Seite
. . 407
. . 409
. . 409
. . 410
. . 411
. . 411
. . 413
. . 414
. . 414
. . 417
. . 418
. . 420
. . 421
. . 424
. . 426
. . 427
. . 427
. . 430
. . 431
. . 434
. . 435
. . 440
. . 440
. . 450
. . 459
. . 464
. . 470

EINLEITUNG.

„Mens agitat molem."

Die Technologie lehrt, in welcher Weise die Rohstoffe den Menschen nutzbar zu machen und zu veredeln sind. Das Wort stammt aus dem Griechischen und bedeutet im ursprünglichen Sinne „Kunstlehre"; sie umfaßte die Grundsätze, nach denen die Behandlung der Darstellung einer Kunst zu geschehen hat. In neuerer Zeit hat sich allerdings die Bedeutung des Wortes verschoben, es wird ganz allgemein und eindeutig zu dem Zwecke gebraucht, das weite Gebiet der Stoffveredlungen zu umschreiben.

Je nach den Verfahren, die zur Veredlung der Rohstoffe, die uns Allmutter Natur in so reicher Fülle bietet, herangezogen werden, unterscheidet man zumeist zwischen mechanischer und chemischer Technologie. In das Gebiet der mechanischen Technologie fallen alle jene Verfahren, die ausschließlich oder doch mindestens vorwiegend eine Formveränderung der Rohstoffe bezwecken. Die weitere Verarbeitung der Metalle durch Gießen, Walzen, Ziehen, Prägen usf., die Herstellung und Verarbeitung der Gespinstfasern, das Spinnen und Weben, die Verarbeitung des Holzes zu Holzschliff, die Holzindustrie usf. sind demnach Verfahren, die in das Gebiet der mechanischen Technologie gehören, ebenso wie ihr die Müllerei zuzuzählen ist, denn bei der Verarbeitung des Getreides zu Mehl findet nur eine Zerlegung, aber keine Umwandlung der schon vorhandenen Bestandteile des Getreidekornes statt.

Alle jene Vorgänge dagegen, bei denen auch eine Umwandlung der stofflichen Eigenschaften, nicht bloß eine Änderung des Zustandes des Rohmateriales vorgenommen wird, gehören in das Gebiet der chemischen Technologie. Durch die Müllerei wird das Getreide in Mehl verwandelt, das Mehl war schon im Getreidekorne enthalten. Wird das Mehl aber zu Brot verarbeitet, so treten stoffliche Veränderungen auf, die Stärke des Mehles wird verkleistert und geht zum Teile in Dextrin über, wir haben es also hier mit einer Veränderung der Substanz durch chemische Vorgänge zu tun. Die Verarbeitung der Erze zum Zwecke der Darstellung der darin in Form chemischer Verbindungen enthaltenen Metalle, die Bereitung der Säuren und

der Alkalien, der Sprengstoffe und des Glases, die Färberei und die Gärungsgewerbe, die Seifen- und Zuckerfabrikation, die Gerberei, die Darstellung organischer Säuren und zahlreiche andere Verfahren sind dagegen Beispiele für stoffliche Umwandlungen, die mithin in das Gebiet der chemischen Technologie gehören.

Manche dieser Verfahren sind unbedingt schon sehr alt. Wir wissen, daß die Abscheidung des Kupfers aus seinen Erzen und die Darstellung einer Kupferlegierung, der Bronze, schon in einer früheren Epoche bekannt war und ihr den Namen „Bronzezeit" verlieh, weil damals alle wichtigen Geräte, sowohl Werkzeuge als Waffen — im Gegensatze zur vorangegangenen „Steinzeit" — aus Bronze verfertigt wurden. Da die Abscheidung des Eisens aus seinen Erzen weniger leicht erfolgt, fällt die Verdrängung der Bronze durch das Eisen erst in eine spätere, fortgeschrittenere Zeit. Auch Färberei und Gärungsgewerbe wurden schon seit Jahrtausenden ausgeübt, den alten Völkern war auch die Kunst der Glasbereitung bekannt, Seife wurde im Mittelalter zuerst gewerbsmäßig dargestellt. Frühzeitig erlangte auch die Metallurgie, die Gewinnung der Metalle aus den Erzen hohes Ansehen und Bedeutung — überhaupt sehen wir, daß mit dem Fortschreiten und der Entwickelung der Kultur die Ausbildung der Technologie Hand in Hand ging. Die Bestrebungen liefen immer darauf hinaus, Naturschätze den Menschen zu erschließen und nutzbar zu machen, die Zahl der das Leben angenehmer und müheloser machenden Vorgänge zu vermehren und neue Werte zu schaffen.

Allerdings besteht ein großer Unterschied zwischen einst und jetzt hinsichtlich der Anwendung technologischer Verfahren. Während in früheren Zeiten nur durch Zufall Gefundenes angewendet wurde und Verbesserungen auch meist nur dem Zufalle zu verdanken waren, während man früher über die bei chemisch-technischen Verfahren stattfindenden Vorgänge nur falsche oder mangelhafte, oft sogar geradezu abenteuerliche Vorstellungen besaß, sich schließlich auch um das „weshalb und wie" nicht allzuviel kümmerte, ist dies seit etwas mehr als einem Jahrhunderte gründlich anders geworden. Wir dürfen nicht übersehen, daß damals auch die Wissenschaften und vor allem die Chemie nicht jene Pflege fanden, wie jetzt. Wohl begann man sich auch schon frühzeitig mit dem Studium der stofflichen Veränderungen der Körper zu befassen, aber die Methoden, die

man anwendete, waren unvollkommen, die Deutung der Wahrnehmungen beeinflußt von falschen Voraussetzungen. Astrologie und Mystizismus spielten eine hervorragende Rolle, und das Streben der Chemiker längst vergangener Jahrhunderte, der „Alchymisten", war vor allem darauf gerichtet, unedle Metalle in edle zu verwandeln, mit einem Worte Gold zu machen.

Dieser Traum beschäftigt heute allerdings wieder die Chemiker, und vielleicht sind wir seiner Verwirklichung näher, als man denkt. Aber es handelt sich heute nur mehr um ein rein wissenschaftliches Problem, um einen weiteren und wichtigen Schritt im Naturerkennen, und dafür besäße es die gleiche Bedeutung, ob die „Transmutation" von Blei in Gold oder von Silber in Eisen gelingen würde. Auch sind die Mittel und Wege, die zu diesem Ziele führen können und sollen, andere als einst; unsere Anschauungen vom Wesen der Dinge haben sich gründlich geändert, und nur durch ruhiges Fortschreiten auf dem Wege der Erkenntnis, mit offenem Blick, der durch keine unbewiesenen Annahmen getrübt ist, läßt sich dieses Ziel, aber auch manch anderes, für das Menschentum weit wichtigere und bedeutungsvollere, als die Umwandlung der Metalle, erreichen.

Die Tätigkeit der Alchymisten war jedoch durchaus nicht für die Allgemeinheit verloren. Wenn ihnen die Verwirklichung ihrer Absicht auch nicht gelang, so fanden sie doch auf ihrem Wege so manche wichtige Erscheinung, sie lehrten die Darstellung neuer Verbindungen, bereiteten überhaupt richtiges Naturbetrachten und Naturerkennen vor. Ihr Tun und Handeln entsprang den Anschauungen, die damals überhaupt galten und als unumstößlich angesehen wurden, und wir dürfen deshalb nicht gering von ihnen denken, sondern müssen sie geradezu als Vorläufer der Neuzeit auf wissenschaftlichem Gebiete ansehen.

Diese neuen Anschauungen konnten sich allerdings erst bilden, als man begann, die stofflichen Veränderungen nicht nur nach der qualitativen, sondern auch nach der quantitativen Seite zu verfolgen. *Lavoisiers* Verdienst war es, zuerst diesen Weg beschritten zu haben, und mit ihm beginnt eine neue Epoche in der Chemie, ja wir können von da ab überhaupt erst die Chemie als Wissenschaft bezeichnen. Nun war die Richtung gegeben, in der sich die Forschung zu bewegen hatte, Entdeckung reihte sich an Entdeckung, und so entstand in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit das gewaltige, fest gegründete Gebäude der wissen-

schaftlichen Chemie, in dem es weder Mutmaßungen noch Axiome, sondern nur Tatsachen und Wahrheiten gibt, die logisch miteinander verknüpft sind und sich gegenseitig voraussetzen und bedingen.

Diese Entwickelung der reinen, wissenschaftlichen Chemie hat nun den größten Einfluß auf unser Gebiet, auf die chemische Technologie genommen. Wir erwähnten schon, daß ursprünglich alle bekannten, auf chemischer Grundlage fußenden Vorgänge rein handwerksmäßig betrieben wurden. Man arbeitete nach erprobten Verfahren und Vorschriften, die sich vom Vater auf den Sohn vererbten, die Hauptsache blieb immer die Erreichung des Zieles, wobei man sich um das Wesen der Sache nicht viel kümmerte, auch die quantitative Seite blieb zumeist unbeachtet. Man stellte aus den Erzen Eisen dar und unterschied bald ärmere und reichere Erze, die weniger oder mehr Eisen lieferten; über die Größe der „Ausbeute" vermochte man sich jedoch kein Bild zu machen, weil es ja auch an Methoden fehlte, den Gehalt der Erze zu ermitteln. Der Brenner leitete Gärungsvorgänge ein und destillierte in primitiven Apparaten den Alkohol ab, — wieviel gärungsfähiger Zucker in der Maische enthalten war, welche Menge Alkohol überhaupt gewonnen wurde, blieb unberücksichtigt, weil man weder über das Wesen der Gärung, noch über die mit ihr Hand in Hand gehenden Umwandlungen richtige Vorstellungen besaß und daher auch nicht befähigt war, sie quantitativ zu verfolgen.

Erst die wissenschaftliche Chemie hat hier Wandel geschaffen. Sie studierte die Vorgänge und ermittelte die Umstände, unter denen sie am günstigsten verlaufen, sie suchte neue Wege, die besser waren als die alten, sie erschloß endlich neue Möglichkeiten, lehrte neue Grundstoffe und Verbindungen kennen und führte schließlich zu einer Beherrschung des Stoffes, die früher undenkbar gewesen. All dies war aber nur durch den Ausbau der chemischen Wissenschaft überhaupt möglich, durch die stille Arbeit der Forscher und die Umsetzung ihrer Entdeckungen in die Praxis. Früher behauptete man wohl, die Wissenschaft sei Selbstzweck — von dieser Anschauung ist man inzwischen abgekommen. Die Wissenschaft hat vor allem die Aufgabe, all das, was wir unter dem Begriffe „Kultur" zusammenfassen, zu fördern und ihr letztes Ziel ist — nach der *Ostwald*schen Definition — die Zukunft voraussehen zu lehren. Dies mag zunächst paradox klingen, doch lehrt ruhiges Nachdenken sofort, daß diese Fassung des Begriffes unbedingt richtig ist. Die Wissenschaft stellt Tat-

sachen fest und lehrt die Umstände, unter denen sie in Erscheinung treten. Das Wesen der Tatsache beruht aber darauf, daß sie nicht nur einmal oder zufällig sich einstellte, sondern daß sie sich immer wieder und unter allen Umständen, an jedem Punkte der Erde wiederholt, wenn die Voraussetzungen die gleichen sind. Die Wissenschaft lehrte mithin, daß gewisse Voraussetzungen nötig sind, um eine bestimmte Erscheinung beliebig oft hervorzurufen, wir wissen mithin schon im voraus, was sich in Zukunft ereignen wird, wenn wir gewisse Vorbedingungen herstellen — und haben somit gelernt, auf Grund der Erfahrung in die Zukunft zu sehen und ferner, viele Vorgänge so zu leiten, daß sie sich in einer für unsere Zwecke erwünschten Form abspielen.

Diese Zweckmäßigkeit ist aber der Grundzug aller Verfahren, die für chemisch-technische Umformungen angewendet werden. Es handelt sich um die Nutzung der Rohstoffe und Rohenergien und um ihre Umformung in Stoffe, die zur Befriedigung des Bedarfes der Menschen tauglich sind. Die Wissenschaft lehrte die qualitative und quantitative Seite dieser Vorgänge, die angewandte oder technische Chemie hat die Aufgabe, die im Laboratorium des Forscher gefundenen Tatsachen in die Praxis umzusetzen, wobei sie ihr Augenmerk auch auf die Vereinfachung und Verbesserung der Operationen, z. B. durch Ersparnisse an Brennmaterial und Zeit, bessere Ausbeuten usf. zu richten hat.

Die wissenschaftliche und die angewandte Chemie sind daher Geschwister, die dasselbe wollen und nur zum Zwecke der besseren Ausnutzung der vorhandenen Energien sich in das Arbeitsgebiet teilten. Was die wissenschaftliche Chemie findet, stellt sie der angewandten zur Verfügung, und diese stellt ihre Schwester wieder vor neue Aufgaben und Probleme. Die wissenschaftliche Chemie geht aber noch einen Schritt weiter. In ihren Bestrebungen um richtiges Natur-Erforschen und -Erkennen ist es ihr gelungen, aus den vorhandenen Rohstoffen zahlreiche neue Körper aufzubauen, die teils bisher nur in der belebten Natur gebildet werden, teils überhaupt nur in der Retorte sich darstellen lassen. Das Alizarin, der wirksame Bestandteil des Krappfarbstoffes, und der Indigo werden heute auf künstlichem Wege direkt aus den Rohstoffen, ohne Vermittelung der Pflanze erzeugt, und die Zahl neuer Verbindungen, mit denen uns besonders die organische Chemie beschenkte, die wir besser als „Chemie der Kohlenstoffverbindungen" bezeichnen, ist Legion. Unter diesen neuen Verbinden sind viele, die sich durch

ganz besondere Eigenschaften auszeichnen, denen heilende Kräfte innewohnen, oder die nur als Zwischenprodukte zur Darstellung anderer Stoffe Bedeutung besitzen. Aufgabe der technischen Chemie ist es, diese Stoffe darzustellen und in den Dienst des Menschen zu bringen, und weil die Quelle, aus der sie schöpft, die wissenschaftliche Chemie, unendlich fließt, so ist auch ein Ende der Entwicklung der technischen Chemie und der chemischen Technologie nicht abzusehen. Immer tauchen neue Probleme auf, viele wurden schon gelöst, an anderen wird emsig gearbeitet.

Die grundlegende Wissenschaft für das Gebiet menschlicher Tätigkeit, in das wir uns nun begeben wollen, ist die Chemie. Sie lehrt die Eigenschaften der einfachen Körper oder Elemente und die Bedingungen, unter denen diese zu neuen Stoffen, zu chemischen Verbindungen zusammentreten. Als jüngere, doch ebenbürtige Schwestern stehen der reinen Chemie der anorganischen und organischen Stoffe die analytische und die physikalische Chemie zur Seite. Die Aufgabe der analytischen Chemie ist es, die Verfahren, zur qualitativen Erkennung und zur quantitativen Bestimmung der Elemente und chemischen Verbindungen auszuarbeiten und Methoden zur raschen Ermittlung der Mengenverhältnisse der Stoffe zu ersinnen; die physikalische Chemie wendet physikalische Methoden zur Ermittlung bestimmter Eigenschaften der Verbindungen an, die gerade für viele technische Prozesse der neuesten Zeit von ausschlaggebender Bedeutung waren. Die Vereinigung von Stickstoff und Wasserstoff und von Stickstoff und Sauerstoff zu Ammoniak bzw. Salpetersäure war beispielsweise ein Problem, dessen Verwirklichung zwar in greifbarer Nähe stand, dessen Durchführung im großen aber scheiterte, weil die Ausbeuten zu gering waren und Bildung und Zerfall der entstehenden Stoffe — Ammoniak bzw. Salpetersäure — sich die Wage hielten. Hier hat — um nur ein Beispiel zu geben — die physikalische Chemie helfend eingegriffen, sie hat die Bedingungen dieses Zerfalles genau studiert und dadurch schließlich den Weg gewiesen, der einzuschlagen war, um die Darstellung von Ammoniak und Salpetersäure aus den Elementen, auf synthetischem Wege zu ermöglichen.

Welch große Bedeutung die analytische Chemie für die Durchführung chemisch-technischer Prozesse besitzt, liegt auf der Hand. Sie hat einerseits den Gehalt der Rohstoffe an den wertvollen Bestandteilen zu ermitteln, andererseits ihren Lauf

bis zum fertigen Endprodukte unausgesetzt zu verfolgen, denn nur dadurch lassen sich Fehler im Gange der Fabrikation entdecken, die Ausbeuten kontrollieren und gegebenen Falles verbessern. Sie übernimmt die Rolle des verläßlichen Buchhalters, der Soll und Haben unausgesetzt im Auge behält und jederzeit bereit ist, genauen Aufschluß über den Stand des Unternehmens hinsichtlich der finanziellen Gebarung zu geben. Was wäre die chemische Technik heute ohne analytische Chemie, ohne ständige Betriebskontrolle! Ein steuerloses Schiff, das, ein Spielball von Wind und Wellen, wohl nie den Hafen erreichen wird, für den es bestimmt war.

Unsere Kultur beruht auf der Ausbildung und Anwendung chemischer und technischer Verfahren im weitesten Sinne des Wortes. Es ist deshalb nicht nur wünschenswert, sondern notwendig, ja es gehört heute unbedingt zur „allgemeinen Bildung", daß das Verständnis für chemisch-technische Vorgänge auch in weitere Schichten eindringe. Alles was uns umgibt, unsere sämtlichen Gebrauchsgegenstände verdanken ihre Entstehung oder Vervollkommnung mehr oder weniger solchen Verfahren, und die gesamten Fortschritte der letzten Jahrzehnte hängen damit auf das innigste zusammen. Die Technik im weitesten Sinne des Wortes beherrscht heute die Welt und ebnet den Boden, auf dem sich Kunst und Wissenschaft ungehindert entfalten können. Einen ihrer am reichsten blühenden Zweige, die chemische Technologie gemeinverständlich darzustellen, ist die Aufgabe dieses Buches.

Man pflegt zumeist die chemische Technologie nach der Herkunft der Rohstoffe in die chemische Technologie der anorganischen und der organischen Stoffe einzuteilen. In die erste Gruppe gehören demnach alle chemisch-technischen Verfahren, die sich mit der Verarbeitung oder Veredlung von Urprodukten, wie der fossilen Brennstoffe, der Erze usf., dann mit der Darstellung wichtiger Stoffe, wie der Säuren und Alkalien, der Mineralfarben, des Glases, der Tonwaren, Mörtelstoffe etc. befassen, in die zweite jene, die von Rohstoffen des Pflanzen- oder Tierreiches ausgehen. Zuckerfabrikation und Gärungsgewerbe, die Verarbeitung der Fette und Öle, die Leim- und Gelatinefabrikation sind Beispiele dieser Art. Doch ist das Gebiet der chemischen Technologie organischer Stoffe noch weit größer, weil sie auch das ausgedehnte Feld der schon kurz angedeuteten synthetischen Chemie umfaßt. Die „organische Chemie" wird weit zweck-

mäßiger auch als „Chemie des Kohlenstoffes“ bezeichnet, weil alle organischen Verbindungen das Gemeinsame haben, daß sie Kohlenstoff enthalten. Die Verbindungen des Kohlenstoffes mit anderen Elementen, vor allem mit Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sind nun ungemein zahlreich, und auf diesem Gebiete ist es auch gelungen, Stoffe darzustellen, die in der Natur nicht schon fertig gebildet vorkommen. Die Darstellung solcher Stoffe, die das Ausgangsmaterial für das Heer der künstlichen Farbstoffe, für die Gruppe der synthetischen Arzneimittel, der künstlichen Riechstoffe bildet, sowie die Herstellung dieser Stoffe selbst fällt naturgemäß ebenfalls in das Gebiet der chemischen Technologie der organischen Stoffe. Die weitere Gliederung des zu behandelnden Gebietes ergibt sich dann von selbst, indem Körpergruppen, die die gleichen Grundstoffe enthalten, auch gemeinsam behandelt werden sollen.