Der Zweck dieser Vorlesungen ist, einen Überblick über die Rohstoffe, Apparate und Verfahren der chemischen Technik zu geben.

Durch diese wenigen Worte ist viel bezeichnet.

Denn Rohstoffe entnimmt die chemische Technik der Luft, dem Wasser und der Erde, der Pflanzen- und der Tierwelt.

Als Apparate dienen vielfach Kraftmaschinen und Heizvorrichtungen allgemeiner Art, die nur dem besonderen Zwecke angepaßt sind oder in diesem Zusammenhange besondere Ausbildung erhalten haben; daneben gibt es aber auch eine ganze Anzahl von Apparaten, die nur den Aufgaben der chemischen Industrie entsprechen.

Was endlich die Verfahren betrifft, so tritt die Besonderheit noch mehr hervor; diese sind meist eigentümlicher Art, rein chemisch oder, sofern physikalische Grundsätze mitbestimmen, wie in der Elektrochemie, doch vorwiegend chemisch.

Wenn also über dies alles ein kurzer Überblick gegeben werden soll, so muß man eine Auswahl treffen, und dies kann wiederum nur in der Weise geschehen, daß man das Wichtigste und Größte zur Anschauung bringt.

Dabei ist nicht zu vermeiden, daß chemische Formeln und Gleichungen zur Erklärung herangezogen werden. Um den Sinn der in chemischen Formeln vorkommenden Zeichen der Elemente jedesmal an die Hand zu geben, dient die folgende Zusammenstellung dieser Zeichen mit den Namen. Dabei finden sich die „Atomgewichte", d. h. die Gewichte, welche man den Atomen dieser Elemente zuschreibt, wenn das Gewicht des Wasserstoffatomes gleich 1 gesetzt wird. (Siehe Tabelle Seite 2.)

Im übrigen sollen Formeln und Gleichungen nur dienen, wenn es nötig ist, oder wenn sie den kürzesten Ausdruck für die Sache geben.

Bezüglich der Anordnung des Stoffes in den einzelnen Abschnitten, die wir vornehmen, sei folgendes vorausgeschickt.

Bei jeder Betrachtung technologischer Art hat sich die Aufmerksamkeit wesentlich auf vier Punkte zu richten. Wir stellen zusammen:

1. Die *Eigenschaften* des Stoffes oder der Stoffe, die zu be-

Ag	Silber	107,88	N	Stickstoff	14,01
Al	Aluminium	27,1	Na	Natrium	23,00
Ar	Argon	39,88	Nb	Niobium	93,5
As	Arsen	74,96	Nd	Neodymium	144,3
Au	Gold	197,2	Ne	Neon	20,2
B	Bor	11,0	Ni	Nickel	58,68
Ba	Barium	137,37	O	Sauerstoff	16,0
Be	Beryllium	9,1	Os	Osmium	190,9
Bi	Wismut	208,0	P	Phosphor	31,04
Br	Brom	79,92	Pb	Blei	207,10
C	Kohlenstoff	12,00	Pd	Palladium	106,7
Ca	Calcium	40,09	Pr	Praseodym	140,6
Cd	Cadmium	112,40	Pt	Platin	195,2
Ce	Cerium	140,25	Ra	Radium	226,4
Cl	Chlor	35,46	Rb	Rubidium	85,45
Co	Kobalt	58,97	Rh	Rhodium	102,9
Cr	Chrom	52,0	Ru	Ruthenium	101,7
Cs	Caesium	132,81	S	Schwefel	32,07
Cu	Kupfer	63,57	Sb	Antimon	120,2
Dy	Dysprosium	162,5	Sc	Scandium	44,1
Er	Erbium	167,4	Se	Selen	79,2
Eu	Europium	152,0	Si	Silicium	28,3
F	Fluor	19,0	Sm	Samarium	150,4
Fe	Eisen	55,85	Sn	Zinn	119,0
Ga	Gallium	69,9	Sr	Strontium	87,63
Gd	Gadolinium	157,3	Ta	Tantal	181,0
Ge	Germanium	72,5	Tb	Terbium	159,2
H	Wasserstoff	1,008	Te	Tellur	127,5
He	Helium	3,99	Th	Thor	232,4
Hg	Quecksilber	200,0	Ti	Titan	48,1
In	Indium	114,8	Tl	Thallium	204,0
Ir	Iridium	193,1	Tu	Thulium	168,5
J	Jod	126,92	U	Uran	238,5
K	Kalium	39,10	V	Vanadium	51,06
Kr	Krypton	82,9	W	Wolfram	184,0
La	Lanthan	139,0	X	Xenon	130,2
Li	Lithium	6,94	Y	Yttrium	89,0
Lu	Lutetium	174,0	Yb	Ytterbium	172,0
Mg	Magnesium	24,32	Zn	Zink	65,37
Mn	Mangan	54,93	Zr	Zirkonium	90,6
Mo	Molybdän	96,0			

sprechen sind. Denn von den Eigenschaften des Stoffes hängt die Art seiner Darstellung ebenso ab wie seine Verwendung. Nur wenn man die Eigenschaften klar vor Augen hat, kann man also das herrschende Verfahren der Gewinnung richtig beurteilen, auch erkennen, weshalb mehrere Verfahren nebeneinander bestehen, was nicht selten der Fall ist.

Wenn also die Eigenschaften, als zur Begriffsbestimmung gehörig, voranzustellen sind, so handelt es sich weiter darum, auszuwählen, welche davon wesentlich sind. Alle aufzuzählen ist nicht nötig. Aber die Eigenschaften, welche für die Verwendung in Betracht kommen, sind ebenso häufig physikalische wie chemische. Nicht jedes chemisch reine Chlornatrium ist für Speisesalz geeignet, und nicht jedes Zinkoxyd kann als Malerfarbe dienen. In beiden Fällen ist es die Aggregatform,

die entscheidet, also die physikalische Beschaffenheit, die bei chemisch gleicher Zusammensetzung oft erhebliche Unterschiede bedingt.

Ebenso war es eine Veränderung der physikalischen Beschaffenheit, welche die Schießbaumwolle für den Zweck, der im Namen bezeichnet ist, brauchbar machte, und zwar wurde der jetzt bekannte Erfolg erst 50 Jahre nach ihrer Entdeckung und nach unendlich vielen Versuchen, die Substanz in der zuerst bekannt gewordenen Form zu benutzen, langsam angebahnt.

Damit soll natürlich nicht gesagt sein, daß die chemischen Unterschiede an Bedeutung verlieren. Sie kommen vielmehr oft erst in diesem Zusammenhange recht zur Geltung. Glas für Fensterscheiben und Glas für Brillengläser ist verschieden auf Grund der chemischen Zusammensetzung. Dies und alles dergleichen ist für die Technik von großer Wichtigkeit.

Außer den chemischen und physikalischen Eigenschaften sind hier und da noch physiologische in Betracht zu ziehen: sie bedingen gewisse Vorschriften und sogar Verbote, welche auf die Technik bedeutenden Einfluß haben.

Natürlich würde es nun zu weit führen, wenn man alle physiologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften anführen wollte.

Aber die für die Sache wesentlichen Eigenschaften sind nicht nur beiläufig zu erwähnen, sondern an die Spitze zu stellen.

2. Ebenso wesentlich ist dann das *Vorkommen* der zu benutzenden Rohstoffe. Die chemische Industrie entnimmt der Luft, dem Wasser und der Erde, der Pflanzen- und der Tierwelt Rohstoffe in mehr oder weniger großen Mengen. Sie erzeugt daraus solche Werte, daß sie im wirtschaftlichen Leben eine der ersten Rollen spielt.

Was die Benutzung der Luft betrifft, so befinden wir uns in einer Periode der merkwürdigsten Entwicklung.

Von jeher hat der Sauerstoff mitgewirkt bei chemischen Prozessen, d. h. bei Oxydation und Verbrennung. Nachdem man nun dazu gekommen ist, ihn zu isolieren und in gepreßter Form dem Rettungsbetriebe, der intensiven Verbrennung zum Schweißen und Schneiden von Eisen usw. zugänglich zu machen, findet die Eroberung der Luft vor unseren Augen auch insofern statt, als der im ganzen sehr ungesellige Stickstoff doch allmählich bewogen wird, Verbindungen einzugehen und in solcher Form nutzbar zu werden. Daran aber knüpfen sich die größten Fragen, mit Rücksicht auf die Menge des Stickstoffs, der zur Verfügung steht, und den ungeheuer großen Bedarf an Stickstoffverbindungen, namentlich Ammoniak und Salpetersäure.

Ausserdem kommt noch die Kohlensäure der Luft hier und da zur Verwertung.

Das Wasser ist, sowie es vorkommt, d. h. als Betriebswasser und Gebrauchswasser immer von großer Wichtigkeit; auch im Wasser, namentlich im Meerwasser gelöste Stoffe, Chlornatrium, Brom- und Jodverbindungen haben ihren Wert.

Die größte Rolle unter den anorganischen Rohstoffen aber spielen die Bestandteile der Erdkruste.

Im ganzen nun kann man nur von den Bestandteilen der Atmosphäre sagen, daß sie überall zur Verfügung stehen, und daß sie, soweit unser Bedarf an Sauerstoff und anderen Bestandteilen der Luft reicht, in unbegrenzter Menge vorhanden sind.

Schon mit dem Wasser und den im Wasser gelösten Stoffen steht es wesentlich anders. Dies wird hervortreten, wenn es sich um Benutzung von Wasser für technische Zwecke, um Gewinnung von Chlornatrium, von Jod usw. aus dem Meerwasser handelt.

Bei den Rohstoffen endlich, welche aus der Erde zu entnehmen sind, ergibt sich eine sehr ungleiche Verteilung nach Menge und Beschaffenheit. Was zunächst die Menge betrifft, so stellt sich bei näherer Betrachtung oft heraus, daß ein berühmtes oder bekanntes Vorkommen nur eine mineralogische Seltenheit ist, welche für den Bedarf der Technik gar keine Bedeutung hat.

Für die Bedürfnisse des Lebens und der Technik kommt natürlich nur das in Betracht, was reichlich vorkommt; außerdem muß es zugänglich und benutzbar sein. Also die Menge und die Beschaffenheit des Vorkommens entscheidet zunächst über den Wert. Aber auch die Art des Vorkommens, insbesondere die von Zeit zu Zeit stattfindenden Neubildungen gewisser Rohstoffe haben ihre Bedeutung, insofern sie den Weg für die Darstellung gewiesen haben oder weisen.

Dies zeigt sich z. B. bei dem natürlichen Vorkommen von Soda und von Salpeter. Also: erst wenn die Verhältnisse des Vorkommens klargestellt sind, kann man den dritten Abschnitt der Besprechung richtig verstehen.

3. Das *Verfahren der Herstellung* oder diejenigen Verfahren, die nebeneinander bestehen oder noch um den Vorrang streiten. Das letztere Verhältnis findet sich häufig, gleich bei Chlornatrium und bei Soda. Man muß sich also die Vorzüge des einen und des anderen Verfahrens klarmachen; man findet, daß dabei häufig die entstehenden Nebenprodukte sowie die Rückstände von großer Wichtigkeit sind und muß diese ihrem Wesen nach bezeichnen, denn das technische Verfahren ist nicht etwa eine blosse Vergrößerung des auf wissenschaftlichem Wege Gefundenen, sondern das nach Berechnung der Kosten

mit Vorteil durchführbare Verfahren. Es kommt im technischen Betriebe nicht darauf an, daß man schnell zum Ziele kommt oder leicht ein reines Produkt erzielt, wenn die Berechnung des Ergebnisses nicht auch dafür spricht; in erster Linie handelt es sich immer darum, daß man mit Vorteil arbeitet.

Es werden die umständlichsten Einrichtungen getroffen, wenn sie dazu führen, die Verluste gering zu machen. Außerdem wird besonders auf große Produkte, die wenn möglich als solche zu benutzen sind, hingearbeitet. Weitere Reinigung und Neuarbeitung dieser ersten, großen Produkte tritt nur ein, wenn es durchaus nötig ist, und dann nur soweit, wie es das Bedürfnis erfordert.

Kurz alles hängt im technischen Betriebe von einer Berechnung der Ergebnisse, der Nebenprodukte, der Rückstände, der Kosten usw. ab, also von Dingen, welche bei der Arbeit im Laboratorium meist keine solche Bedeutung haben.

Im Laboratorium sieht man die Heizung der Apparate als etwas Selbstverständliches an; in der Technik spielt die Heizung eine große Rolle bei der Berechnung. Wenn man daher einen Betrieb ohne Heizung, d. h. auf Kosten der Sonnenwärme führen kann, wie gleich am Beispiele des Chlornatriums zu zeigen ist, bedingt dies einen Vorzug. Ferner ist die Erzielung geeigneter Temperatur Gegenstand der fortlaufenden Entwicklung. Im Laboratorium ist meistens die Reindarstellung das Endziel; in der Technik kommt die physikalische Beschaffenheit und vieles andere in Betracht. Deshalb eben ist „technisch durchführbar" etwas ganz anderes als: nach chemischer Gleichung oder physikalischer Formel möglich; darum haben auch die Apparate und die Wirkungsweise derselben in der Technik eine ganz andere Bedeutung als im Laboratorium.

4. Die *Verwendungen.* Dies ist nicht etwa ein unwesentlicher Abschnitt. Denn man muß sich stets bewußt sein, daß in der Technik nichts um seiner selbst willen hergestellt wird, sondern nur, weil es gebraucht wird.

Das beste Verfahren und das schönste Produkt hat in diesem Zusammenhange gar keinen Wert, wenn die Verwendung mangelt. Findet dagegen allgemeiner Verbrauch statt, so erlangt alles größere Bedeutung. Jede kleine Verbesserung wird zu großem Fortschritt, wenn es sich um Salz, Soda, Schwefelsäure, Zucker usw., kurz: um einen Gegenstand des allgemeinen Bedarfs handelt. Außerdem hängt von der Art der Verwendung meistens ab, welcher Reinheitsgrad des Produktes verlangt wird. Ist es ein Rohprodukt, welches weiterverarbeitet wird, so sind natürlich nicht die Anforderungen zu stellen, die für andere Ver-

wendungen unerläßlich sind. So ist es ein großer Unterschied, ob Chlornatrium auf Soda verarbeitet oder als Speisesalz in den Verkehr gebracht werden soll. Solche Unterschiede bedingen sogar besondere Einrichtungen, die als Denaturierungsverfahren zu erläutern sind.

Aber auch in weniger auffallendem Zusammenhange hat die Art der Verwendung fast immer ihre Bedeutung. Sie bedingt nicht bloß den Umfang des Betriebes; sondern auch die Beschaffenheit der Produkte.

Also sieht man, daß von den bezeichneten vier Punkten ein jeder geeignet ist, die volle Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen; auch geht aus dem Gesagten hervor, daß es sich empfiehlt, sie in der erwähnten Reihe aneinanderzureihen.

In der chemischen Groß-Industrie, die wir nach dieser Einleitung an die Spitze stellen, braucht man vor allem und in großer Menge:

Chlornatrium

als Mutterstoff für die größten Mengen der Natriumverbindungen, des Chlors und der Chlorverbindungen.

Diese κατ' ἐξοχὴν „Salz" genannte Verbindung ist nach ihrem Ursprung näher zu bezeichnen als: Seesalz, Steinsalz und Quellsalz.

Sie hat für den Technologen große Bedeutung und zwar nach allen vier Richtungen, die angegeben wurden. Voranzustellen sind also die

I. Eigenschaften, und zwar die für die Sache wesentlichen.

Seesalz oder Siedesalz sieht anders aus wie Steinsalz, und dies ist für die Benutzung nicht gleichgültig. Wir werden also gleich darauf geführt, physikalische Eigenschaften mit zu berücksichtigen.

Die beiden verschieden aussehenden Arten von Chlornatrium sind nicht durch ihre Zusammensetzung verschieden. Wenn sie beide genau der Formel NaCl entsprechen, d. h. auf ein Atom Natrium ein Atom Chlor enthalten, ist der Unterschied doch auffallend. Dieser Unterschied beruht auch nicht in der Kristallform. Man kann aus beiden die gleiche Grundform — den Würfel — aussondern und zwar durch Anwendung von mehr oder weniger Gewalt.

Die einzelnen Würfelchen sind aber verschieden zusammengefügt, so daß festgeschlossene, durchsichtige Würfel einerseits, weiße, undurchsichtige Körper mit einspringenden Ecken und Kanten anderseits entstanden sind.

Die ersteren sind nicht nur fester, sondern lösen sich auch langsamer. Da nun die Schnelligkeit der Lösung für eine Hauptverwendung