

E i n l e i t u n g.

Die gesammte chemische Analyse zerfällt, wie wir in der Einleitung zum ersten Theile dieses Werkes gesehen haben, in die qualitative und in die quantitative Analyse. Die Aufgabe der ersteren ist, wie am angeführten Orte bereits erwähnt wurde, die Erforschung der Art, die Aufgabe der letzteren die Ermittlung der Menge der einzelnen Bestandtheile eines zusammengesetzten Körpers.

Die qualitative Analyse führt zum Ziele, indem sie uns lehrt, die unbekanntem Bestandtheile in schon bekannte Formen überzuführen, so dass wir aus diesen sichere Schlüsse auf jene zu machen im Stande sind. Die quantitative Analyse erfüllt ihre Aufgabe je nach Umständen in oft ganz verschiedener Weise. Fassen wir gleich hier die zwei am meisten von einander abweichenden Methoden ins Auge, so begegnen wir der Gewichtsanalyse und der Maassanalyse. Beide erstreben denselben Zweck, aber sie schlagen ganz verschiedene Wege ein.

Die Gewichtsanalyse lehrt uns die ihrer Art nach bekannten Bestandtheile der zu untersuchenden Körper in Formen oder Verbindungen bringen, welche erstens eine scharfe Gewichtsbestimmung zulassen und die ferner in Bezug auf das Mengenverhältniss ihrer Bestandtheile aufs Genaueste bekannt sind.

Diese Formen oder Verbindungen der Körper, welche sich den angegebenen Eigenschaften zufolge zur Quantitätsbestimmung eignen, sind entweder Educte aus der analysirten Verbindung oder dem zerlegten Gemenge, oder es sind Producte. Im ersteren Falle ist das gefundene Gewicht des educirten Bestandtheiles der directe Ausdruck der Menge, in welcher er in dem untersuchten Körper enthalten war, im anderen Falle ergibt sich uns die wirkliche Menge des in einer neuen Verbindung abgeschiedenen Bestandtheiles (die Quantität, in welcher er im untersuchten

Körper ursprünglich enthalten war) nicht direct, sondern erst durch eine einfache Berechnung. Ein Beispiel diene zur Erläuterung.

Gesetzt, wir wollten im Quecksilberchlorid die Menge des Quecksilbers bestimmen, so könnten wir dieses erstens, indem wir aus der Lösung des Quecksilberchlorids das Quecksilber z. B. durch Zinnchlorür regulinisch ausfällten; wir könnten es ferner, indem wir die Lösung mit Schwefelwasserstoff niederschlugen und das gefällte Quecksilbersulfid dem Gewichte nach bestimmten. 100 Theile Quecksilberchlorid bestehen aus 73,82 Quecksilber und 26,18 Chlor. Bei absolut genauer Ausführung müssen wir demnach durch Fällung mit Zinnchlorür von 100 Theilen Quecksilberchlorid 73,82 Theile metallisches Quecksilber erhalten; bei gleich genauer Ausführung der anderen Methode würden wir von derselben Menge Quecksilberchlorid 85,634 Theile Quecksilbersulfid bekommen. Im ersteren Falle finden wir demnach die Zahl 73,82 (das ist die Menge des Quecksilbers, welche in der zur Analyse verwendeten Quantität Quecksilberchlorid enthalten war) direct, im zweiten Falle müssen wir sie erst durch die folgende einfache Gleichung ermitteln: 100 Theile Quecksilbersulfid enthalten 86,207 Quecksilber, wie viel enthalten 85,634 Theile; — $x = 73,82$. —

Als unumgänglich nothwendige Eigenschaften der Formen und Verbindungen, welche bei der Gewichtsanalyse dienen sollen, sind also festzuhalten, dass sie erstlich genaues Wägen zulassen, und dass sie ferner ihrer Zusammensetzung nach bekannt sind. Fehlt jene Eigenschaft, so ist genaue Ausführung der Analyse an und für sich unmöglich, fehlt diese, so mangelt, im Falle man mit producirtten Verbindungen zu thun hat, der zur Aufstellung der Rechnung nothwendige Ausgangspunkt. —

Die Maassanalyse beruht auf einem ganz andern Principe als die Gewichtsanalyse. Sie lehrt die Menge eines Körpers dadurch finden, dass man ihn aus einem bestimmten Zustande in einen andern ebenfalls bestimmten überführt, und zwar mit Hülfe einer Flüssigkeit von bekanntem Wirkungswerthe und unter Umständen, welche das Ende der Ueberführung deutlich erkennen lassen. — Wählen wir auch hier ein Beispiel zur Versinnlichung. Uebermangansaures Kali zu einer mit Schwefelsäure angesäuerten Eisenvitriollösung gesetzt, führt das Eisenoxydul sofort in Oxyd über, indem die durch ihre intensive Farbe ausgezeichnete Uebermangansäure Sauerstoff abgibt und in Manganoxydul übergeht, welches sich mit der vorhandenen Schwefelsäure zu farblosem schwefelsauren Manganoxydul verbindet. — Tröpfeln wir daher zu einer Eisenoxydul enthaltenden angesäuerten Flüssigkeit eine Lösung von übermangansauerm Kali, so verschwindet die rothe Farbe desselben beim Umrühren längere Zeit hindurch. Endlich aber kommt ein Zeitpunkt, in welchem die Färbung, die durch den zuletzt hinzugekommenen Tropfen erzeugt worden ist, nicht wieder verschwindet; es ist der Moment, in welchem alles Eisenoxydul in Oxyd übergeführt ist.

Stellen wir nun den Wirkungswerth der Lösung des übermangan-

sauren Kalis fest, wie dies geschieht, indem wir sie auf eine bekannte Menge gelösten Eisenoxyduls wirken lassen, ermitteln wir also z. B., dass 100 Theile derselben genau 2 Theile Eisenoxydul in Oxyd verwandeln, so können wir nunmehr mit dieser Auflösung von übermangansaurem Kali auch eine jede Lösung prüfen, die eine uns unbekante Menge Eisenoxydul enthält; denn gebrauchten wir zur Oxydation einer solchen gerade 100 Theile der Lösung des übermangansauren Kalis, so enthielte die Eisenlösung genau 2 Theile Eisenoxydul, gebrauchten wir dagegen nur 50 Theile, so enthielte sie 1 Theil Eisenoxydul. — Indem man also die Menge der Lösung des übermangansauren Kalis bestimmt, findet man die ihr proportionale Menge des Eisenoxyduls.

Weil man nun die verbrauchte Quantität der wirkenden Flüssigkeit durch Abmessen und nicht durch Abwägen zu bestimmen pflegt, so nennt man diese Art der Analyse Maassanalyse. Sie lässt das zu erstrebende Ziel gewöhnlich weit rascher erreichen als die Gewichtsanalyse.

Der Begriff und die Aufgabe der quantitativen Analyse wäre nunmehr festgestellt, ebenso die Art, auf welche sie im Allgemeinen ihre Aufgabe erfüllt. Ehe wir weiter gehen, müssen vor Allem die Eigenschaften in Betracht gezogen werden, welche Denen zukommen müssen, die quantitativen Analysen mit Erfolg obliegen wollen. Diese Eigenschaften sind von dreierlei Art; erstens nämlich werden theoretische Kenntnisse, zweitens manuelle Geschicklichkeit und drittens strenge Gewissenhaftigkeit erfordert.

Was zuerst das Wissen betrifft, so muss zu den Vorkenntnissen, welche wir als zum Studium der qualitativen Analyse erforderlich anführen, das Innehaben dieser letzteren hinzukommen. Fügen wir alsdann noch genaue Kenntniss der stöchiometrischen Gesetze, sowie Gewandtheit in der Ausführung von in der Regel einfachen Rechnungen bei, so haben wir die Summe der zum Beginn des Studiums der quantitativen Analyse nöthigen Vorkenntnisse. Sie befähigen uns, im Verlauf desselben die Methoden kennen und verstehen zu lernen, nach welchen Körper ihrem Gewichte nach bestimmt oder geschieden werden, — sie machen es uns möglich, die Berechnungen auszuführen, durch welche wir aus den analytischen Resultaten die Zusammensetzung der Verbindungen nach Aequivalenten finden können und durch die wir andererseits die Richtigkeit der angewendeten Trennungsmethoden zu prüfen, die gefundenen Resultate zu controliren vermögen.

Mit dem Wissen muss das Können sich vereinigen. — Dieser Satz gilt im Allgemeinen bei den gesammten angewandten Wissenschaften; wenn er aber bei irgend einer insbesondere hervorgehoben zu werden verdient, so ist es bei der quantitativen Analyse der Fall. Mit den gründlichsten Kenntnissen ausgerüstet, ist man nicht im Stande zu bestimmen, wie viel Kochsalz in einer Lösung ist, wenn man nicht eine Flüssigkeit aus einem Gefäss in ein anderes giessen kann, ohne dass etwas

wegspritzt oder ein Tropfen am Rande des Gefässes hinabläuft u. s. w. — Die Hand muss sich die Fähigkeit erwerben, die bei quantitativen Analysen vorkommenden Operationen mit Umsicht und Geschick auszuführen, eine Fähigkeit, welche einzig und allein durch praktische Uebung erworben werden kann. —

Das Wissen und Können muss das Wollen, das redliche Streben nach der Wahrheit, die strengste Gewissenhaftigkeit ergänzen. — Jeder, der sich nur einigermaassen mit quantitativen Analysen beschäftigt hat, weiss, dass sich, besonders am Anfange, zuweilen Fälle ereignen, in denen man Zweifel hegt, ob das Resultat genau ausfallen wird, oder in denen man gewiss ist, dass es nicht sehr genau ausfallen kann. Bald ist ein wenig verschüttet worden, bald hat man durch Deception einen Verlust erlitten, — bald zweifelt man, ob man sich im Wägen nicht geirrt habe, — bald stimmen zwei Analysen nicht recht überein. In solchen Fällen handelt es sich darum, dass man die Gewissenhaftigkeit habe, die Arbeit alsobald noch einmal zu machen. Wer diese Selbstüberwindung nicht hat, wer Mühe scheut, wo es sich um Wahrheit handelt, wer sich auf Schätzen und Muthmaassen einlässt, wo es die Erlangung positiver Gewissheit gilt, dem müssen Fähigkeit und Beruf zur Ausführung quantitativer Analysen ebenso gut abgesprochen werden, als wenn es ihm an Kenntnissen oder Geschicklichkeit gebräche. Wer seinen Arbeiten selbst nicht volles Vertrauen schenken, wer auf seine Resultate nicht schwören kann, der mag immerhin zu seiner Uebung analysiren, nur hüte er sich, seine Resultate als sicher zu veröffentlichen oder anzuwenden, es dürfte ihm nicht zum Vortheil, der Wissenschaft aber würde es nur zum Nachtheil gereichen.

Fragen wir nun, mit welchen Körpern sich die quantitative Analyse beschäftige, so können wir, abgesehen davon, dass in der vorliegenden Anleitung nur die in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft vorkommenden Stoffe berücksichtigt werden, allgemein hin antworten, sie beschäftige sich mit Allem, was überhaupt körperlich sei. Will man aber eintheilen, so kann man, ohne die Materie specieller ins Auge zu fassen, sagen, sie beschäftige sich einerseits mit der Analyse von gemengten Substanzen, andererseits mit der Zerlegung chemischer Verbindungen. So unbegründet diese Eintheilung auch auf den ersten Blick erscheinen mag, so muss sie doch festgehalten werden, wenn wir uns von dem Werthe und Nutzen der quantitativen Analyse ein klares Bild verschaffen wollen; sie muss es um so mehr, da in den beiden Fällen der Zweck der Analyse ein verschiedener ist, da in beiden die Richtigkeit der Analysen auf verschiedene Art controlirt wird, und da die quantitative Analyse im einen Falle, man kann so sagen, in der Regel der Wissenschaft, im anderen Falle aber im Durchschnitt Zwecken des Lebens dient. Analysire ich z. B. die Salze einer Säure, so kann ich aus den Resultaten die Constitution der Säure, ihr Mischungsgewicht, ihre Sättigungscapacität u. s. w. finden, oder mit anderen Worten, ich kann

eine Reihe von Fragen beantworten, welche für die Theorie von Wichtigkeit sind. Analysire ich hingegen Schiesspulver, Metalllegirungen, gemengte Arzneimittel, Pflanzenaschen u. s. w., so ist mein Zweck ein anderer, ich will alsdann durch meine Resultate keine theoretischen Fragen der Chemie lösen, sondern ich strebe danach, entweder Künsten und Gewerben, oder auch anderen Wissenschaften einen Dienst zu leisten. Will ich meine Resultate einer Controle unterwerfen, so kann ich im ersten Falle meistens den Weg der stöchiometrischen Berechnung wählen, im letzteren aber müssen die Resultate durch Wiederholung der Analyse Bestätigung erhalten.

Wenn wir das eben Angeführte richtig erwägen, so muss uns die ausserordentliche Wichtigkeit der quantitativen Analyse klar vor Augen treten, es muss uns deutlich werden, wie sie die Chemie erst zur Wissenschaft gemacht hat, indem sie uns die Ausgangspunkte zur Ermittlung der Gesetze bot, nach welchen sich die Elemente vereinigen und umsetzen. Die ganze Stöchiometrie ist auf ihre Resultate gegründet, alle rationellen Ansichten über die Constitution der Verbindungen stützen sich darauf, als auf die einzige feste und sichere Basis. —

Für die Chemie als Wissenschaft ist sonach die quantitative Analyse der stärkste und mächtigste Hebel, für die Chemie in ihrer Anwendung auf das Leben, auf andere Wissenschaften, Künste und Gewerbe ist sie es in nicht geringerem Grade. Dem Mineralogen gibt sie Aufschluss über die wahre Natur der Mineralien, sie gibt ihm Haltpunkte zur Erkennung und Eintheilung derselben; dem Physiologen ist sie ein nicht zu entbehrendes Hülfsmittel; der Landwirthschaft ist daraus bereits grosser Vortheil erwachsen, ungleich grösserer aber steht für sie noch in Aussicht. Der Nutzen, den sie der Medicin und Pharmacie, sowie der Industrie und dem Handel direct und indirect gewährt, bedarf am wenigsten der Auseinandersetzung. — Jede Wirkung aber hat ihre Gegenwirkung. Die quantitative Analyse gab der Stöchiometrie ihre Begründung, die stöchiometrischen Gesetze aber geben uns ein Mittel ab, die Resultate der Analysen auf eine Weise zu controliren, wodurch sie erst den Grad von Zutrauen erhalten konnten, welchen wir ihnen jetzt in den meisten Fällen zu schenken berechtigt sind. — Die quantitative Analyse förderte die Industrie, dafür erhalten wir jetzt Platin-, Glas- und Porzellangefässe, Kautschukwaaren u. s. w. von einer Vollkommenheit und Zweckmässigkeit, ohne welche eine so genaue Ausführung chemischer Analysen, wie wir sie jetzt gewohnt sind, ausserordentlich schwierig, um nicht zu sagen unmöglich wäre.

So sehr aber auch hierdurch die quantitative Analyse erleichtert wird, und so bedeutend auch durch die Vervollkommnung der Maassanalyse viele Bestimmungen abgekürzt werden, so bleibt doch die quantitative Analyse immerhin ein sehr zeitraubendes Geschäft, besonders da man von Anfang bei ihrer Ausführung nicht Vieles zugleich vornehmen kann, ohne die Genauigkeit des Resultats mehr oder weniger zu beein-

trächtigen. Jedem, der sich mit ihrer Erlernung beschäftigen will, rathe ich daher, sich mit einem gehörigen Vorrath von Geduld zu wappnen, damit sie ihm auf dem Wege alsdann nicht mangle.

Die Erwerbung der nothwendigen Sicherheit in der quantitativen Analyse, die Aneignung des unentbehrlichen, auf erhaltene Resultate gegründeten Selbstvertrauens ist ein Ziel, welches nicht stürmend erreicht werden kann, sondern zu dem man nur allmählich und Schritt vor Schritt gelangt. — So mechanisch und somit ermüdend und langweilig nun aber auch die Ausführung zuweilen erscheinen mag, so lohnend sind gute Resultate, so unangenehm freilich andererseits ungenaue. Wer sich daher das Studium der quantitativen Analyse zu einem nach Möglichkeit angenehmen machen will, der bestrebe sich, durch strenges, fast scrupulöses Einhalten aller Bedingungen, gleich von Anfang, wenn auch mit grösserem Zeitaufwande, gute Resultate zu erhalten. Ich kenne kaum einen aus praktischen Arbeiten unmittelbar hervorgehenden Lohn, welcher angenehmer wäre als der, recht übereinstimmende Analysen, recht genaue Resultate zu erhalten. Sie tragen ihren Lohn in sich und sind, selbst abgesehen von den dadurch zu erreichenden Zwecken, eine schöne Genugthuung für die verwendete Zeit und Mühe.

Die Körper, mit denen wir uns in dieser Anleitung beschäftigen werden, sind folgende:

I. Metalloide.

Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, (Selen), Phosphor, Chlor, Jod, Brom, Fluor, Stickstoff, Bor, Kiesel, Kohlenstoff.

II. Metalle.

Kalium, Natrium, (Lithium), Baryum, Strontium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Chrom, (Titan), Zink, Mangan, Nickel, Kobalt, Eisen, (Uran), Silber, Quecksilber, Blei, Kupfer, Wismuth, Cadmium, (Palladium), Gold, Platin, Zinn, Antimon, Arsen, (Molybdän).

Die in Klammern eingeschlossenen Elemente werden anhangsweise und kürzer behandelt, als die übrigen.

Bevor wir nun zur Betrachtung des Einzelnen übergehen, ist es vor Allem nothwendig, eine deutliche Uebersicht über das ganze Gebiet, über die Summe des zu Erlernenden zu erlangen. Diese Uebersicht gewinnen wir, indem wir die dem Werke zu Grunde liegende Eintheilung ins Auge fassen.

Es zerfällt vor Allem in drei Hauptabtheilungen. Die erste handelt von der quantitativen Analyse im Allgemeinen und bespricht in zwei Unterabtheilungen zuerst die Ausführung, sodann die Berechnung der Analysen, — die zweite umfasst die Darlegung specieller analytischer Methoden, und die dritte enthält eine Anzahl sorgfältig

ausgewählter Aufgaben, welche bei Erlernung der quantitativen Analyse zweckmässig zu Grunde gelegt werden können.

Ein klares Bild dieser Eintheilung wird die folgende Uebersicht gewähren.

I. Allgemeiner Theil.

A. Ausführung der Analyse.

1. Operationen.
2. Reagentien.
3. Formen und Verbindungen der Körper, in welchen sie von anderen abgeschieden oder ihrem Gewichte nach bestimmt werden.
4. Gewichtsbestimmung der Körper in einfachen Verbindungen.
5. Trennung der Körper.
6. Organische Elementaranalyse.

B. Berechnung der Analyse.

II. Specieller Theil.

1. Analyse der natürlichen Gewässer, insbesondere der Mineralwasser.
2. Analyse solcher Mineralien und technischen Producte, welche besonders häufig Gegenstand chemischer Untersuchung werden, einschliesslich ihrer blossen Prüfung auf Gehalt und Handelswerth.
3. Analyse der Pflanzenaschen.
4. Analyse der Bodenarten.
5. Analyse der Düngerarten.
6. Analyse der atmosphärischen Luft.

III. Uebungsaufgaben.

Anhang.

1. Analytische Belege.
2. Tabellen zur Berechnung der Analysen.

Einleitung

angewandte Mathematik, welche die Eigenschaften der quantitativen Verhältnisse...
...die Natur der Dinge, welche die Gesetze der Natur...
...die Natur der Dinge, welche die Gesetze der Natur...

I. Algebraischer Theil

1. Von den Zahlen...
2. Von den Potenzen...
3. Von den Wurzeln...
4. Von den Brüchen...
5. Von den Logarithmen...
6. Von den Kettenbrüchen...
7. Von den Binomischen Formeln...
8. Von den Binomischen Formeln...
9. Von den Binomischen Formeln...

II. Geometrischer Theil

1. Von den Punkten...
2. Von den Geraden...
3. Von den Ebenen...
4. Von den Körpern...
5. Von den Flächen...
6. Von den Körpern...
7. Von den Flächen...
8. Von den Körpern...
9. Von den Flächen...

III. Mechanischer Theil

1. Von den Kräften...
2. Von den Bewegungen...
3. Von den Schwingungen...
4. Von den Stößen...
5. Von den Widerständen...
6. Von den Widerständen...
7. Von den Widerständen...
8. Von den Widerständen...
9. Von den Widerständen...

Abschluss

1. Zusammenfassung...
2. Zusammenfassung...