in der Analyse  $\text{Fe}''$  (Ferroeisen) und  $\text{Fe}'''$  (Ferrieisen) angegeben ist. Die Summe beider ist das Gesamteisen. Es soll aber als  $\text{FeO}$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  berechnet werden, weil ein Käufer die Angabe in dieser Form wünscht. Wie früher schon gezeigt, gibt Eisen  $\cdot \frac{9}{7}$  die Menge des entsprechenden Oxyduls und Eisen  $\cdot \frac{10}{7}$  die Menge des Oxyds, man hat also nur Ferroeisen  $\cdot \frac{9}{7} =$  Eisenoxydul und Ferrieisen  $\cdot \frac{10}{7} =$  Eisenoxyd zu setzen. Im umgekehrten Fall sind die Faktoren  $\frac{7}{9}$  und  $\frac{7}{10}$  zu nehmen. Für sehr genaue Berechnungen sind die nicht abgerundeten Atomgewichte zu benutzen.

### **Berechnungen beim Ersatz von Chemikalien durch andere.**

Einige einfachere Fälle aus diesem Gebiet sollen hier behandelt werden. Besonders neuerdings tritt oft die Frage auf, wie eine Säure oder eine alkalische Lauge durch etwas anderes ersetzt werden kann.

Wir nehmen an, eine Hütte laugte abgeröstete Erze bisher mit Schwefelsäure aus und will diese durch Salzsäure ersetzen.

Aufgabe: a) Wieviel kg Chlorwasserstoff ( $\text{HCl}$ ) braucht man statt 1 kg reiner Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )?

b) Wieviel kg käuflicher 30 proz. Salzsäure (30 proz. wässrige Lösung von  $\text{HCl}$ ) braucht man statt 1 kg 90 proz. Schwefelsäure (90 Proz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  enthaltend)?

c) Wie stellt sich der Kostenunterschied jährlich, wenn seither 10 000 dz 90 proz. Schwefelsäure gebraucht wurde

und der Preis für diese 5 Mk. pro dz, der der 30 proz. Salzsäure 2 Mk. pro dz beträgt? (Hierbei wird von Frachtkosten usw. abgesehen.)

Lösung: a)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wirkt, da 2 H-Atome durch Metall ersetzt werden, mit 1 Mol. so stark, wie 2 Mol. HCl, in dessen Mol. nur 1 H-Atom vorhanden ist. 98,08 Gew.-Tl.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (rein) . . . . . 72,94 Gew.-Tl. HCl (rein).

Also 1 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (rein) . . . . .  $\frac{72,94}{98,08}$  Gew.-Tl. HCl (rein).

b) 0,9 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (rein) . . . . . 1 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  90 Proz.

1 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (rein) . . . . .  $\frac{1}{0,9}$  kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  90 Proz.

Dieses eingesetzt in den 2. Satz ergibt:

$\frac{1}{0,9}$  kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (90 Proz.) . . . . .  $\frac{72,94}{98,08}$  Gew.-Tl. HCl (rein).

Ferner: 0,3 kg HCl (rein) . . . . . 1 kg HCl (30 proz.)

1 kg „ „ . . . . .  $\frac{1}{0,3}$  kg HCl (30 proz.)

$\frac{72,94}{98,08}$  kg „ „ . . . . .  $\frac{1}{0,3} \cdot \frac{72,94}{98,08}$  kg HCl (30 pr.)

Dieses eingesetzt in den 5. Satz ergibt:

$\frac{1}{0,9}$  kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (90 proz.) . . . . .  $\frac{1}{0,3} \cdot \frac{72,94}{98,08}$  kg HCl (30 proz.)

1 kg „ „ . . . . .  $\frac{0,9}{0,3} \cdot \frac{72,94}{98,08}$  „ „ „

$= 3 \cdot \frac{72,94}{98,08} = 2,231$  kg HCl (30 proz.).

c) 10 000 dz 90 proz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kosten 50 000 Mk. (5 Mk. pro dz). 22 310 dz 30 proz. HCl kosten 44 620 Mk. (2 Mk. pro dz).

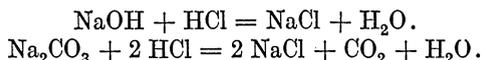
Aufgabe: Zu berechnen ist der Ersatz von Ätzkalilauge durch Ätznatronlauge. Da das Kaliumhydroxyd (Ätzkali) die Formel KOH, das Natriumhydroxyd die Formel NaOH hat, haben wir den Ansatz:

(39,10 + 16 + 1,008) Gew.-Tl. KOH . . . . . (23,00 + 16 + 1,008) Gew.-Tl. NaOH.

Da beide Alkalien eine Hydroxylgruppe haben, sind sie äquivalent (gleichwertig), d. h. 1 Mol. des einen entspricht 1 Mol. des andern.

Wenn aber Ätznatronlauge (auch kaustische Sodalaugé genannt) durch Soda ersetzt werden soll, kommt in Betracht, daß 1 Mol. Soda 2 Mol. NaOH ersetzt. Soda ist in krystallisiertem Zustand krystallwasserhaltiges Natriumcarbonat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 10  $\text{H}_2\text{O}$ , in trockenem, calciniertem Zustand:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Wir haben also statt (rund)  $40 \cdot 2 = 80$  Gew.-Tl. NaOH:  $2 \cdot 23 + 12 + 48 + 10 (2 + 16) = 286$  Gew.-Tl. krystallisierte Soda oder 106 Gew.-Tl. trockene Soda (auch Ammoniaksoda genannt) zu nehmen.

Daß 2 Mol. NaOH 1 Mol.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  entsprechen, ersieht man aus der Formel bei der Bildung eines neutralen Salzes, z. B. mit HCl (Salzsäure):



1 Mol. Soda bindet doppelt soviel HCl als 1 Mol. NaOH.

Der Geübtere wird an Hand von einfachen Lehrbüchern oder nach Durcharbeitung des Büchleins „Chemisch-technisches Rechnen“ von Prof. Dr. F. Fischer, Verlag Otto Spamer, Leipzig, leicht Aufgaben berechnen, wie Zusammensetzung von Backpulvern, Ersatz der Weinsäure darin durch Natriumbisulfat, durch saure Phosphate usw.

Ein Beispiel für Ersatz eines Salzes durch ein anderes, gleichfalls neutrales Salz der gleichen Säure ist folgendes:

Aufgabe: „Kalisalpeter“ ( $\text{KNO}_3$ ), Kaliumnitrat, salpetersaures Kalium soll durch „Kalksalpeter“ ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), Calciumnitrat, salpetersaures Calcium ersetzt werden. Wieviel Kalksalpeter braucht man statt 1 kg Kalisalpeter?

Lösung: Da  $\text{KNO}_3$  nur ein  $\text{NO}_3$  (Nitratgruppe, Salpetersäurerest) enthält,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aber deren zwei, gilt: (abgerundete Atomgewichte):

$$2(39 + 14 + 48) = 202 \text{ Gew.-Tl. KNO}_3 \dots$$

$$\dots 40 + (14 + 48) 2 = 164 \text{ Gew.-Tl. Ca(NO}_3)_2.$$

Eine ähnliche Anschauung liegt zugrunde, wenn wir in Anzeigen der Fachblätter lesen: „Cyannatrium 128 Proz. zu verkaufen.“ Es ist natürlich nicht möglich, daß Cyannatrium mehr als 100 Proz. Cyannatrium enthält. Es ist aber gemeint, 100 Tl. wirken wie 128 Tl. reines Cyankalium. Oder anders gesagt, das Präparat enthält so viel Cyan, daß es wirkt wie 128 Proz. Cyankalium oder als wenn es 128 Proz. Cyankalium enthielte.

Die Formel des Natriumcyanids oder Cyannatriums ist  $\text{Na}(\text{CN})$ , die des Cyankaliums  $\text{K}(\text{CN})$ . Mit abgerundeten Atomgewichten ergibt sich:

$$23 + 12 + 14 = 49 \text{ Gew.-Tl. Na}(\text{CN}) \dots\dots 40 + 12 + 14$$

$$= 66 \text{ Gew.-Tl. K}(\text{CN}). \quad 100 \text{ Gew.-Tl. Na}(\text{CN}) \dots\dots$$

$$\frac{66 \cdot 100}{49} \text{ Gew.-Tl. K}(\text{CN}) = 134,7 \text{ Gew.-Tl. K}(\text{CN}).$$

Reines Cyannatrium wirkt also wie (gedachtes!) 134,7 Proz. Cyankalium. Für derartige merkwürdige Gepflogenheiten Zusammenstellungen zu geben, ist hier nicht der Platz. In den technischen Auskunftsbüchern findet man das Nötige. (Siehe Bücherschau.)

Hier konnte nur Anleitung gegeben werden zur möglichst selbständigen Ausrechnung von besonders häufig vorkommenden Fällen im Geschäft und im Betriebe.

### Benennungen der Chemikalien.

In den früheren Abschnitten haben wir schon verschiedene Namen der Chemikalien kennengelernt. Wir ließen die organischen Stoffe, die zahlreichen oft sehr verwickelten Kohlenstoffverbindungen (abgesehen von der Kohlensäure) dabei ganz fort. Der Kaufmann oder Techniker, der mit diesen Stoffen zu tun hat, wird stets besondere Handbücher oder Tabellen benutzen müssen, um sich in den Benennungen zurechtzufinden. Die häufigsten organischen Chemi-

kalien finden wir recht gut im Chemikerkalender zusammengestellt, in einer besonderen Aufstellung dort auch die wichtigsten organischen Farbstoffe. Eine sehr gute Zusammenstellung ist E. Mercks Index.

Die mineralogischen Namen und die bergmännischen Bezeichnungen (die älteren mineralogischen Namen) findet man ebenfalls im Chemikerkalender, ferner in Tabellarische Übersicht der Mineralien von A. Sachs (1,75 Mk.). Wir hatten einige Beispiele gegeben, z. B. Bleiglanz (bergmännisch) = Galenit (mineralogisch) = Schwefelblei oder Bleisulfid (chemisch). In manchen Fällen können die mineralogischen Bezeichnungen irreführen. So ist z. B. Baryt (mineralogisch) = Schwerspat (bergmännisch) = Schwefelsaures Barium oder Bariumsulfat (chemisch). Baryt ist aber chemisch-technisch gleich Bariumoxyd oder Bariumhydroxyd ( $BaO$  oder  $Ba(OH)_2$ ). Soda ist die gewöhnliche Bezeichnung für das, was der Chemiker „kohlensaures Natrium“ oder „Natriumcarbonat“ nennt. Der Mineraloge nennt die natürlich vorkommende Soda aber auch „Natron“. Im gewöhnlichen Leben versteht man aber unter Natron: doppeltkohlensaures Natrium oder Natriumbicarbonat. In Analysenattesten nach älterer Art wird aber auch  $Na_2O$  Natriumoxyd als Natron bezeichnet. Es ist sehr bedauerlich, daß hier keine Einheitlichkeit geschaffen ist, und daß auch so gut wie keine Aussicht auf Änderung dieses verworrenen Zustandes besteht.

Die fremdsprachlichen Benennungen sind ähnlich wie unsere nach älteren und neueren Grundsätzen gemischt im Gebrauch. In den unter Bücherschau angegebenen Büchern finden sich solche, die fremdsprachliche Benennungen bringen. Die größeren Wörterbücher bringen auch die Übersetzungen der wichtigsten Chemikaliennamen.

Für die Benennungen der Salze können wir folgende zusammenfassenden Sätze aufstellen:

Eine Verbindung wie  $NaCl$  nennt der Chemiker Natriumchlorid oder Chlornatrium. Da es das Na-Salz des Chlor-

wasserstoffs oder der Salzsäure ist, kann man es auch noch salzsaures oder chlorwasserstoffsäures Natrium nennen. Der Pharmazeut und Mediziner nennt es Natrium chloratum (wörtlich übersetzt „gechlortes Natrium“).

Als Salz der Salzsäure, die pharmazeutisch Acidum hydrochloricum oder Acidum muriaticum heißt, kann es auch Natrium hydrochloricum oder Natrium muriaticum genannt werden.

Bei den Salzen von Natrium mit sauerstoffhaltigen Säuren, z. B. Schwefelsäures Natrium, Natriumsulfat, pharmazeutisch Natrium sulfuricum, kommt noch die ältere Bezeichnung mit Natron statt Natrium vor. Dieses entspricht der alten dualistischen Formel  $\text{NaO}, \text{SO}_3$ , nach der es eine Verbindung von Natron (= Natriumoxyd) mit  $\text{SO}_3$  (damals = Schwefelsäure) sein sollte. Das Entsprechende gilt noch von Kali statt Kalium, Lithion statt Lithium, Magnesia statt Magnesium und einigen anderen. Dieses dürfte indes keine Schwierigkeiten oder Verwechslungen herbeiführen. Wohlbemerkt sei, daß die Bezeichnung der Oxyde statt der Metalle nur in Salzen stellvertretend ist. Für sich allein bedeutet: Magnesium das Metall (Mg) und Magnesia das Oxyd ( $\text{MgO}$ ). Wir stellen hier zunächst die besonderen Namen solcher Oxyde zusammen:

Alumina = Aluminiumoxyd  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  
Baryta = Bariumoxyd  $\text{BaO}$ ,  
Calcaria<sup>1)</sup> = Calciumoxyd  $\text{CaO}$ ,  
Kali = Kaliumoxyd  $\text{K}_2\text{O}$ ,  
Lithion = Lithiumoxyd  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  
Magnesia = Magnesiumoxyd  $\text{MgO}$ ,  
Natron = Natriumoxyd  $\text{Na}_2\text{O}$ .

---

<sup>1)</sup> Calcium chloratum (pharmazeutisch) =  $\text{CaCl}_2$  Chlorcalcium, Calciumchlorid;

Calcaria chlorata (pharmazeutisch) =  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  Unterehlorigsaures Calcium, Chlorkalk, Calciumhypochlorit.

Letzteres wird neuerdings auch als Calcium hypochlorosum bezeichnet.

Außerdem stehen pharmazeutisch die Bezeichnungen „oxydulatum“ und „oxydatum“ zur Bezeichnung des Unterschieds der Oxydul- und Oxydsalze, z. B. der Ferro- und Ferriverbindungen wie Ferrum sulfuricum oxydulatum = Ferrosulfat usw.

Wir geben im folgenden eine Tabelle der wichtigsten Bezeichnungen, durchgeführt an den Salzen des Natriums. Wir machen besonders aufmerksam auf: -chlorid . . . chloratum und -chlorat . . . chloricum.

Leider ließ sich bisher auch diese Verschiedenheit und Unübersichtlichkeit nicht beseitigen.

| Chemische Bezeichnungen  | Pharmazeutische Bezeichnungen                                   | Formel             |
|--|---|--------------------|
| Natriumchlorid, Chlornatrium (Chlorwasserstoffsäures Natrium) (Salzsaures Natrium) | Natrium chloratum (Natrium hydrochloricum) (Natrium muriaticum) | NaCl               |
| Natriumhypochlorit, Unterchlorigsaures Natrium                                     | Natrium hypochlorosum   | NaClO              |
| Natriumchlorit, Chlorigsaures Natrium  | Natrium chlorosum   | NaClO <sub>2</sub> |
| Natriumchlorat, Chlorsaures Natrium  | Natrium chloricum   | NaClO <sub>3</sub> |
| Natriumperchlorat, Chlorsaures Natrium   | Natrium perchloricum  | NaClO <sub>4</sub> |

Anm.: Chlorid pflegt man mit langem i und Chlorit mit kurzem i zu sprechen, um den Unterschied hörbar zu machen.

Entsprechend ist die Bezeichnung der Verbindungen von S und dessen Sauerstoffsäuren mit Natrium:

|   |                         |                   |
|---|-------------------------|-------------------|
| Natriumsulfid, Schwefelnatrium  | Natrium sulfuratum      | Na <sub>2</sub> S |
| Natriumhydrosulfid, Natriumsulfhydrat<br>(Säures Salz von H <sub>2</sub> S und Na; Na <sub>2</sub> S ist das chemisch neutrale Salz desselben.) | Natrium hydrosulfuratum | NaHS              |

| Chemische Bezeichnungen                               | Pharmazeutische Bezeichnungen | Formel                            |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| Natriumhydrosulfit, Hydro-<br>schwefligsaures Natrium | Natrium hydrosul-<br>furosum  | $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ |
| Natriumsulfit, Schweflig-<br>saures Natrium           | Natrium sulfurosum            | $\text{Na}_2\text{SO}_3$          |
| Natriumbisulfit, Saures<br>schwefligsaures Natrium    | Natrium bisulfuro-<br>sum     | $\text{NaHSO}_3$                  |

(Bei den weiteren Salzen werden die Namen der sauren Salze entsprechend gebildet und deshalb nicht aufgeführt.)

|  |                             |                                   |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|
| Natriumsulfat, Schwefel-<br>saures Natrium         | Natrium sulfuricum          | $\text{Na}_2\text{SO}_4$          |
| Natriumpersulfat, Über-<br>schwefelsaures Natrium  | Natrium persulfuri-<br>cum  | $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ |
| Natriumthiosulfat, Thio-<br>schwefelsaures Natrium | Natrium thiosulfu-<br>ricum | $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ |

Bei diesem Salz kommt noch (chem. und pharm.) die ältere Benennung vor:

|   |   |                                    |   |  |
|---|---|------------------------------------|---|--|
| Natriumhyposulfit<br>oder<br>Natriumsubsulfit | } | Unterschweiflig-<br>saures Natrium | } | Natriumhyposulfuro-<br>sum oder Natrium-<br>subsulfurosum. |
|---|---|------------------------------------|---|--|

(Es wird auch Antichlor, Fixiersalz, Fixiernatron genannt.)

Die weiteren Salze, wie die der Dithionsäure, Pyroschwefelsäure sind weniger handelswichtig, und ihre Benennungen lassen sich obigem entsprechend mühelos ableiten.

Die Namen der Säuren sind in pharmazeutischem Gebrauch zusammengesetzt aus „Acidum“ (Säure) und demselben Eigenschaftswort, das die Salze tragen, wie wir bei Acidum hydrochloricum erwähnten. Schwefelsäure heißt also Acidum sulfuricum. Für einige Säuren folgt hier eine Zusammenstellung, die chemischen Namen der Salze sind beigefügt. Selbstverständliches ist ausgelassen, wie z. B. Acidum salicylicum = Salicylsäure (Salicylate).

|   | Pharm.                  | Deutsch                                | Chemischer Name<br>der Salze |
|---|-------------------------|--|------------------------------|
|   | Acidum aceticum         | Essigsäure                             | Acetate                      |
|   | „ arsenicum             | Arsensäure                             | Arsenate                     |
|   | „ arsenicosum           | Arsenige Säure                         | Arsenite                     |
|   | „ bromicum              | Bromsäure                              | Bromate                      |
| ( | „ hydrobromicum         | Bromwasserstoff(säure)                 | Bromide)                     |
|   | „ butyricum             | Buttersäure                            | Butyrate                     |
|   | „ chloricum             | Chlorsäure                             | Chlorate                     |
| ( | „ hydrochloricum        | {Chlorwasserstoff(säure)<br>Salzsäure} | {Chloride)                   |
|   | „ citricum              | Citronensäure                          | Citrate                      |
|   | „ formicum              | Ameisensäure                           | Formiate                     |
|   | „ gallicum              | Gallussäure                            | Gallate                      |
|   | „ hydrobromicum         | siehe bei „bromicum“                   |                              |
|   | „ hydrochloricum        | siehe bei „chloricum“                  |                              |
|   | „ hydrocyanicum         | {Cyanwasserstoff(säure)<br>Blausäure}  | {Cyanide                     |
|   | „ hydrofluoricum        | {Fluorwasserstoff(säure)<br>Flußsäure} | {Fluoride                    |
|   | „ hydrojodicum          | siehe bei „jodicum“                    |                              |
|   | „ hypophospho-<br>rosum | Unterphosphorige<br>Säure              | Hypophos-<br>phite           |
|   | „ hypophospho-<br>ricum | Unterphosphorsäure                     | Hypophos-<br>phate           |
|   | „ jodicum               | Jodsäure                               | Jodate                       |
| ( | „ hydrojodicum          | Jodwasserstoff(säure)                  | Jodide)                      |
|   | „ lacticum              | Milchsäure                             | Lactate                      |
|   | „ malicum               | Apfelsäure                             | Malate                       |
|   | „ malonicum             | Malonsäure                             | Malonate                     |
|   | „ nitricum              | Salpetersäure                          | Nitrate                      |
|   | „ nitrosum              | Salpetrige Säure                       | Nitrite                      |
|   | „ oleicum               | Ölsäure                                | Oleate                       |
|   | „ phosphoricum          | Phosphorsäure                          | Phosphate                    |
|   | „ phosphorosum          | Phosphorige Säure                      | Phosphite                    |
|   | „ picronitricum         | Pikrinsäure                            | Pikrate                      |
|   | „ silicicum             | Kieselsäure                            | Silicate                     |
|   | „ succinicum            | Bernsteinsäure                         | Succinate                    |
|   | „ sulfuricum            | Schwefelsäure                          | Sulfate                      |
|   | „ sulfurosum            | Schweflige Säure                       | Sulfite                      |
| ( | „ hydrosulfuricum       | Schwefelwasserstoff-<br>(säure)        | Sulfide)                     |
|   | „ tannicum              | Gerbsäure                              | Tannate                      |
|   | „ tartaricum            | {Weinsäure<br>Weinsteinsäure}          | {Tartrate                    |
|   | „ uricum                | Harnsäure                              | Urate.                       |

Die Hydroxyde, Verbindungen der Metalle mit Hydroxyl, d. h. die eigentlichen Basen z. B. NaOH, Cu(OH)<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub> usw. werden benannt (am Beispiel des Natriums erläutert):

| Chemische Bezeichnungen               | Pharmazeutische Bezeichnungen                 |
|---------------------------------------|---|
| Natriumhydroxyd<br>oder Natriumhydrat | Natrium hydroxydatum<br>oder Natrium hydricum |

Die Säureanhydride werden durch Zusatz des Wortes: Anhydrid zum Namen der Säure (in der Chemie) bezeichnet, pharmazeutisch durch den Zusatz: anhydricum (zum Namen der Säure). Außerdem wird z. B. Schwefelsäureanhydrid (SO<sub>3</sub>) auch als Schwefeltrioxyd, pharmazeutisch als Sulfur trioxydatum benannt.

In der Pharmazie werden durchweg die älteren Namen der Elemente benutzt, wie sie unsere Tabelle der Atomgewichte mit angibt. Außerdem wird für Quecksilber der Name Mercurius noch hin und wieder angewandt.

### **Besondere Bezeichnungen und Abkürzungen.**

Anm.: Bei den lateinischen Eigenschaftswörtern ist die sächliche Form im Werfall der Einzahl angegeben. Die Endung „issimum“ statt „um“ bedeutet immer die Meiststufe, z. B. purum = rein, purissimum „reinstes“. Die als Abkürzung gebrauchten Buchstaben sind fett gedruckt.

#### **1. Auf den Reinheitsgrad bezüglich:**

**crudum** = roh, unrein,  
**venale** = käuflich, gewöhnliche Handelsware,  
**technicum** = zum technischen Gebrauch,  
**depuratum** = gereinigt,  
**purum** = rein,  
**medicinale** = zum medizinischen Gebrauch,  
**purissimum pro analysi** = reinstes zum analyt. Gebrauch,

**destillatum** = destilliert (in Dampf übergeführt und wieder verflüssigt),

**bidestillatum** = zweimal destilliert,

**raffinatum** = raffiniert,

**sublimatum** = sublimiert (in Dampf übergeführt und wieder in fester Form niedergeschlagen),

**DAB.V** = Deutsches Arzneibuch 5. Ausgabe,

**Ph. G. V** = Pharmacopoea Germanica Editio quinta (heißt dasselbe),

**DAV.** = Des Deutschen Apotheker-Vereins Ergänzungsbuch dazu.

2. Auf die Stärke bezüglich:

**dilutum** = verdünnt,

**concentratum** = konzentriert, stark,

**forte** = stark,

**rectificatum** = rektifiziert, auf höheren Stärkegrad gebracht.

3. Auf die Form bezüglich:

**in bacillis** = in Stäbchen, in Stangen,

**in guttis** = in Tropfen,

**in lamellis** = in Blättchen,

**in trochiscis** = in Plätzchen,

**granulatum** = gekörnt,

**raspatum** = geraspelt,

**fusum** = geschmolzen,

**liquidum** = flüssig,

**liquefactum** = verflüssigt,

**solutum** = gelöst,

**totum** = ganz,

**pulvis** = Pulver,

**pulverisatum** = gepulvert,

**pulvis grossus** = grobes Pulver,

**pulvis subtilis** = feines Pulver,

**praecipitatum** = gefällt (aus Lösung in fester Form niedergeschlagen).

4. Andere:

**aqua** = Wasser,  
**fumans** = rauchend,  
**glaciale** = „eisig“ (z. B. Eisessig),  
**ustum** = gebrannt,  
**hydricum** = wasserhaltig,  
**anhydricum** = wasserfrei,  
**siccum** = trocken,  
**e** (oder **ex**) = aus,  
**cum** = mit,  
**via humida paratum** = auf nassem Wege bereitet,  
**vapore paratum** = mit Dampf (Hitze) bereitet,  
**album** = weiß,  
**rubrum** = rot,  
**flavum** = gelb,  
**fuscum** = braun.

---

### III. Maß-, Gewichts- und andere Einheiten.

#### Metrische Maße und Gewichte.

Die Einheit unseres Maß- und Gewichtssystems ist das Meter. Das Zeichen m für Meter ist wie die anderen Zeichen ohne Punkt zu schreiben.

Die Vielfachen des Meters und der anderen abgeleiteten Einheiten werden durch griechische Zahlworte, die Bruchteile aber durch lateinische Zahlworte, die vorangesetzt werden, bezeichnet. Wir geben auch die in Deutschland weniger gebräuchlichen Vielfache und Teile mit an, da sie entweder in anderen Ländern oder in der Wissenschaft angewandt werden.

|   |                              |
|---|------------------------------|
| 1 Myriameter . . . . .  | = 10 000 m                   |
| 1 Kilometer km . . . . .  | = 1000 m                     |
| 1 Hektometer hm . . . . .   | = 100 m                      |
| 1 Dekameter dkm . . . . .   | = 10 m                       |
| 1 Meter m . . . . .   | = 1 m                        |
| 1 Dezimeter dm . . . . .  | $\frac{1}{10}$ m = 0,1 m     |
| 1 Zentimeter cm . . . . .   | $\frac{1}{100}$ m = 0,01 m   |
| 1 Millimeter mm. . . . .  | $\frac{1}{1000}$ m = 0,001 m |
| 1 Mikron $\mu = \frac{1}{1000}$ mm                                    | = 0,001 mm = 0,000 001 m     |
| 1 Millimikron $\mu\mu = \frac{1}{1000}\mu = \frac{1}{1\,000\,000}$ mm | = 0,000 001 mm               |

(1 Millimikron wird auch Mikromillimeter genannt.)

Die Einheit des Flächenmaßes wird vom Meter abgeleitet, indem man die Fläche eines Quadrates mit 1 m Seitenlänge 1 qm, 1 Quadratmeter, nennt. Da aber ein Quadratmeter, dessen Seiten man in je 100 gleiche Teile zu je 1 cm teilt, nicht 100, sondern  $100 \times 100$  kleine Quadrate von je 1 cm Seitenlänge ergibt, so hat ein

Quadratmeter  $100 \cdot 100 = 10\,000$  Quadratcentimeter. Die Benennung richtet sich hier also nach der Teilung der Quadratseiten und nicht etwa nach der Zahl der Flächenteile. Dasselbe gilt für die Vielfachen.

|                         |               |           |              |
|-------------------------|---------------|-----------|--------------|
| 1 Quadratkilometer qkm  | = 100 ha      | = 10000 a | = 1000000 qm |
| 1 Hektar ha             | . . . . .     | = 100 a   | = 10 000 qm  |
| 1 Ar a                  | . . . . .     | =         | 100 qm       |
| 1 Quadratmeter qm       | . . . . .     | =         | 1 qm         |
| 1 Quadratdezimeter qdm  | = 0,01 qm     | =         | 100 qcm      |
| 1 Quadratcentimeter qcm | = 0,0001 qm   | =         | 1 qcm        |
| 1 Quadratmillimeter qmm | = 0,000001 qm | =         | 0,01 qcm     |

Die Körper- und Hohlmaße werden entsprechend abgeleitet. Ein cbm, Kubikmeter, ist der Raum eines Würfels, dessen Kanten 1 m lang sind.

|                             |           |                |               |
|-----------------------------|-----------|----------------|---------------|
| 1 Kubikmeter cbm            | = 10 hl   | = 1000 l (cdm) | = 1000000 ccm |
| 1 Hektoliter hl             | = 1 hl    | = 100 l (cdm)  | = 100000 ccm  |
| 1 Dekaliter dkl             | = 0,1 hl  | = 10 l (cdm)   | = 10000 ccm   |
| 1 Liter l                   | = 0,01 hl | = 1 l (cdm)    | = 1000 ccm    |
| (oder 1 Kubikdezimeter cdm) |           |                |               |
| 1 Deziliter dl              | =         | 0,1 l (cdm)    | = 100 ccm     |
| 1 Zentiliter cl             | =         | 0,01 l (cdm)   | = 10 ccm      |
| 1 Kubikcentimeter ccm       | =         | 0,001 l (cdm)  | = 1 ccm       |
| (oder 1 Milliliter ml)      |           |                |               |
| 1 Kubikmillimeter cmm       | =         |                | 0,001 ccm     |

1 cbm wird auch als 1 s (Stère) und als 1 fm (Festmeter) bezeichnet. 10 cbm wird auch Dekastère genannt.

Statt der leicht verwechselbaren Zeichen dk für Dekade und d für Dezi wird auch D für Dekade und d für Dezi gebraucht. In diesem Falle werden alle Vielfachen durch große Buchstaben bezeichnet.

Statt qm, qcm usw. kann man auch schreiben  $m^2$ ,  $cm^2$  usw.

Statt cbm, ccm usw. kann man auch schreiben  $m^3$ ,  $cm^3$  usw.

Die Gewichtseinheit 1 Gramm (g) wird aus der Maßeinheit abgeleitet, indem man das Gewicht eines Kubikzentimeters Wassers ein Gramm nennt.

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 Waggonladung (Doppellader)                      | = 10 t = 10000 kg              |
| 1 Tonne t   | = 1 t = 1000 kg                |
| 1 Meterzentner dz                                 | = 0,1 t = 100 kg               |
| (auch Doppelzentner, Neuzentner, Quintal genannt) |                                |
| 1 Myriagramm                                      | = 0,01 t = 10 kg = 10000 g     |
| 1 Kilogramm kg                                    | = 0,001 t = 1 kg = 1000 g      |
| 1 Hektogramm hg                                   | = 0,1 kg = 100 g               |
| 1 Dekagramm dkg                                   | = 0,01 kg = 10 g               |
| 1 Gramm g   | = 0,001 kg = 1 g = 1000 mg     |
| 1 Dezigramm dg                                    | = 0,1 g = 100 mg               |
| 1 Zentigramm cg                                   | = 0,01 g = 10 mg               |
| 1 Milligramm mg                                   | = 0,001 g = 1 mg               |
| 1 Mikrogramm $\gamma$                             | = 0,000001 g = 0,001 mg        |
| 1 Mikromilligramm $\mu\gamma$                     | = 0,000001 mg = 0,001 $\gamma$ |

Bezeichnungen zwischen Maß und Gewicht.

Da 1 ccm Wasser 1 g wiegt, gelten folgende Bezeichnungen, die man sich einprägen muß:

|              |       |          |
|--------------|-------|----------|
| 1 cbm Wasser | = 1 t | Gewicht  |
| 1 hl         | „     | = 1 dz „ |
| 1 l          | „     | = 1 kg „ |
| 1 ccm        | „     | = 1 g „  |

### Ältere deutsche Maße und Gewichte.

In Anbetracht der ungeheuren Anzahl älterer Maße und Gewichte kann hier nur eine Zusammenstellung der wichtigsten gegeben werden.

#### I. Längenmaße:

|                                |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 deutsche geographische Meile | = 7420,44 m, rund $7\frac{1}{2}$ km |
| 1 Faden (Marinemaß)            | = 1,829 m (= 6 engl. Fuß)           |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| 1 Rheinländischer Fuß | = 0,314 m |
| 1 Wiener Fuß          | = 0,316 m |
| 1 Hannoverscher Fuß   | = 0,292 m |
| 1 Pariser Fuß         | = 0,325 m |
| 1 Englischer Fuß      | = 0,305 m |

Vielfache des Fußmaßes:

6 Fuß = 1 Faden, 12 Fuß = 1 Rute, 2 Fuß = 1 Elle,  
2000 Ruten = 1 Meile. (Diese Vielfache galten nicht  
überall.)

Teilung des Fußmaßes:

$\frac{1}{12}$  Fuß = 1 Zoll,  $\frac{1}{12}$  Zoll = 1 Linie.

Der Fuß wurde auch stellenweise in Sechzehntel oder  
Zehntel geteilt.

Die Zeichen sind: 1 Rute = 1°, 1 Fuß = 1', 1 Zoll = 1'',  
1 Linie = 1'''.

1 alte geographische Meile = 4 Seemeilen, 79 geograph.  
Seemeilen = 80 englische Meilen.

1 Seemeile wird gewöhnlich zu 1852 m gerechnet.

Bergbaumaße:

1 preußischer Lachter 209,2 m.

Die anderen Lachter sind auch etwa 200 m (badische  
= 300 m).

II. Flächenmaße:

1 Quadratmeile (deutsche geogr.) etwa 55 qkm.

1 preuß. Morgen = 180 preuß. Quadratruten = 25,532 a  
(rund  $25\frac{1}{2}$  a oder  $\frac{1}{4}$  ha).

1 bayr. Tagewerk (=  $1\frac{1}{2}$  bayr. Morgen = 400 bayr. Ru-  
ten) = ca. 34 a.

III. Körper- und Hohlmaße:

Jetzt wird in Norddeutschland gebraucht: Der Aus-  
druck:

1 Kanne = 1 l,

1 Schoppen =  $\frac{1}{2}$  l (außer in Weingegenden).

In Süddeutschland:

- 1 Maß = 1 l,
- 1 Seidel =  $\frac{1}{2}$  l,
- 1 Schoppen =  $\frac{1}{4}$  l (auch in Weingegenden).

Am Rhein ist ein Stückfaß = 1200 l.

An der Mosel ist ein Stückfaß = 1000 l.

Preußen: 1 Oxhoft =  $1\frac{1}{2}$  Ohm = 3 Eimer = 6 Anker  
= 180 Quart = 540 Metzen.

- 1 Oxhoft = 206 l, 4 Oxhoft = 1 Fuder,
- 1 Ohm = 137,4 l,
- 1 Eimer = 68,7 l,
- 1 Anker = 34,35 l,
- 1 Quart = 1 145 l,
- 1 Metze = 0,38 l (Flüssigkeitsmetze).

1 preuß. Scheffel = 16 Metzen = ca. 55 l (Metze als Getreidemaß). Der Scheffel wird heute zu 50 l gerechnet.

1 Klafter = 108 Kubikfuß (preuß.) = 3,339 cbm.

IV. Gewichte:

1 preuß. Pfund oder Zollpfund = 500 g (=  $\frac{1}{2}$  kg).  
Wird auch jetzt so gerechnet. 100 Pfund (℔) = 1 Zentner  
=  $\frac{1}{2}$  dz.

1 Pfund (℔) = 30 Lot à 10 Quentchen à 10 Cent  
à 10 Korn.

100 Pfund = 1 Zentner, 40 Zentner = 1 Schiffslast.

Das ältere preuß. Pfund war 468 g und wurde in 32 Lot  
à 4 Quentchen geteilt. 1 Zentner war 110 solcher Pfunde.

In älteren technischen Rezepten wird auch das alte  
preußische Medizinalgewicht gebraucht:

1 Medizinalpfund = 12 Unzen à 8 Drachmen à 3 Skrupel  
à 20 Gran.

1 Med.-Pfund = 350,784 g, 1 Gran = 0,0609 g.

Für Metalle und Edelsteine wurden besondere Gewichte  
gebraucht. Eine feine Mark von etwa  $\frac{1}{2}$  ℔ wurde für  
Gold eingeteilt in 24 Karat à 12 Grän, für Silber aber in

16 Lot à 18 Grän. Für Edelsteine wurden Karatgewichte gewählt, die sehr verschieden waren. Heute werden gebraucht u. a.:

Amsterdamer Karat = 205,894 mg,  
Berliner Karat = 206,537 mg,  
und ein Einheitskarat = 200 mg.

### Englische Maß- und Gewichtssysteme.

Es können hier nur die allerwichtigsten aufgezählt werden.

#### 1. Längenmaße:

1 Statute Mile = 8 Furlongs à 40 Poles à 198 Inches.  
1 Mile = 1609,3 m.

1 Statute Mile = 1760 Yards. 1 Fathom (Faden) = 2 Yards à 3 Feet (Fuß) à 12 Inches (Zoll). 1 Yard = 91,44 cm (bei Umrechnungen oft zu 92 cm angenommen).

Im Deutschen meinen wir mit „Englische Meile“ nicht die Statute mile oder British mile zu ca. 1609 m, sondern die English mile oder London mile = 5000 feet = 1524 m. Drittens ist im Gebrauch die Nautical mile oder Geographical mile zu 1000 fathoms = 1855 m.

#### 2. Flächenmaße:

1 Square Yard = 0,8361 qm,

1 Acre = 40,467 a,

6, 7, 8 oder 9 square yards = 1 sq pole.

#### 3. Körper- und Hohlmaße:

1 Cubicfoot = 1728 Cubicinches = 28316 ccm = ca. 28 $\frac{1}{3}$  l. Ferner: 1 Last = 2 Wey à 5 Quarter à 8 Bushel à 4 Pecks à 2 Gallons à 8 Pints (1 last = 2906 $\frac{1}{4}$  l) für trockene Waren. Für Flüssigkeiten sind so viele verschiedene Maße in Gebrauch, daß wir nur auf andere Bücher verweisen können (z. B. Sammlg. Göschen, Bd. 283: Maß-, Münz- und Gewichtswesen).

Die Apotheker teilen 1 Gallon zu 4,544 Liter in 8 Pints à 20 Fluid ounces à 8 Drams à 60 minims.

#### 4. Gewichtssysteme:

Zwei Hauptgewichtssysteme kommen in England in Betracht:

Erstens das Troygewichtssystem mit 1 Pfund von 373,242 g. Es hat 5760 grains (Troygrains). Dieses System heißt auch Imperial measure, und zweitens das Avoirdupoisgewichtssystem, dessen Pfund 453,593 g wiegt. Es hat 7000 Troygrains, aber 7680 Avoirdupoisgrains. Hiernach ist auch der Umrechnungswert von Pfunden in Troy auf Avoirdupois gegeben: Pfunde Troy  $\cdot \frac{7000}{5760}$ . Umgekehrt Pfunde Avoirdupois  $\cdot \frac{5760}{7000} =$  Pfunde Troy.

Oft wird die Frage auftreten, welches Gewicht gemeint ist, wenn es nicht ausdrücklich angegeben ist. Die Behauptung mancher Tabellen, daß Avoirdupois das Handelsgewicht ist, betrachten wir als irreführend.

Das Troygewicht dient für Edelmetalle, Münzen, Juwelen und Apotheken, ferner bei wissenschaftlichen Untersuchungen, soweit dort nicht auch neuerdings metrische Gewichte angegeben werden. Für die anderen Handelszwecke dient allerdings das Avoirdupoisgewicht.

In der Apotheke wird bei größeren Gewichten nach Avoirdupois gerechnet und andere Einteilung verwendet. Für Edelsteine kommt noch ein Karat zu 205,3 mg in Anwendung.

#### Troygewicht (Imperial measure).

1 pound = 12 ounces (oz) à 20 pennyweights (dwt) à 24 grains (gr) (1 pound = 5760 grains = 373,242 g) und 1 pound = 12 ounces à 8 drams à 3 scruples à 20 grains (für Apotheken).

### Avoirdupoisgewicht.

- 1 ton = 20 hundredweights = 1016,048 kg (rund zu 1016 kg gerechnet),
- 1 hundredweight (cwt) = 4 quarters = 50,802 kg,
- 1 quarter (q) = 28 pounds = 12,701 kg,
- 1 pound (lb oder ℔) = 16 ounces = 453,593 g,
- 1 ounce (oz) = 10 drams = 28,35 g,
- 1 dram = 3 scruples à 10 grains. 1 grain.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika werden dieselben Gewichte gebraucht, doch rechnet man Shortton = 2000 Pfund = 907,18 kg und Longton zu 2240 Pfund zu 1016,048 kg (rund 1016 kg). Im übrigen ist die Verwirrung wie in England. Für alle zweifelhaften Fälle muß man in Handbüchern über Gewichte und Maße nachsehen.

### Berechnungen mit Anwendung der Maß- und Gewichtssysteme.

Da das Rechnen mit Maßen und Gewichten als allgemein bekannt gelten darf, sollen hier nur zwei zusammengesetzte Beispiele gegeben werden.

**Aufgabe:** Eine 4 m mächtige Torfschicht bedeckt eine Fläche von etwa 60 preuß. Morgen. Wieviel Kubikmeter Torf ist vorhanden und wieviel Eisenbahnwagen zu je 10 t Ladegewicht sind nötig, um den Torf zu befördern, wenn vorher 40% Nässe durch Trocknung entfernt werden können?

**Lösung:** Etwa 60 preuß. Morgen ist etwa 15 ha = 150 000 qm. Wenn die Schicht 4 m tief ist, liegt dort  $4 \cdot 150\,000 = 600\,000$  cbm. 600 000 cbm Wasser würden 600 000 t wiegen. Da Torf das spez. Gewicht von ungefähr 0,5 hat, wiegt der Torf 300 000 t. Ziehen wir 40% Nässe ab, so verbleiben 180 000 t oder 18 000 Eisenbahnwagenladungen.

Aufgabe: Auf metrisches Gewicht umzurechnen:

14 tons 12 hundredweights 3 quarters 14 pounds (14 t 12 cwt 3 qrs 14 lbs) Silberbleierz mit 31 oz Ag pro ton und 32,00% Pb.

Es ist Avoirdupoisgewicht.

1 ton = 1016,048 kg,  
 1 cwt =  $\frac{1}{20}$  ton = 0,05 ton,  
 1 q =  $\frac{1}{80}$  ton = 0,0125 ton,  
 1 lb =  $\frac{1}{2240}$  ton = 0,000446 ton.

Also ist 14 t 12 cwt 3 qrs 14 lbs = 14,64375 ton.  
 (12 cwt =  $0,05 \cdot 12 = 0,6$  ton, 3 q = 0,0375 ton, 14 lbs =  $0,000446 \cdot 14 = 0,00625$  ton oder 14 lbs =  $\frac{1}{2}$  qrs = 0,00625 ton.)

Die englische Angabe ist allerdings bis auf 1 pound genau, doch dürfte die Berechnung auf 1 kg Genauigkeit hinreichen, da selbst beim Blei nur 4 zifferige Genauigkeit (32,00%) vorliegt. Die Tonne kann zu 1016 aus dem gleichen Grunde angenommen werden.

Wir erhalten so als Gewicht:

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| <u>1016 · 14,644</u> | (abgerundet statt 14,64375) |
| 10160,               |                             |
| 4064,                |                             |
| 609,6                |                             |
| 40,6                 | Abgekürzte Vervielfachung   |
| <u>4,1</u>           |                             |
| 14878 kg             |                             |

(Rechnet man die Tonne zu 1016,05, so kommt 14879 kg heraus.)

Das Bleigewicht beträgt also

$$14878 \cdot \frac{32}{100} = \frac{14878 \cdot 0,32}{4463,4} = \frac{297,6}{4761 \text{ kg Blei.}}$$

Bei Berücksichtigung aller Dezimalstellen kommt in ganzen Kilogrammen das Gleiche heraus.

Für Silber berechnen wir erst die g-Zahl pro engl. ton:  
 $28,35 \cdot 31 = 878,85$  g pro engl. ton

|                        |   |
|------------------------|---|
| <u>878,85</u> · 14,644 |   |
| 8788,5                 |   |
| 3515,4                 | Mit Berücksichtigung aller Dezimalstellen |
| 527,3                  | kommt die gleiche Zahl in ganzen Grammen  |
| 35,1                   | heraus.                                   |
| <u>3,5</u>             |   |
| 12870 g                | Silber.                                   |

### Spezifisches Gewicht und Raumbgewicht.

Unter spezifischem Gewicht oder Dichte eines Körpers versteht man die Zahl, die angibt, wieviel mal so schwer irgendeine Menge des Körpers ist als die gleiche Menge Wasser. (Spezifische Gewichte von Gasen werden auch auf Luft oder Wasserstoff als Einheiten bezogen.) Sagen wir also: Das spezifische Gewicht des Aluminiums ist  $2\frac{1}{2}$ , so heißt das, 1 ccm Aluminium wiegt  $2\frac{1}{2}$  mal so viel als 1 ccm Wasser oder, da 1 ccm Wasser 1 g wiegt, so wiegt 1 ccm Aluminium  $2\frac{1}{2}$  g. Ferner, da 1 l Wasser (1000 ccm) 1000 g oder 1 kg wiegt, so wiegt 1 l Aluminium  $2\frac{1}{2}$  kg und 1 cbm Aluminium  $2\frac{1}{2}$  t.

Es wird natürlich immer angenommen, daß der ganze Raum von dem Körper erfüllt ist. 1 l Aluminiumspäne wiegt natürlich weniger als  $2\frac{1}{2}$  kg.

Zahlen, die ähnlich den spez. Gewichten die Verhältniszahlen für geschichtete Körper (mit Zwischenräumen) angenähert angeben, nennen wir Raumbgewichte. Sie sind je nach Art der Zerkleinerung und Dichte der Packung sehr verschieden. Es ist aber z. B. beim Aufstapeln von Waren, wie Kohlen, Holz und anderem Brennmaterial oft wertvoll, den Raum zu wissen, den eine bekannte Gewichtsmenge einnimmt. Ferner werden diese Waren oft nach

Raummaß verhandelt, sind aber weiter nach Gewichten zu verkaufen, und schließlich kann man die Gewichtsmenge einer dem Raum nach gemessenen Menge berechnen wollen.

Wir geben zwei einfache Beispiele:

Aufgabe: 10 000 kg Quecksilber sollen in eiserne Flaschen gefüllt werden. Wieviel Liter Gesamthalt müssen diese Flaschen haben?

Lösung: Nach der Tabelle S.107 hat Quecksilber das spez. Gewicht rund 13,6. Also

$$\begin{array}{rcl} 13,6 \text{ kg Quecksilber} & \dots\dots & 1 \text{ l} \\ 1 \text{ „ „} & \dots\dots & \frac{1}{13,6} \text{ l} \\ 10000 \text{ „ „} & \dots\dots & \frac{10\,000}{13,6} = \text{rund } 735 \text{ l.} \end{array}$$

Aufgabe: Aufgestapelter Zechenkoks, dessen Raumgewicht 0,4 sein soll, liegt auf einer Fläche von 500 qm durchschnittlich etwa 3 m hoch. Wieviel wiegt diese Koksmenge?

Lösung: Es sind  $500 \cdot 3 = 1500$  cbm, also  $1500 \cdot 0,4 \text{ t} = 600 \text{ t}$ .

Die Tabellen 3 und 4 geben eine große Anzahl von spez. Gewichten und Raumgewichten für den praktischen Gebrauch. Sie sind zusammengestellt aus einer größeren Anzahl von Kalendern und Taschenbüchern.

### Spezifische Gewichte von Flüssigkeiten.

Die spez. Gewichte der Flüssigkeiten werden meist mit einem Aräometer bestimmt. Die Angabe des spez. Gewichts erfolgt nun entweder in gewöhnlicher Weise (bezogen auf Wasser = 1) wie bei festen Körpern oder aber nach Aräometergraden. Außer den nach Baumé genannten Graden sind in der Technik mancherlei Grade in Gebrauch, deren Umrechnungsformeln zur Umwandlung in spez. Gewichte wir hier angeben.

Nach diesen Formeln findet man das spez. Gewicht aus einer Angabe in Graden, wenn man für  $n$  in die betreffende Formel die Gradzahl einsetzt. Für Flüssigkeiten, die leichter sind als 1 (leichter als Wasser), gelten andere Formeln als für schwerere Flüssigkeiten, was zu beachten ist.

| Leichte Flüssigkeiten                     | Schwere Flüssigkeiten     |
|---|---------------------------|
| Rationelle Baumé-Grade <sup>1)</sup> :    |                           |
| $\frac{144,3}{144,3 + n}$                 | $\frac{144,3}{144,3 - n}$ |
| Grade nach Brix (Amtl. preuß. Aräometer): |                           |
| $\frac{400}{400 + n}$                     | $\frac{400}{400 - n}$     |
| Grade nach Beck:                          |                           |
| $\frac{170}{170 + n}$                     | $\frac{170}{170 - n}$     |
| Grade nach Cartier:                       |                           |
| $\frac{136,8}{126,1 + n}$                 | $\frac{136,8}{126,1 - n}$ |
| Grade nach Gay-Lussac:                    |                           |
| $\frac{100}{100 + n}$                     | $\frac{100}{100 - n}$     |
| Grade nach Fleischer (Densimetergrade):   |                           |
| $\frac{100 + n}{100} = 1 + \frac{n}{100}$ |                           |

---

<sup>1)</sup> Außer diesen Baumé-Graden sind noch älterer Baumé-Grade hier und da in Gebrauch. Leider wird äußerst selten angegeben, welche Baumé-Grade gemeint sind.

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Leichte Flüssigkeiten  | Schwere Flüssigkeiten |
| Grade nach Twaddell:   |                       |
| $\frac{100 + \frac{1}{2}n}{100} = \frac{200 + n}{200} = 1 + \frac{n/2}{100}$ |                       |

Holländische Skala:

$$\frac{144}{144 - n}$$

Grade nach Balling:

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| $\frac{200}{200 + n}$ | $\frac{200}{200 - n}$ |
|-----------------------|-----------------------|

Bequem sind nur die Grade nach Fleischer; denn 74° Fleischer ist z. B. spez. Gewicht 1,74.

#### Spezifische Gewichte der Gase.

Für Gase (zu denen auch die sog. Dämpfe gehören) wird entweder Wasser oder Luft oder Wasserstoff als Einheit genommen.

Wenn wir aus Bequemlichkeitsgründen, und weil es für technische Überschlagsrechnungen keine Bedeutung hat, von den Temperaturverhältnissen bei festen Körpern und Flüssigkeiten absehen konnten, so müssen wir sie hier berücksichtigen.

Für alle Rechnungen ist es am einfachsten, von der Tatsache auszugehen, daß eine Gramm-Molekel eines jeden Gases bei 760 mm Luftdruck (mittlerer Luftdruck in Meereshöhe 0) und bei 0° (Celsius oder Réaumur) 22,4 l erfüllt. Das soll heißen, 2,016 g Wasserstoff (Mol.-Gew. 2,016) nimmt unter genannten Bedingungen den Raum von 22,4 l ein oder umgekehrt: 22,4 l Wasserstoff wiegt unter den „Normalbedingungen“ 2,016 g. Ebenso gilt für Sauerstoff:

|                     |       |                |
|---------------------|-------|----------------|
| 32,000 g Sauerstoff | ..... | 22,4 l         |
| oder 32,000 kg      | „     | ..... 22,4 cbm |
| oder 32,000 mg      | „     | ..... 22,4 ccm |

Das Gewicht eines Liters Wasserstoff ist also  $\frac{2,016}{22,4} g = 0,09 g$  (genannt 1 Krith). Da 1 l Wasser 1000 g wiegt, ist das spez. Gewicht des Wasserstoffs, bezogen auf Wasser, 0,00009.

Für die Umrechnung auf andere Temperaturen ist zu berücksichtigen, daß jedes Gas sich bei 1° (Celsius) Temperaturerhöhung um  $\frac{1}{273}$  seines Raumes ausdehnt — oder um das 0,00367 fache. Nimmt also 2,016 g Wasserstoff bei 760 mm und 0° den Raum 22,4 l ein, so muß es bei 18° den Raum  $22,4 (1 + 18 \cdot 0,00367) = 24,8 l$  einnehmen.

Für die Berechnung auf anderen Druck (als 760 mm) ist durch den betreffenden Druck zu teilen und mit 760 zu vervielfältigen. Ist aber der Druck nicht in mm, sondern in Atmosphären angegeben, so ist mit 1 (760 mm = 1 Atm.) zu vervielfältigen und durch die Atmosphärenzahl zu teilen. (Vervielfältigung mit 1 fällt einfach fort).

Im übrigen sei besonders F. Fischer, Chem.-technologisches Rechnen für diese Rechnungen empfohlen.

### Härtegrade des Wassers.

Die Härte des Gebrauchswassers ist eine durch Anwesenheit von Calcium- und Magnesiumsalzen (oder Kalk- und Magnesiasalze) bedingte Eigenschaft. Man unterscheidet vorübergehende (temporäre) und bleibende (permanente Härte). Die Summe beider ist die Gesamthärte.

1 Gew.-Tl. CaO in 100 000 Tl. Wasser wird durch 1° Härte bezeichnet (Deutsche Härtegrade).

Eine dem vorhandenen MgO entsprechende (äquivalente) Menge CaO ist dem gefundenen CaO hinzuzurechnen, also rund  $MgO \cdot \frac{56}{40}$  oder  $MgO \cdot 1,4$ .

In Frankreich bezeichnet man 1 Gew.-Tl.  $CaCO_3$  in 100 000 Tl. Wasser als 1° Härte. Man muß also deutsche

Grade mit dem Mol. von  $\text{CaCO}_3$  vervielfältigen und durch das des  $\text{CaO}$  teilen, um französische Grade zu erhalten, d. h.  $\cdot \frac{100}{56}$ ; umgekehrt hat man französische Grade  $\cdot 0,56$  zu nehmen, um deutsche Grade zu erhalten. Das dem  $\text{MgO}$  entsprechende  $\text{CaCO}_3$  ist natürlich auch bei den französischen Graden mitzurechnen.

### Thermometergrade.

Die Höhe der Temperatur, d. h. die Intensität der Wärme — nicht etwa die Menge der Wärme — wird in Graden angegeben. Hierbei dienen 3 Einteilungen (Skalen) von Celsius, Réaumur und Fahrenheit.

Während Celsius und Réaumur den Gefrierpunkt des Wassers (besser den Schmelzpunkt des Eises) mit 0 bezeichneten, setzte Fahrenheit  $32^\circ$  an diese Stelle. Celsius bezeichnet den Siedepunkt des Wassers mit  $100^\circ$ , Réaumur mit  $80^\circ$  und Fahrenheit mit  $212^\circ$ .

Da 100 Celsiusgrade hiernach gleich 80 Réaumurgraden sind, folgt als einfache Umrechnungsformel: Celsiusgrade  $\cdot \frac{8}{10}$  oder  $\frac{4}{5}$  gleich Réaumurgrade und Réaumurgrade  $\cdot \frac{10}{8}$  oder  $\cdot \frac{5}{4}$  gleich Celsiusgrade.

Fahrenheit ist etwas umständlicher umzurechnen: Die Strecke am Thermometer, die Celsius in 100 teilt, hat Fahrenheit in 180 Teile geteilt. Man muß also die Celsiusgrade  $\cdot \frac{180}{100}$  nehmen, außerdem aber 32 nachher hinzuzählen und erhält so Fahrenheitgrade. Umgekehrt ist von Fahrenheitgraden erst 32 abzuziehen und dann  $\cdot \frac{100}{180}$  zu nehmen, um Celsiusgrade zu erhalten. Bei Umrechnung von Réaumur tritt 80 an Stelle von 100.

In der Wissenschaft wurde in den meisten Ländern schon längst nach Celsiusgraden gerechnet, während bei uns im gewöhnlichen Leben noch manchmal Angaben nach Réaumur zu finden sind. Für einige wissenschaftliche Berechnungen hat es sich als praktisch erwiesen, nach absoluter Zählung zu rechnen. Hierbei wird die Celsiusskala nur insoweit abgeändert, als man den Punkt  $-273^{\circ}$  als  $0^{\circ}$  und den Nullpunkt von Celsius (den Gefrierpunkt) als  $+273^{\circ}$  bezeichnet. Zu den gewöhnlichen Celsiusgraden hat man also nur 273 hinzuzuzählen um absolute Grade zu erhalten, umgekehrt ist von absoluten Graden 273 abzuziehen, um Celsiusgrade zu erhalten.

Die Celsiusgrade werden auch Zentesimalgrade oder Grade des hundertteiligen Thermometers genannt. Diese Grade werden in Formeln durch  $t$ , die absoluten Grade durch  $T$  bezeichnet.

### Calorien.

Die Menge der Wärme kann nicht mit dem Thermometer allein gemessen werden, und kann nicht in Graden angegeben werden. Folgende Überlegung möge uns diese Verhältnisse klarmachen: Es ist offenbar eine kleinere Wärmemenge nötig, um ein kleines Steinchen rotglühend zu machen (Rotglut ist etwa  $525^{\circ}C$ ), als um eine Badewannenfüllung um nur einige Grade zu erwärmen. Jeder wird einsehen, daß man mit einer einfachen Gasflamme in wenigen Minuten ein Steinchen glühend machen kann — nicht aber ein Bad erwärmen!

Die Wärmemenge wird in Calorien gemessen. Eine kleine Calorie ist die Wärmemenge, die  $1\text{ g} = 1\text{ ccm}$  Wasser um  $1^{\circ}C$  erwärmt. (Genauer gesagt von  $0^{\circ}$  auf  $1^{\circ}$  erwärmt; denn die Wärmemenge, die nötig ist, um es von z. B.  $50$  auf  $51^{\circ}$  zu erhöhen, ist nicht genau dieselbe — aber praktisch gleich.) Die Wärmemenge, die nötig ist, um  $1\text{ kg}$  Wasser ( $= 1\text{ l}$ ) um  $1^{\circ}$  zu erwärmen, nennt man große Calorie. Erstere kürzt man als *cal.*, letztere als *Cal.* ab.

(Es wird auch  $k$ ,  $K$  geschrieben.) In der Wissenschaft werden mehr die kleinen oder Grammc calorien, in der Technik mehr die großen oder Kilogrammc calorien verwendet.

Kommen wir, um eine Berechnung zu zeigen, auf unser Beispiel zurück: Um ein Steinchen von 1 g (etwa erbsengroß) von  $25^\circ$  auf  $525^\circ$  zu erwärmen — also von Zimmertemperatur bis zur Rotglut —, würden wir, wenn das Steinchen ebensoviel Wärme braucht, wie ein gleiches Gewicht Wasser, brauchen:  $(525 - 25) = 500$  kleine Calorien oder  $\frac{1}{2}$  große Calorie.

Um hingegen 250 l Wasser in einer Badewanne von  $10^\circ$  bis  $30^\circ$  zu erwärmen, sind nötig:  $250 \cdot (30 - 10) = 250 \cdot 20 = 5000$  große Calorien.

In Wirklichkeit braucht unser Steinchen noch weniger Wärme, da alle Körper zum Erwärmen weniger Wärme brauchen als eine gleiche Gewichtsmenge Wasser. Die Verhältniszahl eines Körpers, die angibt, wieviel Wärme nötig ist, um ihn zu erwärmen, verglichen mit der Wärme, die nötig ist, um ebensoviel Wasser zu erwärmen, nennen wir spez. Wärme. Ist die spez. Wärme des Steins = 0,2, so ist die Zahl 500 cal. noch mit 0,2 zu vervielfältigen, was 100 cal. = 0,1 Cal. ergibt.

Tabellen der spez. Wärmen finden sich in allen einschlägigen Hand- und Taschenbüchern. Dort finden sich auch die Berechnungsformeln für Reaktionswärmen bei chemischen Prozessen; wir wollen hier nur die wichtigsten Zahlenwerte für die Feuerungstechnik angeben.

### **Brennmaterialien und Heizwerte.**

Die Heizwerte werden wie andere Wärmemengen in Calorien, und zwar gewöhnlich in großen Calorien (Cal., Kilogrammc calorien, kg/Cal. oder WE = Wärmeeinheit) angegeben. Daneben kommen noch Angaben in Joule vor. 1 Joule (j) = 0,2391 Grammc calorien (cal.).

Außer den Angaben, die sich auf 1 kg der Brennstoffe (fest, flüssig oder gasförmig) oder auf 1 cbm der gasförmigen Brennstoffe beziehen, kommen noch molekulare Verbrennungswärmen vor. Sie beziehen sich auf 1 g-Molekel d. h. die molekulare Verbrennungswärme von Wasserstoff  $H_2 = 138$  Cal. bedeutet: 2,02 g  $H_2$  geben 138 Cal. Die Calorien für 1 cbm lassen sich daraus berechnen, wenn man bedenkt, daß 1 g-Molekel = 22,4 l ist (s. Seite 89).

Heizwerte für 1 kg Brennstoff, unter der Annahme, daß das bei der Verbrennung gebildete Wasser verflüssigt wird.

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Alkohol 7100 Cal.           | Masut 10 500 Cal.          |
| Braunkohlen 6400 Cal.       | Petroleum 11 000 Cal.      |
| Braunkohlenteeröl 9950 Cal. | Steinkohle 6—8000 Cal.     |
| Holz 3—4100 Cal.            | Steinkohlen-Koks 7000 Cal. |
| Holzkohle 8000 Cal.         | Torf, trocken 5000 Cal.    |

Heizwerte für 1 cbm der wichtigsten technischen Heizgase. (Aus „Hütte“, Ingenieurs Taschenbuch.)

|                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| Leuchtgas 5600 Cal. | Mischgas (Dowson) 1285 Cal. |
| Wassergas 2750 Cal. | Gichtgas 910 Cal.           |

Für praktische Zwecke nimmt man an, daß 1 kg Kohle etwa 5000 Cal. gibt.

### Elektrische Einheiten.

Durch chemische Mittel wird oft Strom erzeugt, und umgekehrt werden chemische Vorgänge vermittels Elektrizität bewirkt.

Wir müssen uns hier auf die Angabe der wichtigsten Maßeinheiten beschränken.

1 Cal. = 4,189 Kilowattsekunden.

Das heißt die Wärmemenge von 1 großen Calorie liefert 1 Sekunde lang einen Strom von 4,189 Kilowatt oder 4189 Watt.

Das Watt oder Voltampere ist die technische Einheit der elektrischen Energie. Ihr Hundertfaches heißt Hektowatt, ihr Tausendfaches Kilowatt.

1 Kilowattsekunde = 0,2387 Cal.

Das heißt, ein Strom von 1 Kilowatt, der 1 Sekunde lang wirkt, gibt eine Wärmemenge von 0,2387 Cal.

1 m/kg/Sek. = 9,806 Wattsekunden oder „Joule“.

Das heißt, die mechanische Leistung von 1 m/kg in 1 Sekunde entspricht 9,806 Wattsekunden. 1 Pferdekraftsekunde = 75 m/kg =  $75 \cdot 9,806 = 735,5$  Wattsekunden. 1 Pferdekraft wird abgekürzt als PS (Pferdestärke) oder HP (engl. Horsepower).

Für die Elektrochemie ist die wichtigste Beziehung: 1 Strom von 1 Ampère scheidet pro Sekunde 0,01036 mg Wasserstoff oder pro Stunde 0,03762 g Wasserstoff ab.

Für jedes andere Element (oder Ion) findet man die Menge durch Vervielfältigung dieser Zahlen mit dem betr. Atom- (bzw. Molekular-) Gewicht und Teilen durch die Wertigkeit des betr. Atoms oder Ions.

---

## IV. Tafeln und Winke zu deren Benutzung.

### Über Löslichkeitstafeln.

Zur Benutzung der in den Kalendern usw. enthaltenen Löslichkeitstafeln geben wir nur einige Winke.

Die Tafeln enthalten Angaben über die Löslichkeit verschiedener Körper in Flüssigkeiten, hauptsächlich für Wasser als Lösungsmittel. Die Löslichkeit steigt meist mit der Temperatur, nur bei Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ) sehr wenig, und bei ganz wenigen festen Körpern sinkt sie mit der Temperatur, hingegen ist dies bei Lösungen von Gasen in Flüssigkeiten, wie z. B. Chlorwasserstoff in Wasser (= Salzsäure) und Ammoniak in Wasser (Ammoniakflüchtigkeit, Salmiakgeist oder auch Salmiakspiritus genannt), die Regel.

Unter gesättigter Lösung (nur solche berücksichtigen die Tabellen) versteht man solche, die so viel von dem betr. Körper gelöst enthalten, wie sie dauernd bei der betr. Temperatur gelöst enthalten können. Übersättigte Lösungen scheiden nach einiger Zeit von selbst, jedenfalls aber sofort den Überschuß aus, wenn nur eine Spur des festen Körpers in die Lösung gebracht („eingimpft“) wird.

Die Tafeln enthalten manchmal die Angaben nach Grammen in 100 g des Lösungsmittels, manchmal aber in 100 g der Lösung. Es kann leicht der Fall eintreten, daß die Angaben in der vorhandenen Art unpraktisch sind und umgerechnet werden müssen.

Ist die Löslichkeit eines Salzes (bei einer bestimmten Temperatur) angegeben zu 20 Tl. des Salzes in 100 Tl. Wasser, so heißt das: 20 g des Salzes wurden in 100 g

Wasser gelöst, d. h. in  $20 + 100 = 120$  g der Lösung sind  
 20 g Salz oder in 100 g Lösung:  $\frac{20 \cdot 100}{120} = 16\frac{2}{3}$  g Salz.

Ist umgekehrt angegeben: In 100 Tl. Lösung sind 45 Tl.  
 Substanz gelöst, so heißt das:

|                                |         |   |
|--------------------------------|---------|---|
| 100 Gew.-Tl. Lösung            | . . . . | 45 Gew.-Tl. Substanz                            |
| oder 55 Gew.-Tl. Lösungsmittel | . . . . | 45 Gew.-Tl. Substanz                            |
| 100 Gew.-Tl. Lösungsmittel     | . . . . | $\frac{45 \cdot 100}{55} = \text{ca.} 82$ Gew.- |
|                                |         | Tl. Substanz.                                   |

Manchmal geben die Tabellen statt prozentualer Löslichkeiten in folgender Weise an: Zucker braucht 0,5 Tl. Wasser zur Lösung, d. h. 1 Tl. Zucker braucht  $\frac{1}{2}$  Tl. Wasser oder 100 Tl. Zucker 50 Tl. Wasser. Die prozentuale Löslichkeit in Wasser ist 200%, da 100 Tl. Wasser 200 Tl. Zucker lösen. Auf die Lösung bezogen ist die Löslichkeit  $66\frac{1}{3}$  Proz., da in 300 Tl. Zuckerlösung 200 Tl. Zucker sind.

Auch kommen noch Angaben der Löslichkeit in 100 ccm statt in 100 g des Lösungsmittels vor, was bei nicht-wässrigen Lösungen zu beachten ist.

### Benutzung von Tafeln spezifischer Gewichte.

Die hier abgedruckte Tabelle der spez. Gewichte von einigen Säuren und alkalischen Lösungen (Ammoniak, Soda und Ätznatron) beziehen sich nur auf die angegebene Temperatur. Die Änderungen bei kleinen Temperaturunterschieden kommen für oberflächliche Berechnungen nicht in Betracht. Die Korrekturen für andere Temperatur finden sich im Chemiker-Kalender; Lunge-Berl, Taschenbuch usw. Im Handel werden die spez. Gewichte oder die betr. Aräometergrade (meist nach Baumé) fast ausnahmslos für die in unseren Tabellen angegebenen Temperaturen angeführt, so daß in den allermeisten Fällen eine Umrechnung nicht in Betracht kommt.

Die Tabellen gelten streng nur für chemisch reine Chemikalien. Tabellen für durch salpetrige Säure verunreinigte Salpetersäure und für viel Salpetrigsäure enthaltende rauchende Salpetersäure und für kohlenstoffhaltige Natronlauge (natriumcarbonathaltige Natriumhydroxydlösung) finden sich auch in den genannten Büchern. Bei Schwefelsäure, Salzsäure und Ammoniak machen die geringen Verunreinigungen nicht viel aus. Es wird daher gewöhnlich keine Rücksicht darauf genommen.

Unsere Tabellen geben nicht für alle Werte die entsprechenden Werte in den anderen Spalten an. So finden wir in der Tabelle 7 z. B. nicht, welche Werte  $40,5^\circ$  Bé (Abkürzung für Baumé) entsprechen. Man bestimmt die zugehörigen Werte durch Interpolation (Zwischenschaltung) in folgender Weise nach dem Dreisatz:

$40^\circ$  Bé (rationell) . . . . 1,383 spez. Gew.  
 $41^\circ$  Bé (rationell) . . . . 1,397 spez. Gew.  
 Unterschied für  $1^\circ$  Bé . . . . 1,397 — 1,383 = 0,014.]  
 Also Unterschied für  $0,5^\circ$  Bé . . . . 0,007.  
 Also  $40,5^\circ$  Bé . . . . 1,383 + 0,007 = 1,390 spez. Gew.

Soll umgekehrt die Angabe: spez. Gewicht 1,720 auf Grade des Baumé-Gerlachschen Aräometers umgerechnet werden, so finden wir in derselben Tabelle:

1,7111 spez. Gew. . . .  $61^\circ$  Bé.  
 1,7313 spez. Gew. . . .  $62^\circ$  Bé.

Also muß  $1,720$  spez. Gew. ungefähr  $61,5^\circ$  Bé. entsprechen. Dieses dürfte praktisch durchaus genügen. Wir wollen nur das Beispiel genau durchrechnen:

$1,7313 - 1,7111 = 0,0202$  spez. Gew. . . . .  $1^\circ$  Bé-Diff.  
 $1,7200 - 1,7111 = 0,0089$  spez. Gew. . . . .  $\frac{1 \cdot 0,0089}{0,0202}$

$$= \frac{89}{202} = 0,445 \text{ Bé-Diff.}$$

Also ist in übertrieben genauer Berechnung 1,720 spez. Gew. =  $61,445^{\circ}$  Bé. Die dritte Stelle hinter dem Komma ist jedenfalls ganz unsicher, tatsächlich im vorliegenden Falle auch die zweite.

An der Hand der Tabelle für Schwefelsäure wollen wir noch eine im Handel vorkommende Berechnung ausführen:

Aufgabe: Es soll angegeben werden, welches spez. Gewicht eine Schwefelsäure von  $59,9^{\circ}$  Bé hat und wieviel Prozent 55 grädiger Säure sie entspricht.

Anm. Unter Graden nach Baumé sind, wenn nichts anderes bemerkt ist, rationelle Grade nach Baumé zu verstehen. So sind sie auch in den Säuretabelle gemeint. Sogar die Angabe  $59,9^{\circ}$  grädige Schwefelsäure würde auf rationelle Grade Baumé unbedingt zu deuten sein. Es wäre allerdings höchste Zeit, daß der Unfug mit den Angaben nach allen möglichen Graden aufhörte. Angaben nach spez. Gewicht genügen vollauf, allenfalls kann man die Dezimalen allein nennen und hätte dann Grade nach Fleischer (Densimetergrade).

Lösung: Die Tabelle für Schwefelsäure (S. 113) gibt an:

$59,7^{\circ}$  Bé . . . . 1,705 spez. Gew.

$60,0^{\circ}$  Bé . . . . 1,710 spez. Gew.

Also  $0,3^{\circ}$  Bé (Unterschied) 0,005 Unterschied des spez. Gew. oder  $0,2^{\circ}$  Bé (Unterschied) . . . . 0,0033 Unterschied des spez. Gew.;  $59,9^{\circ}$  Bé (=  $59,7 + 0,2$ ) . . .  $1,705 + 0,0033 = 1,7083$  spez. Gew. (abzurunden auf 1,708).

Man kann aber auch den Unterschied für  $0,1^{\circ}$  Bé von 1,710 abziehen und erhält auch 1,7083, nämlich  $1,710 - 0,0017$ .

Hätte man eine Tabelle, die den Gehalt für 55 grädige Säure unmittelbar angäbe, so wäre der zweite Teil der Aufgabe ebenso schnell zu erledigen. Wir finden dort aber nur Angaben für 50- und 60 grädige Säure. Dazwischen zu interpolieren ist nur für ganz rohe Rechnungen statthaft. Um eine maßgebliche Rechnung, nach der bezahlt werden soll, aufzustellen, ist wie folgt zu verfahren:

Nach der Tabelle hat:

|                |                      |                             |   |   |
|----------------|----------------------|-----------------------------|---|---|
|                | 59,7grädige Säure .. | 63,35 Proz. SO <sub>3</sub> | } | Unterschied<br>0,86, <sup>1</sup> / <sub>3</sub> da-<br>von = 0,117 |
|                | 60,0 „ „ ..          | 63,70 „ „                   |   |   |
| Also           | 59,9 „ „ ..          | 63,583 „ „                  |   |   |
| Es hat aber 55 | „ „ ..               | 57,15 „ „                   |   |   |

Dieses ergibt den Dreisatz:

|                                    |              |                                  |              |
|------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
| 57,15 Gew.-Tl. SO <sub>3</sub>     | enthalten in | 100 Gew.-Tl. 55° Säure           |              |
| 1 „ „ „ „                          |              | $\frac{100}{57,15}$              | 55° „        |
| 63,583 „ „ „ „                     |              | $\frac{100 \cdot 63,583}{57,15}$ | Gew.-Tl. 55° |
| Säure = 111,26 Gew.-Tl. 55° Säure. |              |                                  |              |

Oder da 63,583 Gew.-Tl. SO<sub>3</sub> in 100 Gew.-Tl. 59,9 grädiger Säure sind, entsprechen 100 Tl. dieser Säure 111,26 Tl. 55 grädiger Säure oder 111,26 Proz.

Statt mit Benutzung der Angabe des SO<sub>3</sub>-Gehaltes, kann man den auch in der Tabelle enthaltenen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Gehalt verwenden. So geschah es bei Aufstellung der Tabellen.

Wir finden durch Interpolation, daß 59,9 grädige Säure 77,893 Proz. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> enthält, und da 55 grädige Säure 70,00 Proz. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> enthält, so ergibt sich nach dem entsprechenden Ansatz für 59,9 grädige Säure 111,28 Proz. 55 grädiger Säure. Die kleine Abweichung entsteht durch die Abrundung der Zahlen in den Tabellen.

Nicht immer bestimmt die Angabe des spez. Gewichtes eindeutig die Stärke der Lösung oder Mischung. Wir sehen ein Beispiel bei höchst konzentrierter Schwefelsäure (s. Tabelle). Es gibt ein Dichtemaximum, d. h. einen Höchstwert des spez. Gewichtes. Oberhalb dieser Grenze sinkt mit steigender Stärke der Säure das spez. Gewicht. Auch Essigsäure zeigt die gleiche Erscheinung.

Ammoniaklösungen sind spezifisch um so leichter, je mehr Ammoniakgas sie gelöst enthalten. Alkohol ist eben-

falls leichter, je konzentrierter er ist, d. h. je weniger Wasser er enthält. Der Prozentgehalt bzw. die Stärke des Alkohols wird angegeben entweder: nach Gew.-Proz., d. h. Anzahl der Gramme Alkohol in 100 g des Gemisches; nach Volumprozenten, d. h. Anzahl der Kubikzentimeter Alkohol in 100 ccm des Gemisches; nach Anzahl der Gramme Alkohol in 100 ccm des Gemisches.

Volumprocente werden auch Grade nach Tralles genannt.

Ein Alkohol vom spez. Gewicht 0,810 bei 15° (bezogen auf Wasser von 15°) hat z. B. 94,73 Gew.-Proz., 96,61 Vol.-Proz. oder 76,67 g Alkohol in 100 ccm.

Tabelle 1.  
Atomgewichte.

| Sym-<br>bol | Alter Name | Gew. Name   | H = 1,008<br>O = 16 | H = 1<br>O = 15,87 | Ab-<br>gerundet | Wichtigste<br>Wertig-<br>keiten |
|-------------|------------|-------------|---------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|
| Ag          | Argentum   | Silber      | 107,88              | 107,02             | 108             | I                               |
| Al          |            | Aluminium   | 27,1                | 26,9               | 27              | III                             |
| Ar          |            | Argon       | 39,88               | 39,56              | 40              | —                               |
| As          |            | Arsen       | 74,96               | 74,37              | 75              | III u. V                        |
| Au          | Aurum      | Gold        | 197,2               | 195,6              | 197             | I u. III                        |
| B           |            | Bor         | 11,0                | 10,9               | 11              | III                             |
| Ba          |            | Barium      | 137,37              | 136,28             | 137             | II                              |
| Be          |            | Beryllium   | 9,1                 | 9,0                | 9               | II                              |
| Bi          | Bismuthum  | Wismut      | 208,0               | 206,3              | 208             | III u. V                        |
| Br          |            | Brom        | 79,92               | 79,29              | 80              | I                               |
| C           | Carbo      | Kohlenstoff | 12,005              | 11,91              | 12              | IV                              |
| Ca          |            | Calcium     | 40,07               | 39,75              | 40              | II                              |
| Cd          |            | Cadmium     | 112,40              | 111,51             | 112,5           | II                              |
| Ce          |            | Cerium      | 140,25              | 139,14             | 140             | III, IV                         |
| Cl          |            | Chlor       | 35,46               | 35,18              | 35,5            | I                               |
| Co          | Cobaltum   | Kobalt      | 58,97               | 58,50              | 59              | II u. III                       |
| Cr          |            | Chrom       | 52,0                | 51,6               | 52              | III                             |
| Cs          |            | Caesium     | 132,81              | 131,76             | 133             | I                               |
| Cu          | Cuprum     | Kupfer      | 63,57               | 63,07              | 63,5            | I u. II                         |
| Dy          |            | Dysprosium  | 162,5               | 161,2              | 162             | III                             |

| Sym-<br>bol | Alter Name  | Gew. Name   | H=1,008<br>O=16 | H=1<br>O=15,87 | Ab-<br>gerundet | Wichtigste<br>Wertig-<br>keiten |
|-------------|-------------|-------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------------|
| Er          |             | Erbium      | 167,7           | 166,4          | 168             | III                             |
| Eu          |             | Europium    | 152,0           | 150,8          | 152             | III                             |
| F           |             | Fluor       | 19,0            | 18,85          | 19              | I                               |
| Fe          | Ferrum      | Eisen       | 55,84           | 55,40          | 56              | II u. III                       |
| Ga          |             | Gallium     | 69,9            | 69,4           | 70              | II u. III                       |
| Gd          |             | Gadolinium  | 157,3           | 156,1          | 157             | III                             |
| Ge          |             | Germanium   | 72,5            | 71,9           | 72              | II, IV                          |
| H           | Hydrogenium | Wasserstoff | 1,008           | 1,000          | 1               | I                               |
| He          |             | Helium      | 4,00            | 3,97           | 4               | —                               |
| Hg          | Hydrargyrum | Quecksilber | 200,6           | 199,0          | 200             | I u. II                         |
| Ho          |             | Holmium     | 163,5           | 162,2          | 163             | III                             |
| In          |             | Indium      | 114,8           | 113,9          | 115             | I, II, III                      |
| Ir          |             | Iridium     | 193,1           | 191,6          | 193             | III, IV                         |
| J           |             | Jod         | 126,92          | 125,91         | 127             | I                               |
| K           |             | Kalium      | 39,10           | 38,79          | 39              | I                               |
| Kr          |             | Krypton     | 82,92           | 82,26          | 83              | —                               |
| La          |             | Lanthan     | 139,0           | 137,9          | 139             | III                             |
| Li          |             | Lithium     | 6,94            | 6,88           | 7               | I                               |
| Lu          |             | Lutetium    | 175,00          | 173,6          | 175             | III                             |
| Mg          |             | Magnesium   | 24,32           | 24,13          | 24 od. 24,5     | II                              |
| Mn          |             | Mangan      | 54,93           | 54,49          | 55              | II, III u. m.                   |
| Mo          |             | Molybdän    | 96,0            | 95,2           | 96              | II—VI                           |
| N           | Nitrogenium | Stickstoff  | 14,01           | 13,90          | 14              | III u. V                        |
| Na          |             | Natrium     | 23,00           | 22,82          | 23              | I                               |
| Nb          |             | Niobium     | 93,5            | 92,8           | 93              | V                               |
| Nd          |             | Neodym      | 144,3           | 143,2          | 144             | III                             |
| Ne          |             | Neon        | 20,2            | 20,0           | 20              | —                               |
| Ni          | Niccolum    | Nickel      | 58,68           | 58,21          | 58,5            | II                              |
| Nt          |             | Niton       | 222,4           | 220,6          | 222             | —                               |
| O           | Oxygenium   | Sauerstoff  | 16,00           | 15,87          | 16              | II                              |
| Os          |             | Osmium      | 190,9           | 189,4          | 191             | II—VIII                         |
| P           |             | Phosphor    | 31,04           | 30,79          | 31              | III u. V                        |
| Pb          | Plumbum     | Blei        | 207,20          | 205,56         | 207             | II                              |
| Pd          |             | Palladium   | 106,7           | 105,9          | 107             | II, IV                          |
| Pr          |             | Praseodym   | 140,9           | 139,8          | 141             | III                             |
| Pt          |             | Platin      | 195,2           | 193,65         | 195             | II u. IV                        |
| Ra          |             | Radium      | 226,0           | 224,2          | 226             | II                              |
| Rb          |             | Rubidium    | 85,45           | 84,77          | 85              | I                               |
| Rh          |             | Rhodium     | 102,9           | 102,1          | 103             | III                             |
| Ru          |             | Ruthenium   | 101,7           | 100,9          | 102             | II—VIII                         |
| S           | Sulfur      | Schwefel    | 32,06           | 31,81          | 32              | II, IV, VI                      |

| Sym-<br>bol | Alter Name | Gew. Name | H=1,008<br>O=16 | H=1<br>O=15,87 | Ab-<br>gerundet | Wichtigste<br>Wertig-<br>keiten |
|-------------|------------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|---------------------------------|
| Sb          | Stibium    | Antimon   | 120,2           | 119,2          | 120             | III, V                          |
| Sc          |            | Skandium  | 44,1            | 43,75          | 44              | III                             |
| Se          | Stannum    | Selen     | 79,2            | 78,6           | 79              | II, IV, VI                      |
| Si          |            | Silicium  | 28,3            | 28,1           | 28              | IV                              |
| Sm          |            | Samarium  | 150,4           | 149,2          | 150             | III                             |
| Sn          |            | Zinn      | 118,7           | 117,8          | 119             | II, IV                          |
| Sr          |            | Strontium | 87,63           | 86,93          | 87,5            | II                              |
| Ta          |            | Tantal    | 181,5           | 180,1          | 181             | V                               |
| Tb          |            | Terbium   | 159,2           | 157,9          | 159             | III                             |
| Te          |            | Tellur    | 127,5           | 126,5          | 127             | II, IV, VI                      |
| Th          |            | Thorium   | 232,4           | 230,6          | 232             | IV                              |
| Ti          |            | Titan     | 48,1            | 47,7           | 48              | III, IV                         |
| Tl          | Thallium   | 204,0     | 202,4           | 204            | I, III          |                                 |
| Tu          | Thulium    | 168,5     | 167,2           | 168            | III             |                                 |
| U           | Uran       | 238,2     | 236,3           | 238            | III—VIII        |                                 |
| V           | Vanadium   | 51,0      | 50,6            | 51             | V               |                                 |
| W           | Wolfram    | 184,0     | 182,5           | 184            | II—VI           |                                 |
| X           | Xenon      | 130,2     | 129,2           | 130            | —               |                                 |
| Y           | Yttrium    | 88,7      | 88,0            | 89             | III             |                                 |
| Yb          | Ytterbium  | 173,5     | 172,1           | 173            | III             |                                 |
| Zn          | Zink       | 65,37     | 64,85           | 65,5           | II              |                                 |
| Zr          | Zirkonium  | 90,6      | 89,9            | 91             | IV              |                                 |

Anmerkungen: Die abgekürzten Atomgewichte sind nach den Atomgewichten für O = 16,00 abgeleitet. Die Atomgewichte mit H = 1,000 sind aus der ersten Spalte mit dem Teiler 1,008 berechnet. Hierdurch erklären sich gewisse Abweichungen gegen andere Tabellen, bei denen bisweilen ein anderer Wert für H angenommen ist.

Tabelle 2.

Die wichtigsten Säurereste.

(Anionen.)

| Namen<br>der Säuren | Namen<br>der Anionen | Wertigkeit<br>und Formel | Anionen<br>saurer Salze | Formel |
|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|--------|
| Chlorwasserstoff    | Chlorion             | Cl'                      |                         |        |
| Bromwasserstoff     | Bromion              | Br'                      |                         |        |
| Jodwasserstoff      | Jodion               | J'                       |                         |        |

| Namen der Säuren    | Namen der Anionen   | Wertigkeit und Formel    | Anionen saurer Salze                     | Formel                            |
|---------------------|---------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|
| Fluorwasserstoff    | Fluorion            | F'                       |  |                                   |
| Cyanwasserstoff     | Cyanion             | CN'                      |  |                                   |
| Schwefelwasserstoff | Sulfion (Sulfidion) | S''                      | Hydrosulfion                             | HS'                               |
| Salpetersäure       | Nitration           | NO <sub>3</sub> '        |  |                                   |
| Salpetrige Säure    | Nitrition           | NO <sub>2</sub> '        |  |                                   |
| Schwefelsäure       | Sulfation           | SO <sub>4</sub> ''       | Hydrosulfation                           | HSO <sub>4</sub> '                |
| Schweflige Säure    | Sulfition           | SO <sub>3</sub> ''       | Hydrosulfition                           | HSO <sub>3</sub> '                |
| Arsensäure          | Arsenation          | AsO <sub>4</sub> '''     | Hydroarsenation                          | HAsO <sub>4</sub> ''              |
|                     |                     |                          | Dihydroarsenation                        | H <sub>2</sub> AsO <sub>4</sub> ' |
| Arsenige Säure      | Arsenition          | AsO <sub>3</sub> '''     | nicht beständig                          |                                   |
| dafür               |                     |                          | Metarsenition                            | AsO <sub>2</sub> '                |
| Phosphorsäure       | Phosphation         | PO <sub>4</sub> '''      | bei sauren Salzen der Arsensäure entspr. |                                   |
| Kieselsäure         | Ortho-Silication    | SiO <sub>4</sub> ''''    | nicht beständig                          |                                   |
| dafür               |                     |                          | Meta-Silication                          | SiO <sub>3</sub> ''               |
| Essigsäure          | Acetation           | (CH <sub>3</sub> -CO-O)' |  |                                   |

Tabelle 3.

**Spezifische Gewichte und Raumgewichte.**

**A. Feste Körper.**

|                                  | Spez. Gewicht | Raumgewicht |
|----------------------------------|---------------|-------------|
| Aluminium . . . . .              | 2,6—2,66      |             |
| Aluminiumbronze . . . . .        | 7,7           |             |
| Ammoniumsalze . . . . .          | meist 1,5—1,8 |             |
| Anthrazit . . . . .              | 1,4—1,7       |             |
| Antimon . . . . .                | 6,7           |             |
| Arsen . . . . .                  | 5,7           |             |
| Arsenik (Arsentrioxyd) . . . . . | 3,8           |             |
| Asbest . . . . .                 | 2,1—2,8       |             |
| Asbestpappe usw. . . . .         | 1,2           |             |

|                                     | Spez. Gewicht    | Raumgewicht |
|-------------------------------------|------------------|-------------|
| Asphalt . . . . .                   | 1,1—1,5          |             |
| Bariumoxyd . . . . .                | 5,0              |             |
| Bariumcarbonat . . . . .            | 4,4              |             |
| Bariumsulfat . . . . .              | 4,2—4,6          |             |
| Bariumhydroxyd (Ätzbaryt) . . . . . | 1,66             |             |
| Basalt . . . . .                    | 2,7—3,2          |             |
| Bausteine . . . . . etwa            | 2,5              |             |
| Beton . . . . .                     | 1,8—2,5          |             |
| Blei . . . . .                      | 11,25—11,40      |             |
| Bleicarbonat . . . . .              | 6,43             |             |
| Bleiglätte (Bleioxyd) . . . . .     | 9,3—9,4          |             |
| Bleiglanz . . . . .                 | 7,6              |             |
| Bleiweiß . . . . .                  | 5,5—6,4          |             |
| Blende . . . . .                    | 3,9—4,2          |             |
| Blutlaugensalz, gelb . . . . .      | 1,8              |             |
| Borax . . . . .                     | 1,7              |             |
| Braunkohlen . . . . .               | 1,2—1,5          |             |
| Braunstein . . . . .                | 3,7—5,0          | 2,2         |
| Bronzen . . . . .                   | 7,4—8,9          |             |
| Cadmium . . . . .                   | 8,6              |             |
| Calcium . . . . .                   | 1,6              |             |
| Calciumcarbid . . . . .             | 3,26             |             |
| Calciumcarbonat . . . . .           | 2,7              |             |
| Calciumoxyd . . . . .               | 3,2              |             |
| Calciumphosphat . . . . . etwa      | 3,2              |             |
| Calciumsulfat anhydr. . . . .       | 3,0              |             |
| Carborund . . . . .                 | 3,12             |             |
| Cement . . . . .                    | 2,7—3,1          | 1,2         |
| Chamottesteine . . . . .            | 1,85—2,2         |             |
| Chrom . . . . .                     | 6,9—7,0          |             |
| Eis (bei 0°) . . . . .              | 0,917            |             |
| Eisen . . . . .                     | 6,7—7,9          |             |
| Eisensalze . . . . . meist          | 3,5—5,5          |             |
| Erde, mager . . . . .               | 1,3—1,4          |             |
| Erde, gestampft . . . . .           | 1,6—2,0          |             |
| Feldspat . . . . .                  | 2,5—2,6          |             |
| Fette . . . . .                     | 0,92—0,94        |             |
| Flußspat . . . . .                  | 3,15             |             |
| Galmei . . . . .                    | 4,1—4,5          |             |
| Gips gebrannt . . . . .             | 1,81             |             |
| Gips, gegossen, trocken . . . . .   | 0,97             |             |
| Glas . . . . .                      | 2,4—3,4 u. höher |             |
| Glaubersalz kryst. . . . .          | 1,52             |             |
| Gold . . . . .                      | 19,3             |             |

|  | Spez. Gewicht | Raumgewicht |
|--|---------------|-------------|
| Granit . . . . .                               | 2,5—3,1       |             |
| Graphit . . . . .                              | 2,0—2,4       |             |
| Harz . . . . .                                 | etwa 1,1      |             |
| Holz, Laubholz trocken . . . . .               | 0,6—0,7       | 0,4—0,42    |
| Holz, Laubholz feucht . . . . .                | 1,1           |             |
| Holz, Nadelholz trocken . . . . .              | 0,45—0,5      | 0,32—0,34   |
| Holz, Nadelholz feucht . . . . .               | 0,85          |             |
| Holzkohle, porös . . . . .                     | 0,3—0,5       | 0,15—0,22   |
| Holzkohle, luftfrei . . . . .                  | 1,4—1,5       |             |
| Iridium . . . . .                              | 22,4          |             |
| Kalium . . . . .                               | 0,87          |             |
| Kaliumsalze . . . . .                          | meist 2—3     |             |
| Kalk, gebrannt . . . . .                       | 3,1—3,4       | 1,0         |
| Kalk, gelöscht . . . . .                       | 2,1           | 1,2         |
| Kalkstein . . . . .                            | 2,5—2,85      | 2,0         |
| Kaolin . . . . .                               | 2,2           |             |
| Kautschuk . . . . .                            | 0,92—0,96     |             |
| Knochen . . . . .                              | 1,8—2,0       |             |
| Kobalt . . . . .                               | 8,4—8,7       |             |
| Kochsalz . . . . .                             | 2,08—2,16     |             |
| Kohle, Braun- . . . . .                        | 1,2—1,5       | 0,65—0,80   |
| Kohle, Stein- . . . . .                        | 1,15—1,65     | 0,77—0,98   |
| Kohlenstoff, Diamant . . . . .                 | 3,5—3,6       |             |
| Kohlenstoff, Graphit . . . . .                 | 2,0—2,4       |             |
| Kohlenstoff, amorph . . . . .                  | etwa 1,6      |             |
| Koks, porös . . . . .                          | 0,4—0,5       | 0,3—0,45    |
| Koks, luftfrei . . . . .                       | 1,4           |             |
| Kork . . . . .                                 | 0,25          |             |
| Kupfer . . . . .                               | 8,3—8,94      |             |
| Kupferkies . . . . .                           | 4,1—4,3       |             |
| Kupfervitriol (Kupfersulfat, kryst.) . . . . . | 2,27          |             |
| Lehm, trocken—naß . . . . .                    | 1,5—2,8       |             |
| Lehm, frisch gegraben . . . . .                | 1,65          |             |
| Magnesia . . . . .                             | 3,2—3,65      |             |
| Magnesit . . . . .                             | 2,9—3,1       |             |
| Magnesium . . . . .                            | 1,74          |             |
| Magnesiumcarbonat . . . . .                    | 2,0           |             |
| Mangan . . . . .                               | 7,4           |             |
| Marmor . . . . .                               | 2,5—2,9       |             |
| Mehl . . . . .                                 | etwa 1,5      |             |
| Mergel . . . . .                               | 2,6           |             |
| Messing . . . . .                              | 8,1—8,7       |             |
| Mörtel . . . . .                               | 1,7—1,8       |             |
| Natrium . . . . .                              | 0,97          |             |

|                                  | Spez. Gewicht | Raumgewicht |
|----------------------------------|---------------|-------------|
| Natriumsalze . . . . .           | meist 1,5—2,5 |             |
| (s. Soda u. Glaubersalz)         |               |             |
| Neusilber . . . . .              | 8,3—8,7       |             |
| Nickel . . . . .                 | 8,35—8,9      |             |
| Osmium . . . . .                 | 22,5          |             |
| Paraffin, fest . . . . .         | 0,87—0,91     |             |
| Phosphor, gelb, weiß . . . . .   | 1,83          |             |
| Phosphor, rot, schwarz . . . . . | 2,15—2,34     |             |
| Platin . . . . .                 | 21,5          |             |
| Porphyr . . . . .                | 2,6—2,9       |             |
| Porzellan . . . . .              | 2,1—2,5       |             |
| Sand, naß . . . . .              |               | 1,77        |
| Sand, trocken . . . . .          |               | 1,33        |
| Sandstein . . . . .              | 1,9—2,5       |             |
| Schwefel . . . . .               | 1,9—2,1       |             |
| Schwefelkies . . . . .           | 5,2           | 2,5—3,33    |
| Schwefelkies-Abbrände . . . . .  | etwa 3,5      | 1,52        |
| Schwefeltrioxyd . . . . .        | 1,97          |             |
| Schwerspat . . . . .             | 4,3—4,5       |             |
| Silber . . . . .                 | 10,4—10,6     |             |
| Soda, anhydr. . . . .            | 2,48          | 1,2         |
| Soda, kryst. . . . .             | 1,46          | 1,0         |
| Spateisenstein . . . . .         | 3,87          |             |
| Steinsalz . . . . .              | 2,1—2,4       |             |
| Ton . . . . .                    | 1,8—2,6       |             |
| Tonerde . . . . .                | 3,85          |             |
| Tonerde, kryst. . . . .          | 4,0—4,15      |             |
| Tonschiefer . . . . .            | 2,76—2,88     |             |
| Torf, trocken . . . . .          | 0,5           |             |
| Traß . . . . .                   | 0,95          |             |
| Wismut . . . . .                 | 9,85          |             |
| Wolfram . . . . .                | 17,1—19,1     |             |
| Ziegelsteine . . . . .           | 1,4—2,2       | 1,3—1,5     |
| Zink . . . . .                   | 6,9—7,37      |             |
| Zinkoxyd . . . . .               | 5,73          |             |
| Zinn . . . . .                   | 7,0—7,5       |             |
| Zucker . . . . .                 | 1,61          |             |

Tabelle 4.

B. Flüssige Körper.

Bei 15° C falls nicht anders bemerkt.

|  |       |
|--|-------|
| Äther (Äthyläther, sog. Schwefeläther) . . . . . | 0,72  |
| Alkohol absolut (Äthylalkohol) rein . . . . .    | 0,794 |

|   |           |
|---|-----------|
| Benzin . . . . .                                  | 0,64—0,72 |
| Benzol, rein . . . . .                            | 0,883     |
| Brom . . . . .                                    | 3,1       |
| Glycerin, wasserfrei . . . . .                    | 1,267     |
| Glycerin, DAB. V (Arzneibuchvorschrift) . . . . . | 1,23      |
| Methylalkohol (Holzgeist) rein . . . . .          | 0,796     |
| Petroleum . . . . .                               | 0,8—0,9   |
| Quecksilber, rein . . . . .                       | 13,55     |
| Schwefelkohlenstoff, rein . . . . .               | 1,292     |
| Seewasser . . . . .                               | etwa 1,03 |
| Wasser (bei 4° C) . . . . .                       | 1,000     |
| Wasser (bei 15° C) . . . . .                      | 0,9993    |

Tabelle 5.

**Spezifische Gewichte von Lösungen des Natrium-carbonats bei 15° (Sodalösungen).**

| Spez. Gewicht | Grade Baumé | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub><br>Proz. | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ,<br>10 H <sub>2</sub> O<br>Proz. | 1 cbm enthält                         |  |
|---------------|-------------|--|---|---------------------------------------|--|
|               |             |  |   | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub><br>kg | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ,<br>10 H <sub>2</sub> O<br>kg |
| 1,007         | 1           | 0,63                                     | 1,700   | 6,3                                   | 16,9   |
| 1,014         | 2           | 1,29                                     | 3,480   | 13,1                                  | 35,3   |
| 1,022         | 3           | 2,00                                     | 5,396   | 20,4                                  | 55,1   |
| 1,029         | 4           | 2,83                                     | 7,639   | 29,0                                  | 78,6   |
| 1,036         | 5           | 3,42                                     | 9,227   | 35,4                                  | 95,6   |
| 1,045         | 6           | 4,16                                     | 11,224  | 43,5                                  | 117,3  |
| 1,052         | 7           | 4,93                                     | 13,301  | 51,9                                  | 139,9  |
| 1,060         | 8           | 5,65                                     | 15,244  | 59,9                                  | 161,6  |
| 1,067         | 9           | 6,36                                     | 17,159  | 67,9                                  | 183,1  |
| 1,075         | 10          | 7,08                                     | 19,102  | 76,1                                  | 205,3  |
| 1,083         | 11          | 7,85                                     | 21,179  | 85,0                                  | 229,4  |
| 1,091         | 12          | 8,57                                     | 23,122  | 93,5                                  | 252,3  |
| 1,100         | 13          | 9,31                                     | 25,118  | 102,4                                 | 276,3  |
| 1,108         | 14          | 10,08                                    | 27,196  | 111,7                                 | 301,3  |
| 1,116         | 15          | 10,85                                    | 29,273  | 121,1                                 | 326,7  |
| 1,125         | 16          | 11,67                                    | 31,486  | 131,3                                 | 354,2  |
| 1,134         | 17          | 12,46                                    | 33,617  | 141,3                                 | 381,2  |
| 1,142         | 18          | 13,25                                    | 35,749  | 151,3                                 | 408,3  |
| 1,152         | 19          | 14,09                                    | 38,015  | 162,3                                 | 437,9  |



|       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,085 | 11,2 | 12,63 | 14,73 | 27,91 | 23,80 | 15,12 | 0,137 | 0,160 | 0,303 | 0,258 | 0,164 |
| 1,090 | 11,9 | 13,30 | 15,52 | 29,41 | 25,08 | 15,93 | 0,145 | 0,169 | 0,320 | 0,273 | 0,174 |
| 1,095 | 12,4 | 13,98 | 16,31 | 30,91 | 26,35 | 16,74 | 0,153 | 0,179 | 0,338 | 0,289 | 0,183 |
| 1,100 | 13,0 | 14,66 | 17,10 | 32,40 | 27,63 | 17,55 | 0,161 | 0,188 | 0,356 | 0,304 | 0,193 |
| 1,105 | 13,6 | 15,33 | 17,88 | 33,88 | 28,89 | 18,35 | 0,169 | 0,198 | 0,374 | 0,319 | 0,203 |
| 1,110 | 14,2 | 15,99 | 18,66 | 35,36 | 30,15 | 19,15 | 0,177 | 0,207 | 0,392 | 0,335 | 0,213 |
| 1,115 | 14,9 | 16,66 | 19,44 | 36,84 | 31,41 | 19,95 | 0,186 | 0,217 | 0,411 | 0,350 | 0,222 |
| 1,120 | 15,4 | 17,33 | 20,22 | 38,32 | 32,67 | 20,75 | 0,194 | 0,226 | 0,429 | 0,366 | 0,232 |
| 1,125 | 16,0 | 17,99 | 20,99 | 39,78 | 33,91 | 21,54 | 0,202 | 0,236 | 0,448 | 0,381 | 0,242 |
| 1,130 | 16,5 | 18,65 | 21,76 | 41,24 | 35,16 | 22,33 | 0,211 | 0,246 | 0,466 | 0,397 | 0,252 |
| 1,135 | 17,1 | 19,31 | 22,53 | 42,69 | 36,40 | 23,12 | 0,219 | 0,256 | 0,485 | 0,413 | 0,262 |
| 1,140 | 17,7 | 19,97 | 23,30 | 44,15 | 37,65 | 23,91 | 0,228 | 0,266 | 0,503 | 0,429 | 0,273 |
| 1,145 | 18,3 | 20,63 | 24,07 | 45,61 | 38,89 | 24,70 | 0,236 | 0,276 | 0,522 | 0,445 | 0,283 |
| 1,150 | 18,8 | 21,28 | 24,83 | 47,05 | 40,12 | 25,48 | 0,245 | 0,286 | 0,541 | 0,461 | 0,293 |
| 1,155 | 19,3 | 21,93 | 25,59 | 48,49 | 41,35 | 26,26 | 0,253 | 0,296 | 0,560 | 0,478 | 0,303 |
| 1,160 | 19,8 | 22,59 | 26,35 | 49,93 | 42,57 | 27,04 | 0,262 | 0,306 | 0,579 | 0,494 | 0,314 |
| 1,165 | 20,3 | 23,24 | 27,11 | 51,37 | 43,80 | 27,82 | 0,271 | 0,316 | 0,598 | 0,510 | 0,324 |
| 1,170 | 20,9 | 23,89 | 27,87 | 52,81 | 45,03 | 28,59 | 0,280 | 0,326 | 0,618 | 0,527 | 0,335 |
| 1,175 | 21,4 | 24,53 | 28,62 | 54,23 | 46,24 | 29,36 | 0,288 | 0,336 | 0,637 | 0,543 | 0,345 |
| 1,180 | 22,0 | 25,17 | 29,37 | 55,66 | 47,45 | 30,14 | 0,297 | 0,347 | 0,657 | 0,560 | 0,356 |
| 1,185 | 22,5 | 25,82 | 30,12 | 57,08 | 48,67 | 30,91 | 0,306 | 0,357 | 0,676 | 0,577 | 0,366 |
| 1,190 | 23,0 | 26,46 | 30,87 | 58,50 | 49,86 | 31,68 | 0,315 | 0,367 | 0,696 | 0,593 | 0,377 |
| 1,195 | 23,5 | 27,08 | 31,60 | 59,88 | 51,06 | 32,43 | 0,324 | 0,378 | 0,716 | 0,610 | 0,388 |
| 1,200 | 24,0 | 27,72 | 32,34 | 61,28 | 52,25 | 33,19 | 0,333 | 0,388 | 0,735 | 0,627 | 0,398 |
| 1,205 | 24,5 | 28,34 | 33,07 | 62,67 | 53,43 | 33,94 | 0,341 | 0,398 | 0,755 | 0,644 | 0,409 |
| 1,210 | 25,0 | 28,97 | 33,80 | 64,05 | 54,61 | 34,68 | 0,351 | 0,409 | 0,775 | 0,661 | 0,420 |
| 1,215 | 25,5 | 29,59 | 34,53 | 65,43 | 55,79 | 35,43 | 0,360 | 0,420 | 0,795 | 0,678 | 0,430 |

<sup>1)</sup> Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin entnommen aus:  
Lunge - Berl., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Auflage.

| Vol.-Gew.<br>bei 15°<br>4' (luftleer) | Grade<br>Baumé | Grade<br>des Densim-<br>eters | 100 Gew.-Tle. enthalten       |                  |           |         | 1 l enthält Kilogramm         |                  |           |         |                |       |
|---------------------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|---------|-------------------------------|------------------|-----------|---------|----------------|-------|
|                                       |                |                               | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HNO <sub>3</sub> | Säure von |         | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HNO <sub>3</sub> | Säure von |         |                |       |
|                                       |                |                               |                               |                  | 36° Bé.   | 40° Bé. |                               |                  | 36° Bé.   | 40° Bé. | 48 1/2°<br>Bé. |       |
| 1,220                                 | 26,0           | 22                            | 30,22                         | 35,26            | 66,82     | 56,97   | 36,18                         | 0,369            | 0,430     | 0,815   | 0,695          | 0,441 |
| 1,225                                 | 26,4           | 22,5                          | 30,86                         | 36,01            | 68,24     | 58,18   | 36,95                         | 0,378            | 0,441     | 0,836   | 0,713          | 0,453 |
| 1,230                                 | 26,9           | 23                            | 31,51                         | 36,76            | 69,66     | 59,40   | 37,72                         | 0,388            | 0,452     | 0,857   | 0,731          | 0,464 |
| 1,235                                 | 27,4           | 23,5                          | 32,15                         | 37,51            | 71,08     | 60,61   | 38,49                         | 0,397            | 0,463     | 0,878   | 0,749          | 0,475 |
| 1,240                                 | 27,9           | 24                            | 32,80                         | 38,27            | 72,52     | 61,84   | 39,27                         | 0,407            | 0,475     | 0,899   | 0,767          | 0,487 |
| 1,245                                 | 28,4           | 24,5                          | 33,45                         | 39,03            | 73,96     | 63,06   | 40,05                         | 0,416            | 0,486     | 0,921   | 0,785          | 0,499 |
| 1,250                                 | 28,8           | 25                            | 34,11                         | 39,80            | 75,42     | 64,31   | 40,84                         | 0,426            | 0,498     | 0,943   | 0,804          | 0,511 |
| 1,255                                 | 29,3           | 25,5                          | 34,76                         | 40,56            | 76,86     | 65,54   | 41,62                         | 0,436            | 0,509     | 0,965   | 0,823          | 0,522 |
| 1,260                                 | 29,7           | 26                            | 35,42                         | 41,32            | 78,30     | 66,76   | 42,40                         | 0,446            | 0,521     | 0,987   | 0,841          | 0,534 |
| 1,265                                 | 30,2           | 26,5                          | 36,07                         | 42,08            | 79,74     | 67,99   | 43,18                         | 0,456            | 0,532     | 1,009   | 0,860          | 0,546 |
| 1,270                                 | 30,6           | 27                            | 36,73                         | 42,85            | 81,20     | 69,24   | 43,97                         | 0,466            | 0,544     | 1,031   | 0,879          | 0,558 |
| 1,275                                 | 31,1           | 27,5                          | 37,39                         | 43,62            | 82,66     | 70,48   | 44,76                         | 0,477            | 0,556     | 1,054   | 0,899          | 0,571 |
| 1,280                                 | 31,5           | 28                            | 38,05                         | 44,39            | 84,12     | 71,73   | 45,55                         | 0,487            | 0,568     | 1,077   | 0,918          | 0,583 |
| 1,285                                 | 32,0           | 28,5                          | 38,71                         | 45,16            | 85,57     | 72,97   | 46,34                         | 0,497            | 0,580     | 1,100   | 0,938          | 0,595 |
| 1,290                                 | 32,4           | 29                            | 39,37                         | 45,93            | 87,04     | 74,21   | 47,13                         | 0,508            | 0,592     | 1,123   | 0,957          | 0,608 |
| 1,295                                 | 32,8           | 29,5                          | 40,03                         | 46,70            | 88,50     | 75,46   | 47,92                         | 0,518            | 0,605     | 1,146   | 0,977          | 0,621 |
| 1,300                                 | 33,3           | 30                            | 40,69                         | 47,47            | 89,96     | 76,70   | 48,71                         | 0,529            | 0,617     | 1,169   | 0,997          | 0,633 |
| 1,305                                 | 33,7           | 30,5                          | 41,35                         | 48,24            | 91,41     | 77,94   | 49,50                         | 0,540            | 0,630     | 1,193   | 1,017          | 0,646 |
| 1,310                                 | 34,2           | 31                            | 42,04                         | 49,05            | 92,95     | 79,25   | 50,33                         | 0,551            | 0,643     | 1,218   | 1,038          | 0,659 |
| 1,315                                 | 34,6           | 31,5                          | 42,74                         | 49,88            | 94,52     | 80,59   | 51,19                         | 0,562            | 0,656     | 1,243   | 1,060          | 0,673 |
| 1,320                                 | 35,0           | 32                            | 43,45                         | 50,69            | 96,06     | 81,90   | 52,02                         | 0,574            | 0,669     | 1,268   | 1,081          | 0,687 |
| 1,325                                 | 35,4           | 32,5                          | 44,15                         | 51,51            | 97,61     | 83,23   | 52,86                         | 0,585            | 0,683     | 1,293   | 1,103          | 0,700 |
| 1,330                                 | 35,8           | 33                            | 44,86                         | 52,34            | 99,18     | 84,57   | 53,71                         | 0,597            | 0,696     | 1,319   | 1,125          | 0,714 |
| 1,3325                                | 36,0           | 33,25                         | 45,23                         | 52,77            | 100,00    | 85,26   | 54,15                         | 0,603            | 0,703     | 1,333   | 1,136          | 0,722 |

|        |      |       |       |       |        |        |       |       |       |       |       |       |
|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1,335  | 36,2 | 33,5  | 45,59 | 53,19 | 100,80 | 85,94  | 54,58 | 0,609 | 0,710 | 1,346 | 1,147 | 0,729 |
| 1,340  | 36,6 | 34    | 46,32 | 54,04 | 102,41 | 87,32  | 55,49 | 0,621 | 0,725 | 1,372 | 1,171 | 0,744 |
| 1,345  | 37,0 | 34,5  | 47,05 | 54,90 | 104,04 | 88,71  | 56,34 | 0,633 | 0,738 | 1,399 | 1,193 | 0,758 |
| 1,350  | 37,4 | 35    | 47,79 | 55,76 | 105,67 | 90,09  | 57,22 | 0,645 | 0,753 | 1,427 | 1,216 | 0,772 |
| 1,355  | 37,8 | 35,5  | 48,54 | 56,63 | 107,31 | 91,50  | 58,11 | 0,658 | 0,767 | 1,454 | 1,240 | 0,787 |
| 1,360  | 38,2 | 36    | 49,32 | 57,54 | 109,04 | 92,97  | 59,05 | 0,671 | 0,783 | 1,483 | 1,266 | 0,803 |
| 1,365  | 38,6 | 36,5  | 50,10 | 58,45 | 110,76 | 94,44  | 59,98 | 0,684 | 0,798 | 1,512 | 1,289 | 0,819 |
| 1,370  | 39,0 | 37    | 50,88 | 59,36 | 112,49 | 95,91  | 60,91 | 0,697 | 0,813 | 1,541 | 1,314 | 0,834 |
| 1,375  | 39,4 | 37,5  | 51,66 | 60,27 | 114,21 | 97,38  | 61,85 | 0,710 | 0,829 | 1,570 | 1,339 | 0,850 |
| 1,380  | 39,8 | 38    | 52,49 | 61,24 | 116,05 | 98,95  | 62,84 | 0,724 | 0,845 | 1,601 | 1,366 | 0,867 |
| 1,3833 | 40,0 | 38,33 | 53,05 | 61,89 | 117,28 | 100,00 | 63,51 | 0,734 | 0,856 | 1,622 | 1,383 | 0,879 |
| 1,385  | 40,1 | 38,5  | 53,32 | 62,21 | 117,89 | 100,52 | 63,84 | 0,738 | 0,862 | 1,633 | 1,392 | 0,884 |
| 1,390  | 40,5 | 39    | 54,17 | 63,20 | 119,76 | 102,11 | 64,85 | 0,753 | 0,878 | 1,665 | 1,419 | 0,901 |
| 1,395  | 40,8 | 39,5  | 55,04 | 64,22 | 121,70 | 103,76 | 65,90 | 0,768 | 0,896 | 1,698 | 1,447 | 0,919 |
| 1,400  | 41,2 | 40    | 55,94 | 65,27 | 123,69 | 105,46 | 66,98 | 0,783 | 0,914 | 1,732 | 1,476 | 0,938 |
| 1,405  | 41,6 | 40,5  | 56,89 | 66,37 | 125,77 | 107,23 | 68,11 | 0,799 | 0,932 | 1,767 | 1,507 | 0,957 |
| 1,410  | 42,0 | 41    | 57,83 | 67,47 | 127,86 | 109,01 | 69,24 | 0,815 | 0,951 | 1,803 | 1,537 | 0,976 |
| 1,415  | 42,3 | 41,5  | 58,80 | 68,60 | 130,00 | 110,84 | 70,40 | 0,832 | 0,971 | 1,840 | 1,568 | 0,996 |
| 1,420  | 42,7 | 42    | 59,80 | 69,77 | 132,21 | 112,73 | 71,60 | 0,849 | 0,991 | 1,877 | 1,601 | 1,017 |
| 1,425  | 43,1 | 42,5  | 60,81 | 70,95 | 134,45 | 114,63 | 72,81 | 0,867 | 1,011 | 1,916 | 1,633 | 1,038 |
| 1,430  | 43,4 | 43    | 61,83 | 72,14 | 136,71 | 116,56 | 74,03 | 0,884 | 1,032 | 1,955 | 1,667 | 1,059 |
| 1,435  | 43,8 | 43,5  | 62,86 | 73,35 | 139,00 | 118,51 | 75,27 | 0,902 | 1,053 | 1,995 | 1,701 | 1,080 |
| 1,440  | 44,1 | 44    | 63,97 | 74,64 | 141,44 | 120,60 | 76,59 | 0,921 | 1,075 | 2,037 | 1,737 | 1,103 |
| 1,445  | 44,4 | 44,5  | 65,09 | 75,94 | 143,91 | 122,70 | 77,93 | 0,941 | 1,097 | 2,079 | 1,773 | 1,126 |
| 1,450  | 44,8 | 45    | 66,20 | 77,24 | 146,37 | 124,80 | 79,26 | 0,960 | 1,120 | 2,122 | 1,810 | 1,149 |
| 1,455  | 45,1 | 45,5  | 67,33 | 78,56 | 148,87 | 126,93 | 80,62 | 0,980 | 1,143 | 2,166 | 1,847 | 1,173 |
| 1,460  | 45,4 | 46    | 68,51 | 79,94 | 151,49 | 129,16 | 82,03 | 1,000 | 1,167 | 2,212 | 1,886 | 1,198 |
| 1,465  | 45,8 | 46,5  | 69,74 | 81,38 | 154,22 | 131,49 | 83,51 | 1,022 | 1,192 | 2,259 | 1,926 | 1,223 |
| 1,470  | 46,1 | 47    | 71,01 | 82,86 | 157,02 | 133,88 | 85,03 | 1,044 | 1,218 | 2,308 | 1,968 | 1,250 |
| 1,475  | 46,4 | 47,5  | 72,34 | 84,41 | 159,96 | 136,38 | 86,62 | 1,067 | 1,245 | 2,359 | 2,012 | 1,278 |

| Vol.-Gew.<br>bei 15°<br>(luftleer) | Grade<br>Baumé | Grade<br>des Densim-<br>eters | 100 Gew.-Tle. enthalten       |                  |           |         |                               |                  | 11 enthält Kilogramm |         |               |       |  |  |
|------------------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------|---------|-------------------------------|------------------|----------------------|---------|---------------|-------|--|--|
|                                    |                |                               | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HNO <sub>3</sub> | Säure von |         | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HNO <sub>3</sub> | Säure von            |         | 487/2°<br>Bé. |       |  |  |
|                                    |                |                               |                               |                  | 36° Bé.   | 40° Bé. |                               |                  | 36° Bé.              | 40° Bé. |               |       |  |  |
| 1,480                              | 46,8           | 48                            | 73,71                         | 86,01            | 162,99    | 138,97  | 88,26                         | 1,091            | 1,273                | 2,412   | 2,057         | 1,306 |  |  |
| 1,485                              | 47,1           | 48,5                          | 75,13                         | 87,66            | 166,12    | 141,63  | 89,95                         | 1,116            | 1,302                | 2,467   | 2,103         | 1,336 |  |  |
| 1,490                              | 47,4           | 49                            | 76,75                         | 89,56            | 169,72    | 144,70  | 91,90                         | 1,144            | 1,334                | 2,529   | 2,156         | 1,369 |  |  |
| 1,495                              | 47,8           | 49,5                          | 78,47                         | 91,56            | 173,51    | 147,93  | 93,96                         | 1,173            | 1,369                | 2,594   | 2,212         | 1,405 |  |  |
| 1,500                              | 48,1           | 50                            | 80,59                         | 94,04            | 178,21    | 151,94  | 96,50                         | 1,209            | 1,410                | 2,673   | 2,279         | 1,448 |  |  |
| 1,501                              | —              | —                             | 81,03                         | 94,55            | 179,17    | 152,76  | 97,02                         | 1,216            | 1,419                | 2,689   | 2,293         | 1,456 |  |  |
| 1,502                              | —              | —                             | 81,46                         | 95,03            | 180,08    | 153,54  | 97,52                         | 1,224            | 1,427                | 2,705   | 2,306         | 1,465 |  |  |
| 1,503                              | —              | —                             | 81,85                         | 95,50            | 180,97    | 154,30  | 98,00                         | 1,230            | 1,435                | 2,720   | 2,319         | 1,473 |  |  |
| 1,504                              | —              | —                             | 82,24                         | 95,95            | 181,83    | 155,03  | 98,46                         | 1,237            | 1,443                | 2,735   | 2,332         | 1,481 |  |  |
| 1,505                              | 48,4           | 50,5                          | 82,57                         | 96,34            | 182,56    | 155,66  | 98,86                         | 1,243            | 1,450                | 2,749   | 2,343         | 1,488 |  |  |
| 1,506                              | —              | —                             | 82,88                         | 96,71            | 183,27    | 156,25  | 99,24                         | 1,248            | 1,456                | 2,760   | 2,353         | 1,495 |  |  |
| 1,507                              | —              | —                             | 83,20                         | 97,08            | 183,97    | 156,85  | 99,62                         | 1,254            | 1,463                | 2,772   | 2,364         | 1,501 |  |  |
| 1,508                              | 48,5           | —                             | 83,52                         | 97,45            | 184,67    | 157,45  | 100,00                        | 1,259            | 1,470                | 2,785   | 2,374         | 1,508 |  |  |
| 1,509                              | —              | —                             | 83,81                         | 97,79            | 185,31    | 158,00  | 100,35                        | 1,265            | 1,476                | 2,796   | 2,384         | 1,514 |  |  |
| 1,510                              | 48,7           | 51                            | 84,03                         | 98,05            | 185,80    | 158,42  | 100,62                        | 1,269            | 1,481                | 2,806   | 2,392         | 1,519 |  |  |
| 1,511                              | —              | —                             | 84,22                         | 98,27            | 186,22    | 158,77  | 100,84                        | 1,273            | 1,485                | 2,814   | 2,399         | 1,524 |  |  |
| 1,512                              | —              | —                             | 84,40                         | 98,48            | 186,62    | 159,11  | 101,06                        | 1,276            | 1,489                | 2,822   | 2,406         | 1,528 |  |  |
| 1,513                              | —              | —                             | 84,57                         | 98,68            | 187,00    | 159,44  | 101,26                        | 1,280            | 1,493                | 2,829   | 2,412         | 1,532 |  |  |
| 1,514                              | —              | —                             | 84,72                         | 98,85            | 187,32    | 159,71  | 101,44                        | 1,283            | 1,497                | 2,836   | 2,418         | 1,536 |  |  |
| 1,515                              | 49,0           | 51,5                          | 84,86                         | 99,02            | 187,64    | 159,99  | 101,61                        | 1,286            | 1,500                | 2,843   | 2,424         | 1,539 |  |  |
| 1,516                              | —              | —                             | 84,98                         | 99,16            | 187,91    | 160,21  | 101,76                        | 1,288            | 1,503                | 2,849   | 2,429         | 1,543 |  |  |
| 1,517                              | —              | —                             | 85,09                         | 99,29            | 188,15    | 160,42  | 101,89                        | 1,291            | 1,506                | 2,854   | 2,434         | 1,546 |  |  |
| 1,518                              | —              | —                             | 85,20                         | 99,41            | 188,38    | 160,62  | 102,01                        | 1,293            | 1,509                | 2,860   | 2,438         | 1,549 |  |  |
| 1,519                              | —              | —                             | 85,29                         | 99,52            | 188,59    | 160,79  | 102,12                        | 1,296            | 1,513                | 2,867   | 2,444         | 1,552 |  |  |
| 1,520                              | 49,4           | 52                            | 85,38                         | 99,62            | 188,78    | 160,96  | 102,23                        | 1,298            | 1,514                | 2,869   | 2,447         | 1,554 |  |  |

Tabelle 7<sup>1)</sup>.

**Spezifische Gewichte von Schwefelsäurelösungen  
nach Lunge, Iseler und Naef.**

| Spez. Gew. bei $\frac{15^{\circ}}{4^{\circ}}$ (luftl. Raum) | Grad Baumé | Grad Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch reiner Säure |                                      |                      |                      | 1 l enthält Kilogramm bei chemisch reiner Säure |                                |                |                |
|---|------------|---------------|---|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|
|   |            |               | Proz. SO <sub>2</sub>                               | Proz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Proz. 60 gräd. Säure | Proz. 50 gräd. Säure | SO <sub>2</sub>                                 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 60 gräd. Säure | 50 gräd. Säure |
|   |            |               | 1,000   | 0                                    | 0                    | 0,07                 | 0,09  | 0,12                           | 0,14           | 0,001          |
| 1,005   | 0,7        | 1             | 0,77  | 0,95                                 | 1,21                 | 1,52                 | 0,008   | 0,009                          | 0,013          | 0,015          |
| 1,010   | 1,4        | 2             | 1,28  | 1,57                                 | 2,01                 | 2,51                 | 0,013   | 0,016                          | 0,020          | 0,025          |
| 1,015   | 2,1        | 3             | 1,88  | 2,30                                 | 2,95                 | 3,68                 | 0,019   | 0,023                          | 0,030          | 0,037          |
| 1,020   | 2,7        | 4             | 2,47  | 3,03                                 | 3,88                 | 4,85                 | 0,025   | 0,031                          | 0,040          | 0,050          |
| 1,025   | 3,4        | 5             | 3,07  | 3,76                                 | 4,82                 | 6,02                 | 0,032   | 0,039                          | 0,049          | 0,062          |
| 1,030   | 4,1        | 6             | 3,67  | 4,49                                 | 5,78                 | 7,18                 | 0,038   | 0,046                          | 0,059          | 0,074          |
| 1,035   | 4,7        | 7             | 4,27  | 5,23                                 | 6,73                 | 8,37                 | 0,044   | 0,054                          | 0,070          | 0,087          |
| 1,040   | 5,4        | 8             | 4,87  | 5,96                                 | 7,64                 | 9,54                 | 0,051   | 0,062                          | 0,079          | 0,099          |
| 1,045   | 6,0        | 9             | 5,45  | 6,67                                 | 8,55                 | 10,67                | 0,057   | 0,071                          | 0,089          | 0,112          |
| 1,050   | 6,7        | 10            | 6,02  | 7,37                                 | 9,44                 | 11,79                | 0,063   | 0,077                          | 0,099          | 0,124          |
| 1,055   | 7,4        | 11            | 6,59  | 8,07                                 | 10,34                | 12,91                | 0,070   | 0,085                          | 0,109          | 0,136          |
| 1,060   | 8,0        | 12            | 7,16  | 8,77                                 | 11,24                | 14,03                | 0,076   | 0,093                          | 0,119          | 0,149          |
| 1,065   | 8,7        | 13            | 7,73  | 9,47                                 | 12,14                | 15,15                | 0,082   | 0,102                          | 0,129          | 0,161          |
| 1,070   | 9,4        | 14            | 8,32  | 10,19                                | 13,05                | 16,30                | 0,089   | 0,109                          | 0,140          | 0,174          |
| 1,075   | 10,0       | 15            | 8,90  | 10,90                                | 13,96                | 17,44                | 0,096   | 0,117                          | 0,150          | 0,188          |
| 1,080   | 10,6       | 16            | 9,47  | 11,60                                | 14,87                | 18,56                | 0,103   | 0,125                          | 0,161          | 0,201          |
| 1,085   | 11,2       | 17            | 10,04   | 12,30                                | 15,76                | 19,68                | 0,109   | 0,133                          | 0,171          | 0,213          |
| 1,090   | 11,9       | 18            | 10,60   | 12,99                                | 16,65                | 20,78                | 0,116   | 0,142                          | 0,181          | 0,227          |
| 1,095   | 12,4       | 19            | 11,16   | 13,67                                | 17,52                | 21,87                | 0,122   | 0,150                          | 0,192          | 0,240          |
| 1,100   | 13,0       | 20            | 11,71   | 14,35                                | 18,39                | 22,96                | 0,129   | 0,158                          | 0,202          | 0,253          |
| 1,105   | 13,6       | 21            | 12,27   | 15,03                                | 19,26                | 24,05                | 0,136   | 0,166                          | 0,212          | 0,265          |
| 1,110   | 14,2       | 22            | 12,82   | 15,71                                | 20,13                | 25,14                | 0,143   | 0,175                          | 0,223          | 0,279          |
| 1,115   | 14,9       | 23            | 13,36   | 16,36                                | 20,96                | 26,18                | 0,149   | 0,183                          | 0,234          | 0,292          |
| 1,120   | 15,4       | 24            | 13,89   | 17,01                                | 21,80                | 27,22                | 0,156   | 0,191                          | 0,245          | 0,305          |
| 1,125   | 16,0       | 25            | 14,42   | 17,66                                | 22,63                | 28,26                | 0,162   | 0,199                          | 0,255          | 0,318          |
| 1,130   | 16,5       | 26            | 14,95   | 18,31                                | 23,47                | 29,30                | 0,169   | 0,207                          | 0,265          | 0,331          |

<sup>1)</sup> Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin entnommen aus: Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Auflage. (Diese und andere Tabellen vom Verfasser durchgesehen und verbessert.)

| Spez. Gew. bei 15° (luftl. Raum) | Grad Baumé | Grad Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch reiner Säure |                                      |                      |                      | 1 l enthält Kilogramm bei chemisch reiner Säure |                                |                |                |
|----------------------------------|------------|---------------|---|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|
|                                  |            |               | Proz. SO <sub>2</sub>                               | Proz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Proz. 60 gräd. Säure | Proz. 50 gräd. Säure | SO <sub>2</sub>                                 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 60 gräd. Säure | 50 gräd. Säure |
|                                  |            |               | 1,135   | 17,1                                 | 27                   | 15,48                | 18,96   | 24,29                          | 30,34          | 0,176          |
| 1,140                            | 17,7       | 28            | 16,01   | 19,61                                | 25,13                | 31,38                | 0,183   | 0,223                          | 0,287          | 0,358          |
| 1,145                            | 18,3       | 29            | 16,54   | 20,26                                | 25,96                | 32,42                | 0,189   | 0,231                          | 0,297          | 0,371          |
| 1,150                            | 18,8       | 30            | 17,07   | 20,91                                | 26,79                | 33,46                | 0,196   | 0,239                          | 0,308          | 0,385          |
| 1,155                            | 19,3       | 31            | 17,59   | 21,55                                | 27,61                | 34,48                | 0,203   | 0,248                          | 0,319          | 0,398          |
| 1,160                            | 19,8       | 32            | 18,11   | 22,19                                | 28,43                | 35,50                | 0,210   | 0,257                          | 0,330          | 0,412          |
| 1,165                            | 20,3       | 33            | 18,64   | 22,83                                | 29,25                | 36,53                | 0,217   | 0,266                          | 0,341          | 0,426          |
| 1,170                            | 20,9       | 34            | 19,16   | 23,47                                | 30,07                | 37,55                | 0,224   | 0,275                          | 0,352          | 0,439          |
| 1,175                            | 21,4       | 35            | 19,69   | 24,12                                | 30,90                | 38,59                | 0,231   | 0,283                          | 0,363          | 0,453          |
| 1,180                            | 22,0       | 36            | 20,21   | 24,76                                | 31,73                | 39,62                | 0,238   | 0,292                          | 0,374          | 0,467          |
| 1,185                            | 22,5       | 37            | 20,73   | 25,40                                | 32,55                | 40,64                | 0,246   | 0,301                          | 0,386          | 0,481          |
| 1,190                            | 23,0       | 38            | 21,26   | 26,04                                | 33,37                | 41,66                | 0,253   | 0,310                          | 0,397          | 0,496          |
| 1,195                            | 23,5       | 39            | 21,78   | 26,68                                | 34,19                | 42,69                | 0,260   | 0,319                          | 0,409          | 0,511          |
| 1,200                            | 24,0       | 40            | 22,30   | 27,32                                | 35,01                | 43,71                | 0,268   | 0,328                          | 0,420          | 0,525          |
| 1,205                            | 24,5       | 41            | 22,82   | 27,95                                | 35,83                | 44,72                | 0,275   | 0,337                          | 0,432          | 0,539          |
| 1,210                            | 25,0       | 42            | 23,33   | 28,58                                | 36,66                | 45,73                | 0,282   | 0,346                          | 0,444          | 0,553          |
| 1,215                            | 25,5       | 43            | 23,84   | 29,21                                | 37,45                | 46,74                | 0,290   | 0,355                          | 0,455          | 0,568          |
| 1,220                            | 26,0       | 44            | 24,36   | 29,84                                | 38,23                | 47,74                | 0,297   | 0,364                          | 0,466          | 0,583          |
| 1,225                            | 26,4       | 45            | 24,88   | 30,48                                | 39,05                | 48,77                | 0,305   | 0,373                          | 0,478          | 0,598          |
| 1,230                            | 26,9       | 46            | 25,39   | 31,11                                | 39,86                | 49,78                | 0,312   | 0,382                          | 0,490          | 0,612          |
| 1,235                            | 27,4       | 47            | 25,88   | 31,70                                | 40,61                | 50,72                | 0,320   | 0,391                          | 0,502          | 0,626          |
| 1,240                            | 27,9       | 48            | 26,35   | 32,28                                | 41,37                | 51,65                | 0,327   | 0,400                          | 0,513          | 0,640          |
| 1,245                            | 28,4       | 49            | 26,83   | 32,86                                | 42,11                | 52,58                | 0,334   | 0,409                          | 0,524          | 0,655          |
| 1,250                            | 28,8       | 50            | 27,29   | 33,43                                | 42,84                | 53,59                | 0,341   | 0,418                          | 0,535          | 0,669          |
| 1,255                            | 29,3       | 51            | 27,76   | 34,00                                | 43,57                | 54,40                | 0,348   | 0,426                          | 0,547          | 0,683          |
| 1,260                            | 29,7       | 52            | 28,22   | 34,57                                | 44,30                | 55,31                | 0,356   | 0,435                          | 0,558          | 0,697          |
| 1,265                            | 30,2       | 53            | 28,69   | 35,14                                | 45,03                | 56,22                | 0,363   | 0,444                          | 0,570          | 0,711          |
| 1,270                            | 30,6       | 54            | 29,15   | 35,71                                | 45,76                | 57,14                | 0,370   | 0,454                          | 0,582          | 0,725          |
| 1,275                            | 31,1       | 55            | 29,62   | 36,29                                | 46,50                | 58,06                | 0,377   | 0,462                          | 0,593          | 0,740          |
| 1,280                            | 31,5       | 56            | 30,10   | 36,87                                | 47,24                | 58,99                | 0,385   | 0,472                          | 0,605          | 0,755          |
| 1,285                            | 32,0       | 57            | 30,57   | 37,45                                | 47,99                | 59,92                | 0,393   | 0,481                          | 0,617          | 0,770          |
| 1,290                            | 32,4       | 58            | 31,04   | 38,03                                | 48,73                | 60,85                | 0,400   | 0,490                          | 0,629          | 0,785          |
| 1,295                            | 32,8       | 59            | 31,52   | 38,61                                | 49,47                | 61,78                | 0,408   | 0,500                          | 0,641          | 0,800          |
| 1,300                            | 33,3       | 60            | 31,99   | 39,19                                | 50,21                | 62,70                | 0,416   | 0,510                          | 0,653          | 0,815          |
| 1,305                            | 33,7       | 61            | 32,46   | 39,77                                | 50,96                | 63,63                | 0,424   | 0,519                          | 0,665          | 0,830          |
| 1,310                            | 34,2       | 62            | 32,94   | 40,35                                | 51,71                | 64,56                | 0,432   | 0,529                          | 0,677          | 0,845          |
| 1,315                            | 34,6       | 63            | 33,41   | 40,93                                | 52,45                | 65,45                | 0,439   | 0,538                          | 0,689          | 0,860          |
| 1,320                            | 35,0       | 64            | 33,88   | 41,50                                | 53,18                | 66,40                | 0,447   | 0,548                          | 0,702          | 0,876          |

| Spez. Gew bei 15° (Luftl. Raum) | Grad Baumé | Grad Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch reiner Säure |                                      |                      |                      | 1 l enthält Kilogramm chemisch reiner Säure |                                |                |                |
|---------------------------------|------------|---------------|---|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|
|                                 |            |               | Proz. SO <sub>2</sub>                               | Proz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Proz. 60 gräd. Säure | Proz. 50 gräd. Säure | SO <sub>2</sub>                             | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 60 gräd. Säure | 50 gräd. Säure |
|                                 |            |               | 1,325   | 35,4                                 | 65                   | 34,35                | 42,08                                       | 53,92                          | 67,33          | 0,455          |
| 1,330                           | 35,8       | 66            | 34,80   | 42,66                                | 54,67                | 68,26                | 0,462                                       | 0,567                          | 0,727          | 0,908          |
| 1,335                           | 36,2       | 67            | 35,27   | 43,20                                | 55,36                | 69,12                | 0,471                                       | 0,577                          | 0,739          | 0,923          |
| 1,340                           | 36,6       | 68            | 35,71   | 43,74                                | 56,05                | 69,98                | 0,479                                       | 0,586                          | 0,751          | 0,938          |
| 1,345                           | 37,0       | 69            | 36,14   | 44,28                                | 56,74                | 70,85                | 0,486                                       | 0,596                          | 0,763          | 0,953          |
| 1,350                           | 37,4       | 70            | 36,58   | 44,82                                | 57,43                | 71,71                | 0,494                                       | 0,605                          | 0,775          | 0,968          |
| 1,355                           | 37,8       | 71            | 37,02   | 45,35                                | 58,11                | 72,56                | 0,502                                       | 0,614                          | 0,787          | 0,983          |
| 1,360                           | 38,2       | 72            | 37,45   | 45,88                                | 58,79                | 73,41                | 0,509                                       | 0,624                          | 0,800          | 0,998          |
| 1,365                           | 38,6       | 73            | 37,89   | 46,41                                | 59,48                | 74,26                | 0,517                                       | 0,633                          | 0,812          | 1,014          |
| 1,370                           | 39,0       | 74            | 38,32   | 46,94                                | 60,15                | 75,10                | 0,525                                       | 0,643                          | 0,824          | 1,029          |
| 1,375                           | 39,4       | 75            | 38,75   | 47,47                                | 60,83                | 75,95                | 0,533                                       | 0,653                          | 0,836          | 1,044          |
| 1,380                           | 39,8       | 76            | 39,18   | 48,00                                | 61,51                | 76,80                | 0,541                                       | 0,662                          | 0,849          | 1,060          |
| 1,385                           | 40,1       | 77            | 39,62   | 48,53                                | 62,19                | 77,65                | 0,549                                       | 0,672                          | 0,861          | 1,075          |
| 1,390                           | 40,5       | 78            | 40,05   | 49,06                                | 62,87                | 78,50                | 0,557                                       | 0,682                          | 0,873          | 1,091          |
| 1,395                           | 40,8       | 79            | 40,48   | 49,59                                | 63,55                | 79,34                | 0,564                                       | 0,692                          | 0,886          | 1,107          |
| 1,400                           | 41,2       | 80            | 40,91   | 50,11                                | 64,21                | 80,18                | 0,573                                       | 0,702                          | 0,899          | 1,123          |
| 1,405                           | 41,6       | 81            | 41,33   | 50,63                                | 64,88                | 81,01                | 0,581                                       | 0,711                          | 0,912          | 1,138          |
| 1,410                           | 42,0       | 82            | 41,76   | 51,15                                | 65,55                | 81,86                | 0,589                                       | 0,721                          | 0,924          | 1,154          |
| 1,415                           | 42,3       | 83            | 42,17   | 51,66                                | 66,21                | 82,66                | 0,597                                       | 0,730                          | 0,937          | 1,170          |
| 1,420                           | 42,7       | 84            | 42,57   | 52,15                                | 66,82                | 83,44                | 0,604                                       | 0,740                          | 0,949          | 1,185          |
| 1,425                           | 43,1       | 85            | 42,96   | 52,63                                | 67,44                | 84,21                | 0,612                                       | 0,750                          | 0,961          | 1,200          |
| 1,430                           | 43,4       | 86            | 43,36   | 53,11                                | 68,06                | 84,98                | 0,620                                       | 0,759                          | 0,973          | 1,215          |
| 1,435                           | 43,8       | 87            | 43,75   | 53,59                                | 68,68                | 85,74                | 0,628                                       | 0,769                          | 0,986          | 1,230          |
| 1,440                           | 44,1       | 88            | 44,14   | 54,07                                | 69,29                | 86,51                | 0,636                                       | 0,779                          | 0,998          | 1,246          |
| 1,445                           | 44,4       | 89            | 44,53   | 54,55                                | 69,90                | 87,28                | 0,643                                       | 0,789                          | 1,010          | 1,261          |
| 1,450                           | 44,8       | 90            | 44,92   | 55,03                                | 70,52                | 88,05                | 0,651                                       | 0,798                          | 1,023          | 1,277          |
| 1,455                           | 45,1       | 91            | 45,31   | 55,50                                | 71,12                | 88,80                | 0,659                                       | 0,808                          | 1,035          | 1,292          |
| 1,460                           | 45,4       | 92            | 45,69   | 55,97                                | 71,72                | 89,55                | 0,667                                       | 0,817                          | 1,047          | 1,307          |
| 1,465                           | 45,8       | 93            | 46,07   | 56,43                                | 72,31                | 90,29                | 0,675                                       | 0,827                          | 1,059          | 1,323          |
| 1,470                           | 46,1       | 94            | 46,45   | 56,90                                | 72,91                | 91,04                | 0,683                                       | 0,837                          | 1,072          | 1,338          |
| 1,475                           | 46,4       | 95            | 46,83   | 57,37                                | 73,51                | 91,79                | 0,691                                       | 0,846                          | 1,084          | 1,354          |
| 1,480                           | 46,8       | 96            | 47,21   | 57,83                                | 74,10                | 92,53                | 0,699                                       | 0,856                          | 1,097          | 1,370          |
| 1,483                           | 47,0       | 97            | 47,45   | 58,13                                | 74,49                | 92,96                | 0,704                                       | 0,862                          | 1,105          | 1,380          |
| 1,485                           | 47,1       | 97            | 47,57   | 58,28                                | 74,68                | 93,25                | 0,707                                       | 0,865                          | 1,109          | 1,385          |
| 1,490                           | 47,4       | 98            | 47,95   | 58,74                                | 75,27                | 93,98                | 0,715                                       | 0,876                          | 1,122          | 1,400          |
| 1,491                           | 47,5       | 98            | 48,05   | 58,87                                | 75,44                | 94,14                | 0,716                                       | 0,878                          | 1,125          | 1,404          |
| 1,495                           | 47,8       | 99            | 48,34   | 59,22                                | 75,88                | 94,75                | 0,723                                       | 0,885                          | 1,134          | 1,417          |
| 1,498                           | 48,0       | 100           | 48,60   | 59,55                                | 76,31                | 95,23                | 0,728                                       | 0,892                          | 1,143          | 1,427          |

| Spez. Gew. bei 15° (luftl. Raum) | Grad Baumé | Grad Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch reiner Säure |                                      |                      |                      | 1 l enthält Kilogramm bei chemisch reiner Säure |                                |                |                |
|----------------------------------|------------|---------------|---|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|
|                                  |            |               | Proz. SO <sub>2</sub>                               | Proz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Proz. 60 gräd. Säure | Proz. 50 gräd. Säure | SO <sub>2</sub>                                 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 60 gräd. Säure | 50 gräd. Säure |
|                                  |            |               |   |                                      |                      |                      |   |                                |                |                |
| 1,500                            | 48,1       | 100           | 48,73   | 59,70                                | 76,50                | 95,52                | 0,731   | 0,896                          | 1,147          | 1,433          |
| 1,505                            | 48,4       | 101           | 49,12   | 60,18                                | 77,12                | 96,29                | 0,739   | 0,906                          | 1,160          | 1,449          |
| 1,507                            | 48,5       | 102           | 49,25   | 60,34                                | 77,32                | 96,50                | 0,742   | 0,909                          | 1,165          | 1,454          |
| 1,510                            | 48,7       | 102           | 49,51   | 60,65                                | 77,72                | 97,04                | 0,748   | 0,916                          | 1,174          | 1,465          |
| 1,515                            | 49,0       | 103           | 49,89   | 61,12                                | 78,32                | 97,79                | 0,756   | 0,926                          | 1,187          | 1,481          |
| 1,520                            | 49,4       | 104           | 50,28   | 61,59                                | 78,93                | 98,54                | 0,764   | 0,936                          | 1,199          | 1,498          |
| 1,523                            | 49,5       | 105           | 50,51   | 61,87                                | 79,29                | 99,05                | 0,769   | 0,942                          | 1,207          | 1,508          |
| 1,525                            | 49,7       | 105           | 50,66   | 62,06                                | 79,52                | 99,30                | 0,773   | 0,946                          | 1,213          | 1,514          |
| 1,530                            | 50,0       | 106           | 51,04   | 62,53                                | 80,13                | 100,05               | 0,781   | 0,957                          | 1,226          | 1,531          |
| 1,535                            | 50,3       | 107           | 51,43   | 63,00                                | 80,73                | 100,80               | 0,789   | 0,967                          | 1,239          | 1,547          |
| 1,538                            | 50,5       | 108           | 51,67   | 63,30                                | 81,11                | 101,26               | 0,795   | 0,974                          | 1,247          | 1,558          |
| 1,540                            | 50,6       | 108           | 51,78   | 63,43                                | 81,28                | 101,49               | 0,797   | 0,977                          | 1,252          | 1,563          |
| 1,545                            | 50,9       | 109           | 52,12   | 63,85                                | 81,81                | 102,16               | 0,805   | 0,987                          | 1,264          | 1,579          |
| 1,547                            | 51,0       | 109           | 52,23   | 63,99                                | 82,00                | 102,38               | 0,808   | 0,990                          | 1,269          | 1,584          |
| 1,550                            | 51,2       | 110           | 52,46   | 64,26                                | 82,34                | 102,82               | 0,813   | 0,996                          | 1,276          | 1,593          |
| 1,555                            | 51,5       | 111           | 52,79   | 64,67                                | 82,87                | 103,47               | 0,821   | 1,006                          | 1,289          | 1,609          |
| 1,560                            | 51,8       | 112           | 53,22   | 65,20                                | 83,50                | 104,30               | 0,830   | 1,017                          | 1,303          | 1,627          |
| 1,563                            | 52,0       | 113           | 53,46   | 65,49                                | 83,92                | 104,73               | 0,836   | 1,024                          | 1,312          | 1,638          |
| 1,565                            | 52,1       | 113           | 53,59   | 65,65                                | 84,08                | 105,03               | 0,839   | 1,027                          | 1,316          | 1,644          |
| 1,570                            | 52,4       | 114           | 53,95   | 66,09                                | 84,64                | 105,73               | 0,847   | 1,038                          | 1,329          | 1,660          |
| 1,572                            | 52,5       | 114           | 54,07   | 66,24                                | 84,88                | 105,93               | 0,850   | 1,041                          | 1,334          | 1,666          |
| 1,575                            | 52,7       | 115           | 54,32   | 66,53                                | 85,21                | 106,42               | 0,856   | 1,048                          | 1,343          | 1,677          |
| 1,580                            | 53,0       | 116           | 54,65   | 66,95                                | 85,78                | 107,10               | 0,864   | 1,058                          | 1,356          | 1,692          |
| 1,585                            | 53,3       | 117           | 55,03   | 67,40                                | 86,34                | 107,85               | 0,872   | 1,068                          | 1,369          | 1,709          |
| 1,588                            | 53,5       | 118           | 55,25   | 67,69                                | 86,74                | 108,25               | 0,877   | 1,075                          | 1,378          | 1,720          |
| 1,590                            | 53,6       | 118           | 55,37   | 67,83                                | 86,88                | 108,52               | 0,880   | 1,078                          | 1,382          | 1,726          |
| 1,595                            | 53,9       | 119           | 55,73   | 68,26                                | 87,44                | 109,21               | 0,889   | 1,089                          | 1,395          | 1,742          |
| 1,598                            | 54,0       | 120           | 55,94   | 68,53                                | 87,80                | 109,63               | 0,894   | 1,095                          | 1,404          | 1,752          |
| 1,600                            | 54,1       | 120           | 56,09   | 68,70                                | 88,00                | 109,92               | 0,897   | 1,099                          | 1,409          | 1,759          |
| 1,605                            | 54,4       | 121           | 56,44   | 69,13                                | 88,55                | 110,61               | 0,906   | 1,110                          | 1,422          | 1,775          |
| 1,607                            | 54,5       | 121           | 56,56   | 69,23                                | 88,71                | 110,76               | 0,909   | 1,114                          | 1,426          | 1,781          |
| 1,610                            | 54,7       | 122           | 56,79   | 69,56                                | 89,10                | 111,30               | 0,914   | 1,120                          | 1,435          | 1,792          |
| 1,615                            | 55,0       | 123           | 57,15   | 70,00                                | 89,66                | 112,00               | 0,923   | 1,131                          | 1,449          | 1,810          |
| 1,620                            | 55,2       | 124           | 57,49   | 70,42                                | 90,20                | 112,68               | 0,931   | 1,141                          | 1,462          | 1,825          |
| 1,625                            | 55,5       | 125           | 57,84   | 70,85                                | 90,74                | 113,35               | 0,940   | 1,151                          | 1,473          | 1,842          |
| 1,630                            | 55,8       | 126           | 58,18   | 71,27                                | 91,29                | 114,02               | 0,948   | 1,162                          | 1,489          | 1,859          |
| 1,635                            | 56,0       | 127           | 58,53   | 71,70                                | 91,83                | 114,71               | 0,957   | 1,172                          | 1,502          | 1,875          |
| 1,640                            | 56,3       | 128           | 58,88   | 72,12                                | 92,38                | 115,40               | 0,966   | 1,182                          | 1,516          | 1,892          |

| Spez.<br>Gew.<br>bei 15°<br>(luftl.<br>Raum) | Grad<br>Baumé | Grad<br>Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen<br>bei chemisch reiner Säure |   |                            |                            | 1 l enthält Kilogramm<br>bei chemisch reiner Säure |                                |                   |                   |
|--|---------------|------------------|--|---|----------------------------|----------------------------|--|--------------------------------|-------------------|-------------------|
|  |               |                  | Proz.<br>SO <sub>2</sub>                               | Proz.<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Proz.<br>60 gräd.<br>Säure | Proz.<br>50 gräd.<br>Säure | SO <sub>2</sub>                                    | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 60 gräd.<br>Säure | 50 gräd.<br>Säure |
|  |               |                  |  |   |                            |                            |  |                                |                   |                   |
| 1,643  | 56,5          | 129              | 59,10  | 72,40                                   | 92,77                      | 115,78                     | 0,972  | 1,187                          | 1,525             | 1,903             |
| 1,645  | 56,6          | 129              | 59,22  | 72,55                                   | 92,92                      | 116,06                     | 0,975  | 1,193                          | 1,529             | 1,909             |
| 1,650  | 56,9          | 130              | 59,57  | 72,96                                   | 93,45                      | 116,72                     | 0,983  | 1,204                          | 1,543             | 1,926             |
| 1,653  | 57,0          | 131              | 59,75  | 73,20                                   | 93,80                      | 117,06                     | 0,988  | 1,209                          | 1,550             | 1,932             |
| 1,655  | 57,1          | 131              | 59,92  | 73,40                                   | 94,02                      | 117,44                     | 0,992  | 1,215                          | 1,557             | 1,944             |
| 1,660  | 57,4          | 132              | 60,26  | 73,81                                   | 94,54                      | 118,11                     | 1,000  | 1,225                          | 1,570             | 1,960             |
| 1,662  | 57,5          | 132              | 60,38  | 73,97                                   | 94,78                      | 118,29                     | 1,003  | 1,227                          | 1,575             | 1,966             |
| 1,665  | 57,7          | 133              | 60,61  | 74,24                                   | 95,08                      | 118,77                     | 1,009  | 1,230                          | 1,584             | 1,977             |
| 1,670  | 57,9          | 134              | 60,95  | 74,66                                   | 95,62                      | 119,36                     | 1,017  | 1,246                          | 1,598             | 1,995             |
| 1,672  | 58,0          | 134              | 61,06  | 74,80                                   | 95,85                      | 119,62                     | 1,020  | 1,250                          | 1,602             | 2,001             |
| 1,675  | 58,2          | 135              | 61,29  | 75,08                                   | 96,16                      | 120,11                     | 1,027  | 1,259                          | 1,611             | 2,012             |
| 1,680  | 58,4          | 136              | 61,63  | 75,50                                   | 96,69                      | 120,50                     | 1,035  | 1,268                          | 1,625             | 2,029             |
| 1,682  | 58,5          | 136              | 61,73  | 75,62                                   | 96,90                      | 120,93                     | 1,038  | 1,271                          | 1,629             | 2,035             |
| 1,685  | 58,7          | 137              | 61,93  | 75,94                                   | 97,21                      | 121,38                     | 1,043  | 1,278                          | 1,638             | 2,046             |
| 1,690  | 58,9          | 138              | 62,29  | 76,38                                   | 97,77                      | 122,08                     | 1,053  | 1,289                          | 1,652             | 2,064             |
| 1,692  | 59,0          | 138              | 62,41  | 76,46                                   | 97,98                      | 122,27                     | 1,056  | 1,293                          | 1,657             | 2,070             |
| 1,695  | 59,2          | 139              | 62,64  | 76,76                                   | 98,32                      | 122,77                     | 1,062  | 1,301                          | 1,667             | 2,082             |
| 1,700  | 59,5          | 140              | 63,00  | 77,17                                   | 98,89                      | 123,47                     | 1,071  | 1,312                          | 1,681             | 2,100             |
| 1,705  | 59,7          | 141              | 63,35  | 77,60                                   | 99,44                      | 124,16                     | 1,080  | 1,323                          | 1,696             | 2,117             |
| 1,710  | 60,0          | 142              | 63,70  | 78,04                                   | 100,00                     | 124,86                     | 1,089  | 1,334                          | 1,710             | 2,136             |
| 1,715  | 60,2          | 143              | 64,07  | 78,48                                   | 100,56                     | 125,57                     | 1,099  | 1,346                          | 1,725             | 2,154             |
| 1,720  | 60,4          | 144              | 64,43  | 78,92                                   | 101,13                     | 126,27                     | 1,108  | 1,357                          | 1,739             | 2,172             |
| 1,723  | 60,5          | 145              | 64,61  | 79,05                                   | 101,42                     | 126,58                     | 1,113  | 1,363                          | 1,746             | 2,182             |
| 1,725  | 60,6          | 145              | 64,78  | 79,36                                   | 101,69                     | 126,98                     | 1,118  | 1,369                          | 1,754             | 2,191             |
| 1,730  | 60,9          | 146              | 65,14  | 79,80                                   | 102,25                     | 127,68                     | 1,127  | 1,381                          | 1,769             | 2,209             |
| 1,733  | 61,0          | 147              | 65,32  | 80,02                                   | 102,54                     | 127,97                     | 1,131  | 1,387                          | 1,776             | 2,219             |
| 1,735  | 61,1          | 147              | 65,50  | 80,24                                   | 102,82                     | 128,38                     | 1,136  | 1,392                          | 1,784             | 2,228             |
| 1,740  | 61,4          | 148              | 65,86  | 80,68                                   | 103,38                     | 129,09                     | 1,146  | 1,404                          | 1,799             | 2,247             |
| 1,743  | 61,5          | 149              | 66,04  | 80,90                                   | 103,66                     | 129,38                     | 1,149  | 1,408                          | 1,806             | 2,256             |
| 1,745  | 61,6          | 149              | 66,22  | 81,12                                   | 103,95                     | 129,79                     | 1,156  | 1,416                          | 1,814             | 2,265             |
| 1,750  | 61,8          | 150              | 66,58  | 81,56                                   | 104,52                     | 130,49                     | 1,165  | 1,427                          | 1,829             | 2,284             |
| 1,753  | 62,0          | 151              | 66,82  | 81,86                                   | 104,89                     | 130,91                     | 1,172  | 1,435                          | 1,840             | 2,297             |
| 1,755  | 62,1          | 151              | 66,94  | 82,00                                   | 105,08                     | 131,20                     | 1,175  | 1,439                          | 1,845             | 2,303             |
| 1,760  | 62,3          | 152              | 67,30  | 82,44                                   | 105,64                     | 131,90                     | 1,185  | 1,451                          | 1,859             | 2,321             |
| 1,765  | 62,5          | 153              | 67,76  | 83,01                                   | 106,31                     | 132,80                     | 1,196  | 1,465                          | 1,877             | 2,344             |
| 1,770  | 62,8          | 154              | 68,17  | 83,51                                   | 106,91                     | 133,61                     | 1,207  | 1,478                          | 1,894             | 2,365             |
| 1,775  | 63,0          | 155              | 68,60  | 84,02                                   | 107,62                     | 134,43                     | 1,218  | 1,491                          | 1,911             | 2,386             |
| 1,780  | 63,2          | 156              | 68,98  | 84,50                                   | 108,27                     | 135,20                     | 1,228  | 1,504                          | 1,928             | 2,407             |

| Spez. Gew. bei 15° (luftl. Raum) | Grad Baumé | Grad Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch reiner Säure |                                      |                      |                      | 1 l enthält Kilogramm bei chemisch reiner Säure |                                |                |                |
|----------------------------------|------------|---------------|---|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---|--------------------------------|----------------|----------------|
|                                  |            |               | Proz. SO <sub>2</sub>                               | Proz. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Proz. 60 gräd. Säure | Proz. 50 gräd. Säure | SO <sub>2</sub>                                 | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 60 gräd. Säure | 50 gräd. Säure |
|                                  |            |               | 1,785   | 63,5                                 | 157                  | 69,47                | 85,10   | 109,05                         | 136,16         | 1,240          |
| 1,790                            | 63,7       | 158           | 69,96   | 85,70                                | 109,82               | 137,14               | 1,252   | 1,534                          | 1,965          | 2,455          |
| 1,795                            | 64,0       | 159           | 70,45   | 86,30                                | 110,58               | 138,08               | 1,265   | 1,549                          | 1,983          | 2,479          |
| 1,800                            | 64,2       | 160           | 70,96   | 86,92                                | 111,32               | 139,06               | 1,277   | 1,565                          | 2,003          | 2,503          |
| 1,805                            | 64,4       | 161           | 71,50   | 87,60                                | 112,25               | 140,16               | 1,291   | 1,581                          | 2,026          | 2,530          |
| 1,807                            | 64,5       | 161           | 71,79   | 87,95                                | 112,70               | 140,65               | 1,298   | 1,589                          | 2,037          | 2,544          |
| 1,810                            | 64,6       | 162           | 72,08   | 88,30                                | 113,15               | 141,28               | 1,305   | 1,598                          | 2,048          | 2,558          |
| 1,815                            | 64,8       | 163           | 72,96   | 89,16                                | 114,21               | 142,65               | 1,322   | 1,618                          | 2,074          | 2,589          |
| 1,820                            | 65,0       | 164           | 73,51   | 90,05                                | 115,33               | 144,08               | 1,338   | 1,639                          | 2,099          | 2,622          |
| 1,821                            | ...        | ...           | 73,63   | 90,20                                | 115,59               | 144,32               | 1,341   | 1,643                          | 2,104          | 2,628          |
| 1,822                            | 65,1       | ...           | 73,80   | 90,40                                | 115,84               | 144,64               | 1,345   | 1,647                          | 2,110          | 2,635          |
| 1,823                            | ...        | ...           | 73,96   | 90,60                                | 116,10               | 144,96               | 1,348   | 1,651                          | 2,116          | 2,643          |
| 1,824                            | 65,2       | ...           | 74,12   | 90,80                                | 116,35               | 145,28               | 1,352   | 1,656                          | 2,122          | 2,650          |
| 1,825                            | ...        | 165           | 74,29   | 91,00                                | 116,61               | 145,60               | 1,356   | 1,661                          | 2,128          | 2,657          |
| 1,826                            | 65,3       | ...           | 74,49   | 91,25                                | 116,93               | 146,00               | 1,360   | 1,666                          | 2,135          | 2,666          |
| 1,827                            | ...        | ...           | 74,69   | 91,50                                | 117,25               | 146,40               | 1,364   | 1,671                          | 2,142          | 2,675          |
| 1,828                            | 65,4       | ...           | 74,86   | 91,70                                | 117,51               | 146,72               | 1,368   | 1,676                          | 2,148          | 2,682          |
| 1,829                            | ...        | ...           | 75,03   | 91,90                                | 117,76               | 147,04               | 1,372   | 1,681                          | 2,154          | 2,689          |
| 1,830                            | ...        | 166           | 75,19   | 92,10                                | 118,02               | 147,36               | 1,376   | 1,685                          | 2,159          | 2,696          |
| 1,831                            | 65,5       | ...           | 75,46   | 92,43                                | 118,41               | 147,88               | 1,382   | 1,692                          | 2,169          | 2,708          |
| 1,832                            | ...        | ...           | 75,69   | 92,70                                | 118,73               | 148,32               | 1,386   | 1,698                          | 2,176          | 2,717          |
| 1,833                            | 65,6       | ...           | 75,89   | 92,97                                | 119,07               | 148,73               | 1,391   | 1,704                          | 2,184          | 2,727          |
| 1,834                            | ...        | ...           | 76,12   | 93,25                                | 119,43               | 149,18               | 1,396   | 1,710                          | 2,191          | 2,736          |
| 1,835                            | 65,7       | 167           | 76,38   | 93,56                                | 119,84               | 149,70               | 1,402   | 1,717                          | 2,200          | 2,747          |
| 1,836                            | ...        | ...           | 76,57   | 93,90                                | 120,19               | 150,08               | 1,406   | 1,722                          | 2,207          | 2,755          |
| 1,837                            | ...        | ...           | 76,90   | 94,25                                | 120,71               | 150,72               | 1,412   | 1,730                          | 2,217          | 2,769          |
| 1,838                            | 65,8       | ...           | 77,23   | 94,60                                | 121,22               | 151,36               | 1,419   | 1,739                          | 2,228          | 2,782          |
| 1,839                            | ...        | ...           | 77,55   | 95,00                                | 121,74               | 152,00               | 1,426   | 1,748                          | 2,239          | 2,795          |
| 1,840                            | 65,9       | 168           | 78,04   | 95,60                                | 122,51               | 152,96               | 1,436   | 1,759                          | 2,254          | 2,814          |
| 1,8405                           | ...        | ...           | 78,33   | 95,95                                | 122,96               | 153,52               | 1,451   | 1,765                          | 2,262          | 2,825          |
| 1,8410                           | ...        | ...           | 78,69   | 96,38                                | 123,45               | 154,20               | 1,458   | 1,774                          | 2,273          | 2,838          |
| 1,8415                           | ...        | ...           | 79,47   | 97,35                                | 124,69               | 155,74               | 1,463   | 1,792                          | 2,296          | 2,867          |
| 1,8410                           | ...        | ...           | 80,16   | 98,20                                | 125,84               | 157,12               | 1,476   | 1,808                          | 2,317          | 2,893          |
| 1,8405                           | ...        | ...           | 80,43   | 98,52                                | 126,18               | 157,62               | 1,481   | 1,814                          | 2,325          | 2,903          |
| 1,8400                           | ...        | ...           | 80,59   | 98,72                                | 126,44               | 157,94               | 1,483   | 1,816                          | 2,327          | 2,906          |
| 1,8395                           | ...        | ...           | 80,63   | 98,77                                | 126,50               | 158,00               | 1,484   | 1,817                          | 2,328          | 2,907          |
| 1,8390                           | ...        | ...           | 80,93   | 99,12                                | 126,99               | 158,60               | 1,488   | 1,823                          | 2,336          | 2,917          |
| 1,8385                           | ...        | ...           | 81,08   | 99,31                                | 127,35               | 158,90               | 1,490   | 1,826                          | 2,339          | 2,921          |

Tabelle 8<sup>1)</sup>.  
**Volumgewichte von Salzsäuren verschiedener Konzentration nach Lunge und Marchlewski.**

| Volum-<br>Gew.<br>bei 15°<br>(luftl.<br>Raum) | Grad<br>Baume | Grad<br>Twaddell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch<br>reiner Säure |                           |                           |                           |                           |                           | 1 l enthält Kilogramm |                        |                        |                        |                        |                        |
|---|---------------|------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|   |               |                  | Proz.<br>HCl   | Proz.<br>18grad.<br>Säure | Proz.<br>19grad.<br>Säure | Proz.<br>20grad.<br>Säure | Proz.<br>21grad.<br>Säure | Proz.<br>22grad.<br>Säure | HCl                   | Säure<br>von<br>18° B. | Säure<br>von<br>19° B. | Säure<br>von<br>20° B. | Säure<br>von<br>21° B. | Säure<br>von<br>22° B. |
|   |               |                  |  |                           |                           |                           |                           |                           |                       |                        |                        |                        |                        |                        |
| 1,000   | 0,0           | 0                | 0,16   | 0,57                      | 0,53                      | 0,49                      | 0,47                      | 0,45                      | 0,0016                | 0,0057                 | 0,0053                 | 0,0049                 | 0,0047                 | 0,0045                 |
| 1,005   | 0,7           | 1                | 1,15   | 4,08                      | 3,84                      | 3,58                      | 3,42                      | 3,25                      | 0,012                 | 0,041                  | 0,039                  | 0,036                  | 0,034                  | 0,033                  |
| 1,010   | 1,4           | 2                | 2,14   | 7,60                      | 7,14                      | 6,66                      | 6,36                      | 6,04                      | 0,022                 | 0,077                  | 0,072                  | 0,067                  | 0,064                  | 0,061                  |
| 1,015   | 2,1           | 3                | 3,12   | 11,08                     | 10,41                     | 9,71                      | 9,27                      | 8,81                      | 0,032                 | 0,113                  | 0,106                  | 0,099                  | 0,094                  | 0,089                  |
| 1,020   | 2,7           | 4                | 4,13   | 14,67                     | 13,79                     | 12,86                     | 12,27                     | 11,67                     | 0,042                 | 0,150                  | 0,141                  | 0,131                  | 0,125                  | 0,119                  |
| 1,025   | 3,4           | 5                | 5,15   | 18,30                     | 17,19                     | 16,04                     | 15,30                     | 14,55                     | 0,053                 | 0,188                  | 0,176                  | 0,164                  | 0,157                  | 0,149                  |
| 1,030   | 4,1           | 6                | 6,15   | 21,85                     | 20,53                     | 19,16                     | 18,27                     | 17,38                     | 0,064                 | 0,225                  | 0,212                  | 0,197                  | 0,188                  | 0,179                  |
| 1,035   | 4,7           | 7                | 7,15   | 25,40                     | 23,87                     | 22,27                     | 21,25                     | 20,20                     | 0,074                 | 0,263                  | 0,247                  | 0,231                  | 0,220                  | 0,209                  |
| 1,040   | 5,4           | 8                | 8,16   | 28,99                     | 27,24                     | 25,42                     | 24,25                     | 23,06                     | 0,085                 | 0,302                  | 0,283                  | 0,264                  | 0,252                  | 0,240                  |
| 1,045   | 6,0           | 9                | 9,16   | 32,55                     | 30,58                     | 28,53                     | 27,22                     | 25,88                     | 0,096                 | 0,340                  | 0,320                  | 0,298                  | 0,284                  | 0,270                  |
| 1,050   | 6,7           | 10               | 10,17  | 36,14                     | 33,95                     | 31,68                     | 30,22                     | 28,74                     | 0,107                 | 0,380                  | 0,357                  | 0,333                  | 0,317                  | 0,302                  |
| 1,055   | 7,4           | 11               | 11,18  | 39,73                     | 37,33                     | 34,82                     | 33,22                     | 31,59                     | 0,118                 | 0,419                  | 0,394                  | 0,367                  | 0,351                  | 0,333                  |
| 1,060   | 8,0           | 12               | 12,19  | 43,32                     | 40,70                     | 37,97                     | 36,23                     | 34,44                     | 0,129                 | 0,459                  | 0,431                  | 0,403                  | 0,384                  | 0,365                  |
| 1,065   | 8,7           | 13               | 13,19  | 46,87                     | 44,04                     | 41,09                     | 39,20                     | 37,27                     | 0,141                 | 0,499                  | 0,469                  | 0,438                  | 0,418                  | 0,397                  |
| 1,070   | 9,4           | 14               | 14,17  | 50,35                     | 47,31                     | 44,14                     | 42,11                     | 40,04                     | 0,152                 | 0,539                  | 0,506                  | 0,472                  | 0,451                  | 0,428                  |
| 1,075   | 10,0          | 15               | 15,16  | 53,87                     | 50,62                     | 47,22                     | 45,05                     | 42,84                     | 0,163                 | 0,579                  | 0,544                  | 0,508                  | 0,484                  | 0,460                  |
| 1,080   | 10,6          | 16               | 16,15  | 57,39                     | 53,92                     | 50,31                     | 47,99                     | 45,63                     | 0,174                 | 0,620                  | 0,582                  | 0,543                  | 0,518                  | 0,493                  |
| 1,085   | 11,2          | 17               | 17,13  | 60,87                     | 57,19                     | 53,36                     | 50,90                     | 48,40                     | 0,186                 | 0,660                  | 0,621                  | 0,579                  | 0,552                  | 0,523                  |

<sup>1)</sup> Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin entnommen aus:  
 Lunge-Berl., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Auflage.

| Volum-<br>Gew.<br>bei 15°<br>4.<br>(tutl.<br>Raum) | Grad<br>Bäume | Grad<br>Tweedell | 100 Gew.-Tle. entsprechen bei chemisch<br>reiner Säure |                           |                           |                           |                           |                           | 1 l enthält Kilogramm |                        |                        |                        |                        |                        |
|--|---------------|------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|  |               |                  | Proz.<br>HCl   | Proz.<br>18grad.<br>Säure | Proz.<br>19grad.<br>Säure | Proz.<br>20grad.<br>Säure | Proz.<br>21grad.<br>Säure | Proz.<br>22grad.<br>Säure | HCl                   | Säure<br>von<br>18° B. | Säure<br>von<br>19° B. | Säure<br>von<br>20° B. | Säure<br>von<br>21° B. | Säure<br>von<br>22° B. |
|  |               |                  | 1,090  | 11,9                      | 18                        | 18,11                     | 64,35                     | 60,47                     | 56,41                 | 53,82                  | 51,17                  | 0,197                  | 0,701                  | 0,659                  |
| 1,095  | 12,4          | 19               | 19,06  | 67,73                     | 63,64                     | 59,37                     | 56,64                     | 53,86                     | 0,209                 | 0,742                  | 0,697                  | 0,650                  | 0,620                  | 0,590                  |
| 1,100  | 13,0          | 20               | 20,01  | 71,11                     | 66,81                     | 62,33                     | 59,46                     | 56,54                     | 0,220                 | 0,782                  | 0,735                  | 0,686                  | 0,654                  | 0,622                  |
| 1,105  | 13,6          | 21               | 20,97  | 74,52                     | 70,01                     | 65,32                     | 62,32                     | 59,26                     | 0,232                 | 0,823                  | 0,772                  | 0,722                  | 0,689                  | 0,655                  |
| 1,110  | 14,2          | 22               | 21,92  | 77,89                     | 73,19                     | 68,28                     | 65,14                     | 61,94                     | 0,243                 | 0,865                  | 0,812                  | 0,758                  | 0,723                  | 0,687                  |
| 1,115  | 14,9          | 23               | 22,86  | 81,23                     | 76,32                     | 71,21                     | 67,93                     | 64,60                     | 0,255                 | 0,906                  | 0,851                  | 0,794                  | 0,757                  | 0,719                  |
| 1,120  | 15,4          | 24               | 23,82  | 84,64                     | 79,53                     | 74,20                     | 70,79                     | 67,31                     | 0,267                 | 0,948                  | 0,891                  | 0,831                  | 0,793                  | 0,754                  |
| 1,125  | 16,0          | 25               | 24,78  | 88,06                     | 82,74                     | 77,19                     | 73,64                     | 70,02                     | 0,278                 | 0,991                  | 0,931                  | 0,868                  | 0,828                  | 0,788                  |
| 1,130  | 16,5          | 26               | 25,75  | 91,50                     | 85,97                     | 80,21                     | 76,52                     | 72,76                     | 0,291                 | 1,034                  | 0,972                  | 0,906                  | 0,865                  | 0,822                  |
| 1,135  | 17,1          | 27               | 26,70  | 94,88                     | 89,15                     | 83,18                     | 79,34                     | 75,45                     | 0,303                 | 1,077                  | 1,011                  | 0,944                  | 0,901                  | 0,856                  |
| 1,140  | 17,7          | 28               | 27,66  | 98,29                     | 92,35                     | 86,17                     | 82,20                     | 78,16                     | 0,315                 | 1,121                  | 1,053                  | 0,982                  | 0,937                  | 0,891                  |
| 1,142  | 18,0          |                  | 28,14  | 100,00                    | 93,95                     | 87,66                     | 83,62                     | 79,51                     | 0,322                 | 1,143                  | 1,073                  | 1,002                  | 0,955                  | 0,908                  |
| 1,145  | 18,3          | 29               | 28,61  | 101,67                    | 95,52                     | 89,13                     | 85,02                     | 80,84                     | 0,328                 | 1,164                  | 1,094                  | 1,021                  | 0,973                  | 0,926                  |
| 1,150  | 18,8          | 30               | 29,57  | 105,08                    | 98,73                     | 92,11                     | 87,87                     | 83,55                     | 0,340                 | 1,208                  | 1,135                  | 1,059                  | 1,011                  | 0,961                  |
| 1,152  | 19,0          |                  | 29,95  | 106,43                    | 100,00                    | 93,30                     | 89,01                     | 84,63                     | 0,345                 | 1,226                  | 1,152                  | 1,075                  | 1,025                  | 0,975                  |
| 1,155  | 19,4          | 31               | 30,55  | 108,58                    | 102,00                    | 95,17                     | 90,79                     | 86,32                     | 0,353                 | 1,254                  | 1,178                  | 1,099                  | 1,049                  | 0,997                  |
| 1,160  | 19,8          | 32               | 31,52  | 112,01                    | 105,24                    | 98,19                     | 93,67                     | 89,07                     | 0,366                 | 1,299                  | 1,221                  | 1,139                  | 1,087                  | 1,033                  |
| 1,163  | 20,0          |                  | 32,10  | 114,07                    | 107,17                    | 100,00                    | 95,39                     | 90,70                     | 0,373                 | 1,326                  | 1,246                  | 1,163                  | 1,109                  | 1,054                  |
| 1,165  | 20,3          | 33               | 32,49  | 115,46                    | 108,48                    | 101,21                    | 96,55                     | 91,81                     | 0,379                 | 1,345                  | 1,264                  | 1,179                  | 1,125                  | 1,070                  |
| 1,170  | 20,9          | 34               | 33,46  | 118,91                    | 111,71                    | 104,24                    | 99,43                     | 94,55                     | 0,392                 | 1,391                  | 1,307                  | 1,220                  | 1,163                  | 1,106                  |
| 1,171  | 21,0          |                  | 33,65  | 119,58                    | 112,35                    | 104,82                    | 100,00                    | 95,09                     | 0,394                 | 1,400                  | 1,316                  | 1,227                  | 1,171                  | 1,113                  |
| 1,175  | 21,4          | 35               | 34,42  | 123,32                    | 114,92                    | 107,22                    | 102,28                    | 97,26                     | 0,404                 | 1,437                  | 1,350                  | 1,260                  | 1,202                  | 1,143                  |
| 1,180  | 22,0          | 36               | 35,39  | 125,76                    | 118,16                    | 110,24                    | 105,17                    | 100,00                    | 0,418                 | 1,484                  | 1,394                  | 1,301                  | 1,241                  | 1,180                  |
| 1,185  | 22,5          | 37               | 36,31  | 129,03                    | 121,23                    | 113,11                    | 107,90                    | 102,60                    | 0,430                 | 1,529                  | 1,437                  | 1,340                  | 1,279                  | 1,216                  |
| 1,190  | 23,0          | 38               | 37,23  | 132,30                    | 124,30                    | 115,98                    | 110,63                    | 105,20                    | 0,443                 | 1,574                  | 1,479                  | 1,380                  | 1,317                  | 1,252                  |
| 1,195  | 23,5          | 39               | 38,16  | 135,61                    | 127,41                    | 118,87                    | 113,40                    | 107,83                    | 0,456                 | 1,621                  | 1,523                  | 1,421                  | 1,355                  | 1,289                  |
| 1,200  | 24,0          | 40               | 39,11  | 138,98                    | 130,58                    | 121,84                    | 116,22                    | 110,51                    | 0,469                 | 1,667                  | 1,567                  | 1,462                  | 1,395                  | 1,326                  |

Tabelle 9<sup>1)</sup>.

Tabelle der spez. Gewichte von Ammoniaklösungen bei 15° nach Lunge und Wiernik (Zeitschr. f. angew. Chem. 2, 181; 1889).

| Spez. Gewicht bei 15° | Proz. NH <sub>3</sub> | 1 l enthält NH <sub>3</sub> bei 15° g | Korrektion des spez. Gewichtes für ± 1° | Spez. Gewicht bei 15° | Proz. NH <sub>3</sub> | 1 l enthält NH <sub>3</sub> bei 15° g | Korrektion des spez. Gewichtes für ± 1° |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---|
| 1,000                 | 0,00                  | 0,0                                   | 0,00018                                 | 0,940                 | 15,63                 | 146,9                                 | 0,00039                                 |
| 0,998                 | 0,45                  | 4,5                                   | 0,00018                                 | 0,938                 | 16,22                 | 152,1                                 | 0,00040                                 |
| 0,996                 | 0,91                  | 9,1                                   | 0,00019                                 | 0,936                 | 16,82                 | 157,4                                 | 0,00041                                 |
| 0,994                 | 1,37                  | 13,6                                  | 0,00019                                 | 0,934                 | 17,42                 | 162,7                                 | 0,00041                                 |
| 0,992                 | 1,84                  | 18,2                                  | 0,00020                                 | 0,932                 | 18,03                 | 168,1                                 | 0,00042                                 |
| 0,990                 | 2,31                  | 22,9                                  | 0,00020                                 | 0,930                 | 18,64                 | 173,4                                 | 0,00042                                 |
| 0,988                 | 2,80                  | 27,7                                  | 0,00021                                 | 0,928                 | 19,25                 | 178,6                                 | 0,00043                                 |
| 0,986                 | 3,30                  | 32,5                                  | 0,00021                                 | 0,926                 | 19,87                 | 184,2                                 | 0,00044                                 |
| 0,984                 | 3,80                  | 37,4                                  | 0,00022                                 | 0,924                 | 20,49                 | 189,3                                 | 0,00045                                 |
| 0,982                 | 4,30                  | 42,2                                  | 0,00022                                 | 0,922                 | 21,12                 | 194,7                                 | 0,00046                                 |
| 0,980                 | 4,80                  | 47,0                                  | 0,00023                                 | 0,920                 | 21,75                 | 200,1                                 | 0,00047                                 |
| 0,978                 | 5,30                  | 51,8                                  | 0,00023                                 | 0,918                 | 22,39                 | 205,6                                 | 0,00048                                 |
| 0,976                 | 5,80                  | 56,6                                  | 0,00024                                 | 0,916                 | 23,03                 | 210,9                                 | 0,00049                                 |
| 0,974                 | 6,30                  | 61,4                                  | 0,00024                                 | 0,914                 | 23,68                 | 216,3                                 | 0,00050                                 |
| 0,972                 | 6,80                  | 66,1                                  | 0,00025                                 | 0,912                 | 24,33                 | 221,9                                 | 0,00051                                 |
| 0,970                 | 7,31                  | 70,9                                  | 0,00025                                 | 0,910                 | 24,99                 | 227,4                                 | 0,00052                                 |
| 0,968                 | 7,82                  | 75,7                                  | 0,00026                                 | 0,908                 | 25,65                 | 232,9                                 | 0,00053                                 |
| 0,966                 | 8,33                  | 80,5                                  | 0,00026                                 | 0,906                 | 26,31                 | 238,3                                 | 0,00054                                 |
| 0,964                 | 8,84                  | 85,2                                  | 0,00027                                 | 0,904                 | 26,98                 | 243,9                                 | 0,00055                                 |
| 0,962                 | 9,35                  | 89,9                                  | 0,00028                                 | 0,902                 | 27,65                 | 249,4                                 | 0,00056                                 |
| 0,960                 | 9,91                  | 95,1                                  | 0,00029                                 | 0,900                 | 28,33                 | 255,0                                 | 0,00057                                 |
| 0,958                 | 10,47                 | 100,3                                 | 0,00030                                 | 0,898                 | 29,01                 | 260,5                                 | 0,00058                                 |
| 0,956                 | 11,03                 | 105,4                                 | 0,00031                                 | 0,896                 | 29,69                 | 266,0                                 | 0,00059                                 |
| 0,954                 | 11,60                 | 110,7                                 | 0,00032                                 | 0,894                 | 30,37                 | 271,5                                 | 0,00060                                 |
| 0,952                 | 12,17                 | 115,9                                 | 0,00033                                 | 0,892                 | 31,05                 | 277,0                                 | 0,00060                                 |
| 0,950                 | 12,74                 | 121,0                                 | 0,00034                                 | 0,890                 | 31,75                 | 282,6                                 | 0,00061                                 |
| 0,948                 | 13,31                 | 126,2                                 | 0,00035                                 | 0,888                 | 32,50                 | 288,6                                 | 0,00062                                 |
| 0,946                 | 13,88                 | 131,3                                 | 0,00036                                 | 0,886                 | 33,25                 | 294,6                                 | 0,00063                                 |
| 0,944                 | 14,46                 | 136,5                                 | 0,00037                                 | 0,884                 | 34,10                 | 301,4                                 | 0,00064                                 |
| 0,942                 | 15,04                 | 141,7                                 | 0,00038                                 | 0,882                 | 34,95                 | 308,3                                 | 0,00065                                 |

<sup>1)</sup> Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin entnommen aus: Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 6. Auflage.

Tabelle 10<sup>1)</sup>.

Handelsgrade der Soda.

| Gay-Lussac's<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> O | Deutsche<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Englische<br>(Newcastler)<br>Grade | Französische<br>(Descroizilles)<br>Grade | Proz. NaOH | Gay-Lussac's<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> O | Deutsche<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Englische<br>(Newcastler)<br>Grade | Französische<br>(Descroizilles)<br>Grade | Proz. NaOH |
|--|--|------------------------------------|--|------------|--|--|------------------------------------|--|------------|
| 0,5  | 0,86   | 0,51                               | 0,79                                     | 0,646      | 16   | 27,36  | 16,21                              | 25,31                                    | 20,656     |
| 1  | 1,71   | 1,01                               | 1,58                                     | 1,291      | 16,5   | 28,22  | 16,72                              | 26,10                                    | 21,302     |
| 1,5  | 2,57   | 1,52                               | 2,37                                     | 1,937      | 17   | 29,07  | 17,22                              | 26,89                                    | 21,947     |
| 2  | 3,42   | 2,03                               | 3,16                                     | 2,582      | 17,5   | 29,93  | 17,73                              | 27,69                                    | 22,593     |
| 2,5  | 4,28   | 2,54                               | 3,96                                     | 3,228      | 18   | 30,78  | 18,23                              | 28,48                                    | 23,238     |
| 3  | 5,13   | 3,04                               | 4,75                                     | 3,873      | 18,5   | 31,64  | 18,74                              | 29,27                                    | 23,884     |
| 3,5  | 5,99   | 3,55                               | 5,54                                     | 4,519      | 19   | 32,49  | 19,25                              | 30,06                                    | 24,529     |
| 4  | 6,84   | 4,05                               | 6,33                                     | 5,164      | 19,5   | 33,35  | 19,76                              | 30,85                                    | 25,175     |
| 4,5  | 7,70   | 4,56                               | 7,12                                     | 5,810      | 20   | 34,20  | 20,26                              | 31,64                                    | 25,820     |
| 5  | 8,55   | 5,06                               | 7,91                                     | 6,455      | 20,5   | 35,06  | 20,77                              | 32,43                                    | 26,466     |
| 5,5  | 9,41   | 5,57                               | 8,70                                     | 7,101      | 21   | 35,91  | 21,27                              | 33,22                                    | 27,111     |
| 6  | 10,26  | 6,08                               | 9,49                                     | 7,746      | 21,5   | 36,77  | 21,78                              | 34,01                                    | 27,757     |
| 6,5  | 11,12  | 6,59                               | 10,28                                    | 8,392      | 22   | 37,62  | 22,29                              | 34,80                                    | 28,402     |
| 7  | 11,97  | 7,09                               | 11,07                                    | 9,037      | 22,5   | 38,48  | 22,80                              | 35,60                                    | 29,048     |
| 7,5  | 12,83  | 7,60                               | 11,87                                    | 9,683      | 23   | 39,33  | 23,30                              | 36,39                                    | 29,693     |
| 8  | 13,68  | 8,10                               | 12,66                                    | 10,328     | 23,5   | 40,19  | 23,81                              | 37,18                                    | 30,339     |
| 8,5  | 14,54  | 8,61                               | 13,45                                    | 10,974     | 24   | 41,04  | 24,31                              | 37,97                                    | 30,984     |
| 9  | 15,39  | 9,12                               | 14,24                                    | 11,619     | 24,5   | 41,90  | 24,82                              | 38,76                                    | 31,630     |
| 9,5  | 16,25  | 9,63                               | 15,03                                    | 12,265     | 25   | 42,75  | 25,32                              | 39,55                                    | 32,275     |
| 10   | 17,10  | 10,13                              | 15,82                                    | 12,910     | 25,5   | 43,61  | 25,83                              | 40,34                                    | 32,921     |
| 10,5   | 17,96  | 10,64                              | 16,61                                    | 13,556     | 26   | 44,46  | 26,34                              | 41,13                                    | 33,566     |
| 11   | 18,81  | 11,14                              | 17,40                                    | 14,201     | 26,5   | 45,32  | 26,85                              | 41,92                                    | 34,212     |
| 11,5   | 19,67  | 11,65                              | 18,19                                    | 14,847     | 27   | 46,17  | 27,35                              | 42,71                                    | 34,857     |
| 12   | 20,52  | 12,17                              | 18,98                                    | 15,492     | 27,5   | 47,03  | 27,86                              | 43,51                                    | 35,503     |
| 12,5   | 21,38  | 12,68                              | 19,78                                    | 16,138     | 28   | 47,88  | 28,36                              | 44,30                                    | 36,148     |
| 13   | 22,23  | 13,17                              | 20,57                                    | 16,783     | 28,5   | 48,74  | 28,87                              | 45,09                                    | 36,794     |
| 13,5   | 23,09  | 13,68                              | 21,36                                    | 17,429     | 29   | 49,59  | 29,38                              | 45,88                                    | 37,439     |
| 14   | 23,94  | 14,18                              | 22,15                                    | 18,074     | 29,5   | 50,45  | 29,89                              | 46,67                                    | 38,085     |
| 14,5   | 24,80  | 14,69                              | 22,94                                    | 18,720     | 30   | 51,30  | 30,39                              | 47,46                                    | 38,730     |
| 15   | 25,65  | 15,19                              | 23,73                                    | 19,365     | 30,5   | 52,16  | 30,90                              | 48,25                                    | 39,376     |
| 15,5   | 26,51  | 15,70                              | 24,52                                    | 20,011     | 31   | 53,01  | 31,41                              | 49,04                                    | 40,021     |

<sup>1)</sup> Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin entnommen aus: Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Auflage.

| Gay-Lussacs<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> O | Deutsche<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Englische<br>(Newcastle)<br>Grade | Französische<br>(Descroizilles)<br>Grade | Proz. NaOH | Gay-Lussacs<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> O | Deutsche<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Englische<br>(Newcastle)<br>Grade | Französische<br>(Descroizilles)<br>Grade | Proz. NaOH |
|---|--|-----------------------------------|--|------------|---|--|-----------------------------------|--|------------|
| 31,5  | 53,87  | 31,91                             | 49,83                                    | 40,667     | 50,5  | 86,36  | 51,16                             | 79,89                                    | 65,196     |
| 32  | 54,72  | 32,42                             | 50,62                                    | 41,312     | 51  | 87,21  | 51,67                             | 80,68                                    | 65,841     |
| 32,5  | 55,58  | 32,92                             | 51,42                                    | 41,958     | 51,5  | 88,07  | 52,18                             | 81,47                                    | 66,487     |
| 33  | 56,43  | 33,43                             | 52,21                                    | 42,603     | 52  | 88,92  | 52,68                             | 82,26                                    | 67,132     |
| 33,5  | 57,29  | 33,94                             | 53,00                                    | 43,248     | 52,5  | 89,78  | 53,19                             | 83,06                                    | 67,778     |
| 34  | 58,14  | 34,44                             | 53,79                                    | 43,894     | 53  | 90,63  | 53,70                             | 83,85                                    | 68,423     |
| 34,5  | 59,00  | 34,95                             | 54,58                                    | 44,540     | 53,5  | 91,49  | 54,20                             | 84,64                                    | 69,069     |
| 35  | 59,85  | 35,46                             | 55,37                                    | 45,185     | 54  | 92,34  | 54,71                             | 85,43                                    | 69,714     |
| 35,5  | 60,71  | 35,96                             | 56,16                                    | 45,831     | 54,5  | 93,20  | 55,22                             | 86,22                                    | 70,360     |
| 36  | 61,56  | 36,47                             | 56,95                                    | 46,476     | 55  | 94,05  | 55,72                             | 87,01                                    | 71,005     |
| 36,5  | 62,42  | 36,98                             | 57,74                                    | 47,122     | 55,5  | 94,91  | 56,23                             | 87,80                                    | 71,651     |
| 37  | 63,27  | 37,48                             | 58,53                                    | 47,767     | 56  | 95,76  | 56,74                             | 88,59                                    | 72,296     |
| 37,5  | 64,13  | 37,98                             | 59,33                                    | 48,413     | 56,5  | 96,62  | 57,24                             | 89,38                                    | 72,942     |
| 38  | 64,98  | 38,50                             | 60,12                                    | 49,058     | 57  | 97,47  | 57,75                             | 90,17                                    | 73,587     |
| 38,5  | 65,84  | 39,00                             | 60,91                                    | 49,704     | 57,5  | 98,33  | 58,26                             | 90,97                                    | 74,233     |
| 39  | 66,69  | 39,51                             | 61,70                                    | 50,349     | 58  | 99,18  | 58,76                             | 91,76                                    | 74,878     |
| 39,5  | 67,55  | 40,02                             | 62,49                                    | 50,995     | 58,5  | 100,04   | 59,27                             | 92,55                                    | 75,524     |
| 40  | 68,40  | 40,52                             | 63,28                                    | 51,640     | 59  | 100,89   | 59,77                             | 93,34                                    | 76,169     |
| 40,5  | 69,26  | 41,03                             | 64,07                                    | 52,286     | 59,5  | 101,75   | 60,28                             | 94,13                                    | 76,815     |
| 41  | 70,11  | 41,54                             | 64,86                                    | 52,931     | 60  | 102,60   | 60,79                             | 94,92                                    | 77,460     |
| 41,5  | 70,97  | 42,04                             | 65,65                                    | 53,577     | 60,5  | 103,46   | 61,30                             | 95,71                                    | 78,106     |
| 42  | 71,82  | 42,55                             | 66,44                                    | 54,222     | 61  | 104,31   | 61,80                             | 96,50                                    | 78,751     |
| 42,5  | 72,68  | 43,06                             | 67,24                                    | 54,868     | 61,5  | 105,17   | 62,31                             | 97,29                                    | 79,397     |
| 43  | 73,53  | 43,57                             | 68,03                                    | 55,513     | 62  | 106,02   | 62,82                             | 98,08                                    | 80,042     |
| 43,5  | 74,39  | 44,07                             | 68,82                                    | 56,159     | 62,5  | 106,88   | 63,32                             | 98,88                                    | 80,688     |
| 44  | 75,24  | 44,58                             | 69,61                                    | 56,804     | 63  | 107,73   | 63,83                             | 99,67                                    | 81,333     |
| 44,5  | 76,10  | 45,08                             | 70,40                                    | 57,450     | 63,5  | 108,59   | 64,33                             | 100,46                                   | 81,979     |
| 45  | 76,95  | 45,59                             | 71,19                                    | 58,095     | 64  | 109,44   | 64,84                             | 101,25                                   | 82,624     |
| 45,5  | 77,81  | 46,10                             | 71,98                                    | 58,741     | 64,5  | 110,30   | 65,35                             | 102,04                                   | 83,270     |
| 46  | 78,66  | 46,60                             | 72,77                                    | 59,386     | 65  | 111,15   | 65,85                             | 102,83                                   | 83,915     |
| 46,5  | 79,52  | 47,11                             | 73,56                                    | 60,032     | 65,5  | 112,01   | 66,36                             | 103,62                                   | 84,561     |
| 47  | 80,37  | 47,62                             | 74,35                                    | 60,677     | 66  | 112,86   | 66,87                             | 104,41                                   | 85,206     |
| 47,5  | 81,23  | 48,12                             | 75,15                                    | 61,323     | 66,5  | 113,72   | 67,37                             | 105,20                                   | 85,852     |
| 48  | 82,08  | 48,63                             | 75,94                                    | 61,968     | 67  | 114,57   | 67,88                             | 105,99                                   | 86,497     |
| 48,5  | 82,94  | 49,14                             | 76,73                                    | 62,614     | 67,5  | 115,43   | 68,39                             | 106,79                                   | 87,143     |
| 49  | 83,79  | 49,64                             | 77,52                                    | 63,259     | 68  | 116,28   | 68,89                             | 107,58                                   | 87,788     |
| 49,5  | 84,65  | 50,15                             | 78,31                                    | 63,905     | 68,5  | 117,14   | 69,40                             | 108,37                                   | 88,434     |
| 50  | 85,50  | 50,66                             | 79,10                                    | 64,550     | 69  | 117,99   | 69,91                             | 109,16                                   | 89,079     |

| Gay-Lussacs<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> O | Deutsche<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Englische<br>(Newcastler)<br>Grade | Französische<br>(Descroizilles)<br>Grade | Proz. NaOH | Gay-Lussacs<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> O | Deutsche<br>Grade<br>Proz. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | Englische<br>(Newcastler)<br>Grade | Französische<br>(Descroizilles)<br>Grade | Proz. NaOH |
|---|--|------------------------------------|--|------------|---|--|------------------------------------|--|------------|
| 69,5  | 118,85   | 70,41                              | 109,95                                   | 89,725     | 74  | 126,54   | 74,97                              | 117,07                                   | 95,534     |
| 70  | 119,70   | 70,92                              | 110,74                                   | 90,370     | 74,5  | 127,40   | 75,48                              | 117,86                                   | 96,180     |
| 70,5  | 120,56   | 71,43                              | 111,53                                   | 91,016     | 75  | 128,25   | 75,99                              | 118,65                                   | 96,825     |
| 71  | 121,41   | 71,93                              | 112,32                                   | 91,661     | 75,5  | 129,11   | 76,49                              | 119,44                                   | 97,471     |
| 71,5  | 122,27   | 72,44                              | 113,11                                   | 92,307     | 76  | 129,96   | 77,00                              | 120,23                                   | 98,116     |
| 72  | 123,12   | 72,95                              | 113,90                                   | 92,952     | 76,5  | 130,82   | 77,51                              | 121,02                                   | 98,762     |
| 72,5  | 123,98   | 73,45                              | 114,70                                   | 93,598     | 77  | 131,67   | 78,01                              | 121,81                                   | 99,407     |
| 73  | 124,83   | 73,96                              | 115,49                                   | 94,243     | 77,5  | 132,53   | 78,52                              | 122,61                                   | 100,053    |
| 73,5  | 125,69   | 74,47                              | 116,28                                   | 94,889     |   |  |                                    |  |            |

Tabelle 11<sup>1)</sup>.

**Spezifische Gewichte von Ätznatronlösungen<sup>2)</sup> bei 15°  
nach G. Lange, W. R. Bousfield und Th. M. Lowry.**

NB. Diese Tabelle gilt nur für Lösungen von ganz reinem NaOH.

| Spez.<br>Gewicht | Grade<br>Baumé | Proz.<br>Na <sub>2</sub> O | Proz.<br>NaOH | 1 cbm enthält Kilo-<br>gramm |      |
|------------------|----------------|----------------------------|---------------|------------------------------|------|
|                  |                |                            |               | Na <sub>2</sub> O            | NaOH |
| 1,007            | 1              | 0,46                       | 0,59          | 4,6                          | 6,0  |
| 1,014            | 2              | 0,93                       | 1,20          | 9,4                          | 12,0 |
| 1,022            | 3              | 1,43                       | 1,85          | 14,6                         | 18,9 |
| 1,029            | 4              | 1,94                       | 2,50          | 20,0                         | 25,7 |
| 1,036            | 5              | 2,44                       | 3,15          | 25,3                         | 32,6 |
| 1,045            | 6              | 2,94                       | 3,79          | 30,7                         | 39,6 |
| 1,052            | 7              | 3,49                       | 4,50          | 36,7                         | 47,3 |
| 1,060            | 8              | 4,03                       | 5,20          | 42,7                         | 55,0 |
| 1,067            | 9              | 4,54                       | 5,86          | 48,4                         | 62,5 |
| 1,075            | 10             | 5,10                       | 6,58          | 54,8                         | 70,7 |

<sup>1)</sup> Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin entnommen aus: Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden. 6. Auflage.

<sup>2)</sup> = Natriumhydroxyd, Natriumhydrat oder „kaustische Soda“.

| Spez.<br>Gewicht | Grade<br>Baumé | Proz.<br>Na <sub>2</sub> O | Proz.<br>NaOH | 1 cbm enthält Kilo-<br>gramm |       |
|------------------|----------------|----------------------------|---------------|------------------------------|-------|
|                  |                |                            |               | Na <sub>2</sub> O            | NaOH  |
| 1,083            | 11             | 5,66                       | 7,30          | 61,3                         | 79,1  |
| 1,091            | 12             | 6,25                       | 8,07          | 68,3                         | 88,0  |
| 1,100            | 13             | 6,81                       | 8,78          | 74,9                         | 96,6  |
| 1,108            | 14             | 7,36                       | 9,50          | 81,5                         | 105,3 |
| 1,116            | 15             | 7,98                       | 10,30         | 89,0                         | 114,9 |
| 1,125            | 16             | 8,57                       | 11,06         | 96,4                         | 124,4 |
| 1,134            | 17             | 9,22                       | 11,90         | 104,6                        | 134,9 |
| 1,142            | 18             | 9,84                       | 12,69         | 112,5                        | 145,0 |
| 1,152            | 19             | 10,46                      | 13,50         | 120,5                        | 155,5 |
| 1,162            | 20             | 11,12                      | 14,35         | 129,2                        | 166,7 |
| 1,171            | 21             | 11,74                      | 15,15         | 137,5                        | 177,4 |
| 1,180            | 22             | 12,40                      | 16,00         | 146,3                        | 188,8 |
| 1,190            | 23             | 13,11                      | 16,91         | 156,0                        | 201,2 |
| 1,200            | 24             | 13,80                      | 17,81         | 165,6                        | 213,7 |
| 1,210            | 25             | 14,50                      | 18,71         | 175,5                        | 226,4 |
| 1,220            | 26             | 15,23                      | 19,65         | 185,8                        | 239,7 |
| 1,230            | 27             | 15,97                      | 20,60         | 196,6                        | 253,6 |
| 1,241            | 28             | 16,70                      | 21,55         | 207,2                        | 267,4 |
| 1,252            | 29             | 17,43                      | 22,50         | 218,2                        | 281,7 |
| 1,263            | 30             | 18,21                      | 23,50         | 230,0                        | 296,8 |
| 1,274            | 31             | 18,97                      | 24,48         | 241,7                        | 311,9 |
| 1,285            | 32             | 19,77                      | 25,50         | 254,0                        | 327,7 |
| 1,297            | 33             | 20,60                      | 26,58         | 267,2                        | 344,7 |
| 1,308            | 34             | 21,43                      | 27,65         | 280,0                        | 361,7 |
| 1,320            | 35             | 22,35                      | 28,83         | 295,0                        | 380,6 |
| 1,332            | 36             | 23,25                      | 30,00         | 309,7                        | 399,6 |
| 1,345            | 37             | 24,18                      | 31,20         | 325,2                        | 419,6 |
| 1,357            | 38             | 25,19                      | 32,50         | 341,8                        | 441,0 |
| 1,370            | 39             | 26,14                      | 33,73         | 358,1                        | 462,1 |
| 1,383            | 40             | 27,13                      | 35,00         | 375,2                        | 484,1 |
| 1,397            | 41             | 28,18                      | 36,36         | 393,7                        | 507,9 |
| 1,410            | 42             | 29,18                      | 37,65         | 411,4                        | 530,9 |
| 1,424            | 43             | 30,27                      | 39,06         | 431,0                        | 556,2 |
| 1,438            | 44             | 31,37                      | 40,47         | 451,1                        | 582,0 |
| 1,453            | 45             | 32,57                      | 42,02         | 473,2                        | 610,6 |
| 1,468            | 46             | 33,77                      | 43,58         | 495,7                        | 639,8 |
| 1,483            | 47             | 35,00                      | 45,16         | 519,1                        | 669,7 |
| 1,498            | 48             | 36,22                      | 46,73         | 542,6                        | 700,0 |
| 1,514            | 49             | 37,52                      | 48,41         | 568,1                        | 732,9 |
| 1,530            | 50             | 38,83                      | 50,10         | 594,1                        | 766,5 |

## Bücherschau.

Preise ohne Gewähr.

I. Bücher über chemisch-technisches Rechnen und Stöchiometrie:

1. F. Fischer, Chemisch-technologisches Rechnen. 2. Aufl. 1918. geh. 5 Mk., geb. 6 Mk.
2. Sammlung Göschen, Bd. 452: Stöchiometrische Aufgabensammlung. geb. 1,30 Mk.
3. Sammlung Göschen, Bd. 445: Physikalisch-chemische Rechenaufgaben. geb. 1,30 Mk.
4. Sammlung Göschen, Bd. 701: Chemisch-technische Rechnungen. geb. 1,30 Mk.
5. Bräuer, Aufgaben aus der Chemie und der physikalischen Chemie 1900. 1,50 Mk.
6. Stammer, Sammlung von chemischen Rechenaufgaben. 1878. geh. 1,70 Mk.
7. Kalmann u. Morawski, Technisch-chemische Rechenaufgaben. 1889. geh. 0,80 Mk.
8. Waddell, The Arithmetic of Chemistry 1911. geb. jetzt ca. 7 Mk.
9. Bornemann, Stöchiometrie. 1909. geb. 4 Mk.
10. Biehringer, Einführung in die Stöchiometrie. 1900. geb. 10 Mk.

Von diesen Werken empfehlen wir zur Weiterbildung Nr. 1 und auch 2 und 4. Nr. 3 enthält nur physiko-chemische (nicht rein chemische) Berechnungen. Nr. 5 ist mehr für den Schulbedarf bearbeitet. Nr. 6 und 7 sind veraltet. Nr. 8 ist leicht faßlich, enthält aber wenig mehr als unser Büchlein. Nr. 9 und 10 sind streng wissenschaftlich. Nr. 10 enthält viel Physiko-Chemisches neben der Stöchiometrie im engeren Sinne.

II. Weitere Bücher, die ähnliche Rechnungsarten enthalten:

1. Richards, Metallurgische Berechnungen. 1913. geb. 23 Mk.
2. Naumann, Thermo-chemische Berechnungen. geb. 7 Mk.
3. Münz- und Edelmetallberechnung findet sich kurz und gut dargestellt in: Sammlung Göschen, Bd. 139: Kaufmännisches Rechnen Teil I. geb. 1,30 Mk.

III. Tabellenwerke, Formelverzeichnisse:

1. Chemiker-Kalender. Erscheint jährlich. Verlag Springer. 4,80 Mk. bzw. 5,60 Mk. Enthält Atom-, Molekulargewichte, Formeln, Löslichkeiten, Maße u. Gewichte, spez. Gewichte zahlreicher Lösungen, Thermochemie, Elektrochemie u. a.
2. Hallerbach, Formeln und Molekulargewichte. 1912. geb. 3 Mk. Enthält die prozentischen Gehalte nach Ionen z. B. bei  $K_2SO_4$ : Proz. K u. Proz.  $SO_4$ . Angeordnet nach chemischen Benennungen.
3. Mercks Index. 1910. geb. 6 Mk. und Index M. Merck. 1914. geb. 8 Mk. (franz. Ausgabe). Enthält nach pharmaz. Bezeichnungen geordnet auch die chem. Benennungen, Handelsform, Verwendung und Haupteigenschaften der Chemikalien. Besonders berücksichtigt ist das für Arzt, Apotheker und Drogisten Wichtige.
4. E. Merck, Prüfung der chemischen Reagenzien auf Reinheit 1912. geb. 3 Mk. (z. Z. vergriffen). Es enthält alle wichtigen Namen der im Laboratorium gebrauchten Chemikalien. Äquivalenztabellen, Mol.-Gew., Spez. Gew., Handelsformen und Prüfungsvorschriften. Es dient eigentlich nur Laboratorien.
5. Lunge-Berl. Taschenbuch für die anorganisch-chemische Großindustrie. 1914. geb. 8 Mk. Enthält Tabellen der Formeln, prozentuale Gehalte nach Oxyden, z. B.  $K_2SO_4$ : Proz.  $K_2O$  und Proz.  $SO_3$ . Atom- u. Mol.-Gew., Spez. Gew., Maße, Gewichte, Löslichkeiten.
6. Erdmann u. Köthner, Naturkonstanten. 1905. geb. 1 Mk. Umrechnungsfaktoren, Spez. Gew., Atom- und Mol.-Gew. auch für logarithmische Rechnungen.
7. Küster, Logarithmische Rechentafeln für Chemiker usw. (Verlag Veit.) Erscheint jährlich. geb. 2,80 Mk. Inhalt wie bei 6. Der „Küster“ fehlt wohl in keinem Laboratorium und dürfte für den Nichtchemiker sehr brauchbar sein, wenn er die Formeln gründlich kennt.
8. Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 1912. geb. 56 Mk. Das größte Tabellenwerk, aus dem fast alle anderen Werke die Werte entnehmen.
9. „Hütte“ u. „Eisenhütte“. Des Ingenieurs Taschenbuch. Akademischer Verein Hütte. Hütte geb. 18 Mk. Eisenhütte geb. 15 Mk.

Von diesen Tabellen wird der Nichtchemiker vor allem gebrauchen: Nr. 1 und 5. Wer mit pharmaz. Bezeichnungen und Waren viel zu tun hat, wird Nr. 3 gebrauchen. Für Hüttenfach auch Nr. 9.

IV. Auskunftsbücher, Warenlexika und Adreßbücher:

1. Blücher, Auskunftsbuch für die chemische Industrie. 1915. geb. 28,20 Mk. Enthält wertvolle, meist ausführliche Angaben über Handelsform, Wert, Verwendung und Herstellung der Chemikalien. Die wichtigsten Erze und Hüttenprodukte sind aufgeführt.
2. Joly, Technisches Auskunftsbuch. Enthält wenig Chemisch-Technisches. 1915. geb. 8 Mk.
3. Mercks Index siehe III, 3.
4. K. Mercks Warenlexikon (nicht von E. Merck). 1908. geb. 10 Mk.
5. J. K. König, Warenlexikon. 1911. geb. 9 Mk. Enthält lat., deutsche, engl., franz., holl. und dänische Benennungen.
6. Adreßbuch der chem. Industrie v. Wenzel u. Mückenberger. (Ausland.) ca. 25 Mk. Enthält neben den Adressen auch engl., franz. und italienische Benennungen
7. Adreßbuch der chem. Industrie der Welt (Unionverlag.) Enthält neben den Adressen die engl., franz. und spanischen Benennungen. geb. 20 Mk.
8. Wenzels Adreßbuch und Warenverzeichnis der chem. Ind. des Deutschen Reiches. 13. Ausg. geb. 40 Mk. (Verlag der Chem. Ztg. Cöthen, Anhalt.)

V. Sonstige in Betracht kommende Bücher:

- Sammlung Götschen, Bd. 283: Maß-, Münz- und Gewichtswesen. (Zahlreiche Druckfehler, sonst sehr gut.) geb. 1,30 Mk.
- Hübner-Juraschek, Geographisch-statistische Tabellen (erscheint jährlich). kart. 2,50 Mk.
- W. Ostwald, Schule der Chemie. Erste Einführung in die Chemie für jedermann. 1914. 5,50 Mk.
- Außerdem: Berg- und Hüttenkalender. Bergwerkskalender. Eisen- und Metallgießereikalender. Metallindustriekalender.
-

Verlag von Otto Spamer in Leipzig-Reudnitz

---

# Chemisch-technologisches Rechnen

Von

**Prof. Dr. Ferdinand Fischer**

Zweite Auflage

Bearbeitet von Fr. Hartner, Fabrikdirektor

Preis: geheftet 5 M., kart. 6 M.

**Chemische Industrie (Otto N. Witt):** In bescheidenem Gewande tritt uns hier ein kleines Buch entgegen, dessen weite Verbreitung sehr zu wünschen wäre . . . Es wäre mit großer Freude zu begrüßen, wenn vorgerücktere Studierende an Hand der zahlreichen und höchst mannigfaltigen in diesem Buche gegebenen Beispiele sich im chemisch-technischen Rechnen üben wollten; derartige Tätigkeit würde ihnen später bei ihrer Lebensarbeit sehr zustatten kommen. — Aber nicht nur als Leitfaden beim akademischen Unterricht, sondern auch in den Betrieben der chemischen Fabriken könnte das angezeigte Werkchen eine nützliche Verwendung finden, denn in der großen Mannigfaltigkeit der gegebenen Übungsbeispiele enthält es auch viele, welche sich direkt dazu eignen, vorkommendenfalls unter passender Modifikation als Handhabe für den Angriff eines gerade sich darbietenden Problems benutzt zu werden. Auch enthält das kleine Buch, allerdings zerstreut in den gegebenen Aufgaben, eine ganze Reihe von grundlegenden Daten, die man, wenn man sich in das Werkchen hineinarbeitet, jederzeit leicht wird aufschlagen und benutzen können.

**Prof. Dr. H. Bucherer** (in einem Brief an den Verlag): Ich habe mir das Büchlein inzwischen genauer angesehen und finde es ganz ausgezeichnet. Es wäre sehr zu wünschen, daß jeder Studierende der Chemie es einmal gründlich durcharbeitet. Er würde dauernden Nutzen davon haben. Ich freue mich, dies feststellen zu können.

**Elektrochemische Zeitschrift:** Das Werk kann in jeder Beziehung empfohlen werden, um so mehr, da es auch die bei der Lektüre ausländischer Zeitschriften usw. notwendigen Angaben für englische und amerikanische Maß- und Gewichtsverhältnisse enthält.

---

**Bis auf weiteres 20% Teuerungszuschlag!**

Verlag von Otto Spamer in Leipzig-Reudnitz

---

## **Chemisch-technische Vorschriften.**

Ein Nachschlage- und Literaturwerk, insbesondere für chemische Fabriken und verwandte technische Betriebe, enthaltend Vorschriften mit umfassenden Literaturnachweisen aus allen Gebieten der chemischen Technologie. Von **Dr. Otto Lange**. 1064 Seiten Lexikon-Format. Dauerhaft gebunden 32 M. **Etwa 14 000 Vorschriften in übersichtlicher Gruppierung mit genauen Literaturangaben und zuverlässigem Sachregister!**

**Seifenfabrikant:** Eine Zusammenstellung chemisch-technischer Vorschriften aus den verschiedensten Gebieten der chemischen Technologie, welche gegenüber den bisher vorhandenen Behelfen einen ganz außerordentlichen Fortschritt bedeutet... Das bisher in zahllosen Zeitschriften und Patentschriften verstreute Material ist mit staunenswertem Gelehrtenfleiß gesammelt und durch die genaue Angabe der Literaturstellen zugänglich und verwertbar gemacht worden.

**Deutsche Parfümerie-Zeitung:** Dieses Werk gesellt sich zu den besten unter den technologischen Büchern, weil ein gewaltiges Material gerade aus denjenigen Literaturstellen der angewandten Chemie zusammengetragen und übersichtlich geordnet ist, welche sich der üblichen chemischen Systematik zu entziehen pflegen und überall verstreut sind... daß hier nicht ein Handbuch der chemischen Technologie im üblichen Sinne vorliegt, sondern daß der Zuschnitt ein anderer ist, und daß gerade solche Dinge gebracht werden, die man anderswo nicht findet. Das gibt dem Buch seine Eigenart und seinen Wert.

---

## **Die physikalischen und chemischen Grundlagen des Eisenhüttenwesens.**

Von **Walther Mathesius**, Professor an der Kgl. Technischen Hochschule Berlin. Mit 39 Figuren und 106 Diagrammen im Text und auf einer Tafel. Geheftet 26 M., gebunden 29 M.

**Stahl und Eisen:** ... Das Buch soll eine Ergänzung bilden zu den allgemein geschätzten und überall bekannten Handbüchern für Eisenhüttenkunde von Ledebur und Wedding. Es soll gleichzeitig ein Nachschlagewerk sein, das rasch über die chemischen und physikalischen Vorgänge des gesamten Eisenhüttenwesens unterrichtet. Dieses Ziel, das der Verfasser sich steckte, darf als vollauf erreicht bezeichnet werden. Ein anzuerkennender Fleiß, eine große Arbeit gibt dem ganzen Werke eine Grundlage, die auch außergewöhnliche Belastungen — ich meine Abweichungen von dem gesteckten Ziele (das ist: nur die chemischen und physikalischen Vorgänge zu behandeln) — verträgt... Den Eisenhüttenleuten, ebenso den Hüttenwerken, kann ich das Buch für ihre Bücherei deshalb nur wärmstens empfehlen.

---

**Bis auf weiteres auf alle Werke 20% Teuerungszuschlag!**

Verlag von Otto Spamer in Leipzig-Reudnitz

---

## **Lehrbuch der Farbenchemie** einschließlich der Ge-

winnung und Verarbeitung des Teers sowie der Methoden zur Darstellung der Vor- und Zwischenprodukte. Von Dr. Hans Th. Bucherer, Direktor der Chemischen Fabrik auf Aktien (vorm. E. Schering) in Berlin, ordentlicher Professor a.D. der Technischen Hochschule in Dresden. Geh. 20 M., geb. 22 M.

**Die Naturwissenschaften:** Alles in allem hat Bucherer uns in seiner Farbenchemie ein Werk geschenkt, das nicht seinesgleichen hat und in vieler Hinsicht unübertrefflich ist. Möge es viele junge Chemiker anregen, an dem stolzen Gebäude der Farbenchemie weiterzubauen.

**Farbenzeitung:** Das Werk ist eine wissenschaftliche Leistung ersten Ranges, ein Denkstein für die Farbenchemie neuester Zeit, dessen Studium allen Farbenchemikern und Organikern warm empfohlen werden kann. Man findet in diesem Lehrbuch der Farbenchemie ein abgerundetes Bild des derzeitigen Wissens über die Chemie der organischen Farbstoffe der Steinkohlenteergruppe in klaren, durchdachten Zügen entworfen.

**Fortschritte der Chemie, Physik und physik. Chemie:** Das höchst anregende und mit vollem Verständnis der Theorie und der Praxis geschriebene Werk empfiehlt sich für das Studium der Industrie der Farbstoffe ganz besonders.

**Zeitschrift für angewandte Chemie:** Dem Studierenden wird das „Lehrbuch“ wegen seiner weitausholenden u. vortrefflichen Darstellung in erster Linie zugute kommen; der akademische Lehrer wird es neben anderen Werken zu Rate ziehen, und auch der Praktiker kann daraus lernen, denn er pflegt meistens derartig Spezialist in einem Teil der Farbenfabrikation zu sein, daß er Gefahr läuft, den Überblick über das Ganze zu verlieren.

---

## **Die Mineralfarben** und die durch Mineralstoffe erzeugten Färbungen. Von

Dr. Friedrich Rose, Professor der Chemie an der Kaiser-Wilhelms-Universität Straßburg. (Die Eisencyanfarben von Dr. Peter Woringer.) Geheftet 20 M., gebunden 23 M.

**Zeitschrift für angewandte Chemie:** ... Rose schildert uns die historische Entwicklung der einzelnen Mineralfarben und der damit hergestellten Färbungen von den Uranfängen bis zu den neuesten Patenten; die alte und neueste technologische Literatur, wissenschaftliche Arbeiten, Dissertationen, Patente sind bei jedem dieser Farbstoffe reichlich angeführt, so daß sowohl dem Praktiker als auch dem wissenschaftlichen Forscher das einschlägige Material, das mit Fleiß und Sachkenntnis zusammengetragen ist, in vollendeter Weise geboten wird. Es macht dem Fachmanne schon eine Freude, in diesem Buche nur herumzublättern ... Das Werk von Prof. Rose gehört in jede Laboratoriums- und Fabrikbibliothek, nicht nur in Farbenfabriken, denn der Verfasser behandelt die Mineralfarben nicht allein vom chemischen und technischen Standpunkt aus, er macht auch in wirtschaftlicher Hinsicht wertvolle Mitteilungen über die Produktionsmenge, Aus- und Einfuhr, die Handelspreise bis 1914. ... **Chemiker-Zeitung:** ... eine äußerst wertvolle, geschichtlich aufgebaute Zusammenfassung des überaus reichhaltigen Gebietes ... kann die schier erschöpfende und mit Literaturangaben versehene, klare und verständliche Darstellung nur Lob und Anerkennung ernten ...

---

Bis auf weiteres auf alle Werke 20% Teuerungszuschlag!

# Wertvolle Zeitschriften

aus dem Verlag von Otto Spamer in Leipzig-R.

---

## Prometheus

**Illustrierte Wochenschrift über die Fortschritte in Gewerbe, Industrie und Wissenschaft.** Herausgeber: Dr. A. J. Kieser. Wöchentlich ein Heft mit Originalaufätzen, einer naturwissenschaftlich-technischen Rundschau, Notizen und einem Beiblatt „Mitteilungen aus der Technik und Industrie“. Vierteljährlich 4.50 M.

Der Wissenschaftler, Techniker, Fabrikant, der in dauernder inniger Verbindung bleiben möchte mit den seinem Sonderfach ferner liegenden, aber eben für dieses Sonderfach vielfache Anregungen enthaltenden Gebieten, der Lehrer, der Offizier, der Landwirt, die städtischen und ländlichen Behörden, sie alle werden den „Prometheus“ mit großem Nutzen lesen.

---

## Chemische Apparatur

**Zeitschrift für die maschinellen und apparativen Hilfsmittel der chemischen Technik.** Herausgeber: Dr. A. J. Kieser. Erscheint monatlich 2mal. Preis vierteljährlich 4 M.

Die „Chemische Apparatur“ bildet einen Sammelpunkt für alles Neue und Wichtige auf dem Gebiete der maschinellen und apparativen Hilfsmittel chemischer Fabrikbetriebe. Außer rein sachlichen Berichten und kritischen Beurteilungen bringt sie auch selbständige Anregungen auf diesem Gebiete. Die „Zeitschriften- und Patentschau“ mit ihren vielen Hunderten von Referaten und Abbildungen sowie die „Umschau“ und die „Berichte über Auslandpatente“ gestalten die Zeitschrift zu einem **Zentralblatt für das Grenzgebiet von Chemie u. Ingenieurwissenschaft.**

---

## Feuerungstechnik

**Zeitschrift für den Bau und Betrieb feuerungstechnischer Anlagen.** Schriftleitung: Dipl.-Ing. Dr. P. Wangemann. Erscheint monatlich 2mal. Preis vierteljährlich 4.50 M.

Die „Feuerungstechnik“ soll eine Sammelstelle sein für alle technischen und wissenschaftlichen Fragen des Feuerungswesens, also: Brennstoffe (feste, flüssige, gasförmige), ihre Untersuchung und Beurteilung, Beförderung und Lagerung, Statistik, Entgasung, Vergasung, Verbrennung, Beheizung. — Bestimmt ist sie sowohl für den Konstrukteur und Fabrikanten feuerungstechnischer Anlagen als auch für den betriebsführenden Ingenieur, Chemiker und Besitzer solcher Anlagen.

---

Probenummern kostenlos vom Verlag!