

AUFGABEN DER CHEMISCHEN WISSENSCHAFTEN BEI DER ROHSTOFFBEREITSTELLUNG*

G. KEIL, K. H. BINTIG und G. FIEDRICH

Institut für Chemische Technologie der Akademie der Wissenschaften der DDR

Eingegangen am 20 April 1985
Vorgelegt von Prof. Dr. I. Szebényi

Summary

Demands to materials supply have reached a new quality. Not only has the number of materials to be supplied increased substantially, but also demands to purity and differentiation of effects have changed considerably. Processing industries must, by refinement and complex utilization of raw materials, overcompensate growing expenditures of the extractive industries, resulting essentially from worsening natural conditions of raw material extraction.

Wissenschaftliche Ergebnisse können nur dann ihre volle Wirksamkeit für die Gesellschaft erreichen, wenn sie erstens auf höchstem Niveau erarbeitet und wenn sie zweitens richtig in die naturwissenschaftlichen, technischen und gesellschaftlichen Zusammenhänge eingeordnet werden, was u. a. voraussetzt, daß der Wissenschaftler diese Zusammenhänge bereits bei der Aufgabenstellung erkennt.

Eine solche umfassende, komplexe Betrachtungsweise ist auch erforderlich, damit die chemischen Wissenschaften ihren Beitrag zur Sicherung von Umfang und Qualität der Rohstoffbereitstellung leisten können.

Die Sicherung der Rohstoffbereitstellung war immer ein schwieriges Problem für die Menschheit. Sie hat nachdrückliche Impulse für den technischen Fortschritt und die Entwicklung der Wissenschaften ausgelöst, insbesondere für die Entwicklung von Gewinnungs-, Aufbereitungs- und Aufschlußverfahren. Die gegenwärtige Situation unterscheidet sich in einigen Punkten von der Problematik vergangener Jahrzehnte, und daraus müssen wir auch die veränderten Aufgabenstellungen für die chemischen Wissenschaften ableiten.

Der Rohstoffbedarf hat eine neue Qualität erreicht. Die Zahl der Stoffe, die bereitgestellt werden müssen, ist erheblich gewachsen. Dabei haben die durch die systematische Arbeit gewonnenen Grundlagenerkenntnisse über die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen neue, hohe Anforderungen an die chemische Synthese ermöglicht. Auch die Ansprüche an die Reinheit der Stoffe und die Differenziertheit ihrer Wirkungen sind dadurch außerordentlich gestiegen. Die heutige Menge der chemischen Substanzen als auch die Breite der von

* Gastvortrag Prof. G. Keils September 1984 in Budapest

ihnen geforderten Eigenschaften und Wirkungen waren vor z. B. 30 Jahren noch unvorstellbar.

In diesem Zeitraum haben sich die Bedingungen für die Gewinnung der meisten Rohstoffe und auch deren Qualität verschlechtert. Wir haben es wahrscheinlich mit dem neuartigen Umstand zu tun, daß sich die natürlichen Bedingungen gegenwärtig schneller verschlechtern, als sich die wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten der extraktiven Industrie erhöhen. Auf die Möglichkeit einer solchen Situation hat Karl Marx bereits im vorigen Jahrhundert hingewiesen. Die Konsequenzen dieser Konstellation werden oft unterschätzt und dabei vor allem die naturgesetzliche Tatsache außer acht gelassen, daß die Arbeit gegen ein Konzentrationsgefälle meist eine Senkung der Entropie verlangt und in diesen Fällen unvermeidlich mit einem Anstieg der Aufwendungen verbunden sein muß.

Allerdings haben sich die naturwissenschaftlichen, technischen und — soweit wir unsere sozialistischen Verhältnisse betrachten — auch die gesellschaftlichen Möglichkeiten zur Sicherung der Rohstoffbereitstellung erweitert, was die Abwägung einer wesentlich größeren Anzahl von Varianten erlaubt und vor allem notwendig macht.

Unter diesen Bedingungen ist die Bedeutung einer richtigen und rechtzeitigen Reaktion auf veränderte Rohstoffsituationen erheblich gewachsen. Ungenügende Versorgung der Volkswirtschaft mit Einsatzprodukten oder Werkstoffen hätte in einem Wirtschaftskrieg, wie ihn uns imperialistische Staaten aufzwingen wollen, weitreichende Folgen für die gesamte Entwicklung.

Aus diesen Zusammenhängen läßt sich noch deutlicher die Richtung zukünftiger, langfristiger Arbeit erkennen: Die Rohstoffbereitstellung ist in Umfang und Qualität so zu gewährleisten, daß sie der erste Schritt zu einer nachhaltigen Intensivierung aller weiteren Verarbeitungsstufen ist. Es geht nicht nur darum, genügend Rohstoffe bereitzustellen, sondern der Volkswirtschaft müssen Einsatz- und Werkstoffe zur Verfügung stehen, mit denen die verarbeitenden Zweige erstens den erhöhten Aufwand der extraktiven Industrie wettmachen und zweitens den erforderlichen Zuwachs an National-einkommen für die gesamte Industrie erarbeiten können. Es müssen nicht nur genügend, sondern in diesem Sinne auch bessere Stoffe bereitgestellt werden. Diesen Anforderungen können die Chemiker nur gerecht werden, wenn sie von ihrem Spezialgebiet aus die gesamte Kette Wissenschaft-Technik-Produktion-Anwendung und Wiederverwendung der Stoffe überblicken und die Zusammenhänge, die sich hier ergeben, in ihren Aufgabenstellungen auch berücksichtigen.

In der chemischen Technologie gab es immer ein enges Wechselverhältnis zwischen dem Rohstoff, also dem Einsatzprodukt in ein Verfahren und der Gestaltung der Verfahren. In der Metallurgie, quasi eine Vorläuferin der chemischen Industrie, war z. B. die Konzentration des Metalles und seine

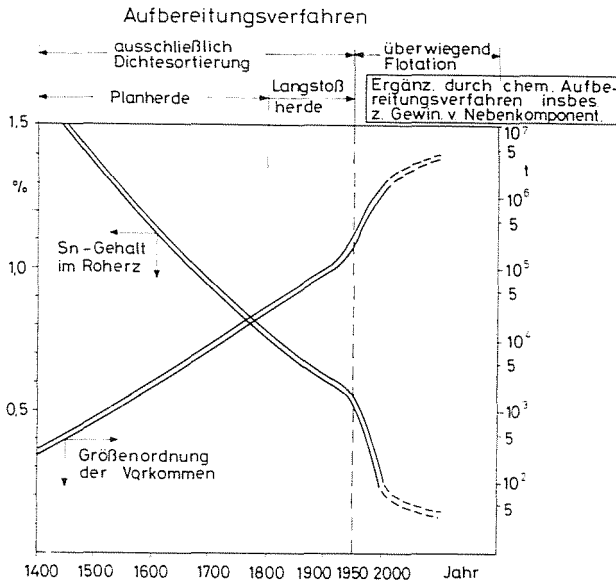


Abb. 1. Entwicklung der Aufbereitungsverfahren für Zinnerze mit sinkendem Metallgehalt

Verteilung im Erz und vor allem seine chemische Bindung das entscheidende Merkmal für die Güte des Rohstoffes. Ziel war es immer, mit möglichst wenig Aufwand Metalle zu gewinnen, die dann weiterverarbeitet werden konnten. Die Veränderung der Rohstoffqualität zwang dabei zu immer neuen technologischen Lösungen.

Am Beispiel der Zinnengewinnung im sächsischen Bergbaugebiet kann man nicht nur erkennen, daß sich die Technologie an die veränderten Rohstoffqualitäten und den steigenden Bedarf angepaßt hat, sondern man kann auch die historische Tendenz dieser Entwicklung deutlich machen. (Abb. 1)

Die Aufbereitung erfolgte historisch über einen langen Zeitraum fast ausschließlich mittels mechanischer Verfahren, die die Schwerkraft nutzten, also eine Sortierung nach der Dichte. Dabei ging mit abnehmendem Metallgehalt und wegen der meist wesentlich feineren Verteilung des Zielproduktes im Erz die Notwendigkeit einher, das Erz immer feiner aufzumahlen.

Weitere physikalische Kräfte konnten genutzt werden, als die elektromagnetischen und elektrostatischen Erscheinungen ausreichend erforscht waren. Später kam die Anwendung optischer Eigenschaften, z. B. der Fluoreszenz hinzu. Damit war eine Verbesserung der Aufbereitungsverfahren möglich, es war jedoch auch absehbar, daß die Ausnutzung der auf physikalischen Eigenschaften beruhenden Prinzipien an Grenzen stieß.

Einerseits war eine feinere Aufmahlung ökonomisch nicht vertretbar und andererseits wurde es schwieriger, die kleineren Gemengebestandteile mittels physikalischer Prinzipien mit dem notwendigen Anreicherungsseffekt zu trennen.

Ein qualitativ neues Aufbereitungsverfahren wurde mit der Flotation geschaffen, bei der physikalisch-chemische und chemische Unterschiede der Phasengrenzflächen genutzt werden. Hier kam der entscheidende Beitrag bereits von der Chemie. Gegenwärtig werden physikalische Verfahren der Aufbereitung, ohne daß sie an Bedeutung verlieren, zunehmend ergänzt durch chemische Verfahrensstufen. Deren Entwicklung und Anwendung — hier stehen selektive Laugungs- und Lösungsprozesse im Vordergrund — ist objektiv notwendig, weil ohne sie ein Teil unserer Rohstoffbasis gar nicht oder nur unvollkommen genutzt werden kann. Man kann hierbei erinnern an die Nutzung der großen Carnallitvorkommen der DDR, des Metallinhaltes der Kupferschieferhalden, aber auch eines beträchtlichen Teils der Braunkohlenressourcen in der DDR.

Die komplexe Nutzung einheimischer Erze und silikatischer Rohstoffe kann nur mit Hilfe ergänzender chemischer Aufbereitungsverfahren erreicht werden. Als Beispiele seien hier die selektive Trennung von Wolframtrioxid aus feinstverwachsenen Erzen durch Anwendung chemischer Prozeßstufen und der Aufschluß von Silikaten zur Abrennung von Al und Ti genannt.

Aus diesen Überlegungen ergeben sich zwei Schlußfolgerungen:

Erstens: Der entscheidende qualitative Schritt zur Nutzung von Erzen mit geringem Metallgehalt war wohl die Konzeption, als Einsatzprodukt nicht mehr das bergmännisch gewonnene Erz direkt einzusetzen, sondern eine Aufbereitung vorzuschalten, durch die in oft umfassenden Verfahren ein vereinheitlichtes Einsatzmaterial hergestellt wurde. Nur auf diesem Weg war der quantitative Zuwachs der Produktion auf den Gebieten der Stoffwandlung zu erreichen. Dieser Schritt ermöglicht es auch, aus unterschiedlichen Rohstoffen zu einem gleichartigen, d. h. unter gleichartigen Prozeßbedingungen verarbeitbaren Einsatzprodukt zu kommen, was die Voraussetzung dafür ist, die Prozesse rentabel zu gestalten, da sie dann konstant in der Nähe des technologischen Optimums geführt werden können. Diese Vorgehensweise, Rohstoffe der Natur vor ihrem Einsatz in der verarbeitenden Industrie aufzubereiten, hat sich nicht nur bei den Erzen durchgesetzt. Sie ist zu einem allgemeinen Prinzip der Rohstoffnutzung geworden.

Zweitens zeichnet sich eine deutliche Entwicklung der chemischen Aufbereitungsverfahren ab.

Aus der inneren Logik der bisherigen Entwicklung ergibt sich der weiterführende Schluß, daß in Zukunft die physikalischen und chemischen Aufbereitungsverfahren verstärkt durch biologische Verfahren ergänzt werden können.

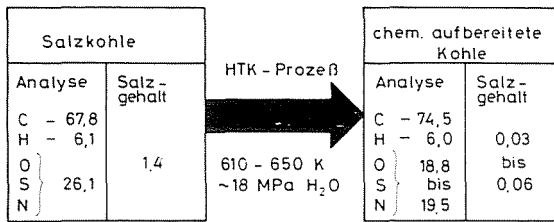


Abb. 2. Umwandlung von Salzkohle in Süßkohle durch chemische Aufbereitung (Angaben in Ma%),

Dies gilt auch für die fossilen Kohlenstoffträger, insbesondere die Kohle (Abb. 2), bei denen durch die Verschlechterung der Abbaubedingungen und die Änderung der stofflichen Lagerstättenzusammensetzung eine Anpassung der Aufbereitungsverfahren an qualitativ andere Rohstoffeigenschaften notwendig wurde.

Bisherige Verarbeitungsprozesse setzten neben einer zweckorientierten Kohleauswahl im wesentlichen nur Trocknung und Brikettierung als „Aufbereitungsstufen“ voraus.

In dem Maße, wie die für die verschiedenen Verarbeitungsprozesse günstigen Lagerstätten ausgekohlt werden und wirtschaftspolitische Notwendigkeiten die Nutzung auch anders zusammengesetzter Kohlen unumgänglich machen, werden andere Lagerstätten in die Nutzung einbezogen und es sind verstärkt Änderungen in der petrografischen Zusammensetzung, im Aschegehalt, in der Zusammensetzung der Kohlesubstanz und hinsichtlich der Beimengung von Sanden, Tonen und Salzen als qualitätsmindernde Faktoren zu verzeichnen.

Allein im Raum Halle-Leipzig und Egeln in der DDR lagern ca. 1,4 Mrd. Tonnen sogenannter Salzkohle. Sie enthält in der wasserfreien Kohlesubstanz mehr als 0,5 Masseprozent Na₂O und ist wegen dieses Salzgehaltes nur begrenzt einsetzbar. So erfordert z. B. die katalytische Hydrierung dieser Kohle eine wesentliche Senkung des Salzgehaltes. Dazu müssen neue Aufbereitungsverfahren eingeführt werden.

Abbildung 3 zeigt Ergebnisse der Umwandlung einer Salzkohle in ein hydrierfähiges Einsatzprodukt durch chemische Aufbereitung. Durch den hydrothermalen Kohleprozeß mit den Prozeßstufen Dispergierung, Vorheizung, Aufschluß, Fest/Flüssig-Trennung und Trocknung gelingt es, die Kohlesubstanz in eine kohlenstoffreichere feste und eine wasserstoffreichere Phase zu disproportionieren und die Salzlast dabei in wäßriger Phase abzutrennen. Der Salzgehalt der Kohle geht dabei im vorliegenden Beispiel von 1,4 Ma% auf 0,03—0,06 Ma% zurück.

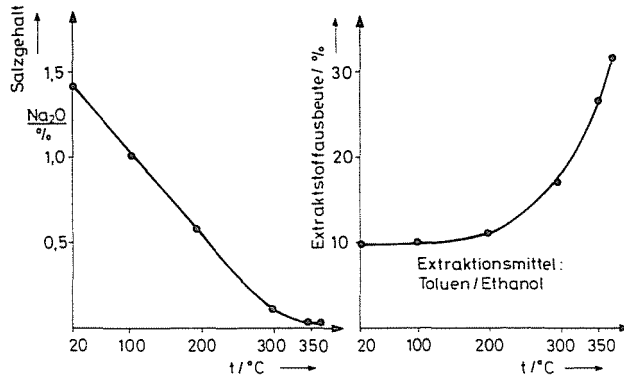


Abb. 3. Entsalzung und Erhöhung der Extraktstoffausbeute durch hydrothermalen Aufschluß

Gleichzeitig wird der Sauerstoff- und Schwefelgehalt, der eine Quelle für unerwünscht hohen Wasserstoffbedarf beim späteren Hydrierprozeß ist, deutlich abgebaut (Abb. 2). Die Wissenschaft arbeitet hier für die perspektivische stoffwirtschaftliche Nutzung unserer ballastreichen einheimischen Kohle. Daß dabei ein fundamentales Problem in Angriff genommen wurde, zeigt sich daran, daß mit seiner Lösung die Aufklärung weiterer carbochemischer Probleme verbunden ist.

Die tiefgreifende stoffliche Wandlung der Kohle führt nämlich nicht nur zur Entsalzung, sondern leitet durch die Disproportionierung der Kohlesubstanz (als einen künstlichen Inkohlungsprozeß) zu neuen technologischen Möglichkeiten der stofflichen Kohlenutzung über. Dabei konzentriert sich die Forschung darauf, durch die chemische Aufbereitung die Reaktivität der Salzkohle für nachfolgende Prozeßstufen, insbesondere der Hydrierung zu erhöhen und unterschiedliche Kohlequalitäten in ein gleichwertig verarbeitbares Einsatzprodukt zu überführen.

Wenn wir Rohstoffe mit sich verringerndem Wertstoffanteil aufbereiten, wächst die Masse der mitgeführten und mitverarbeiteten Begleitstoffe. Für die Gewinnung einer Tonne Zinn müssen bei uns rund 1000 t Erz gefördert werden.

Die Förderung von 300 Mio t Braunkohle ist mit der Bewegung von annähernd 1,2 Mrd. t Abraum und 1,5 Mrd. m³ Wasser verbunden. Es sind nicht nur Verfahren zu entwickeln, die die ursprünglichen Zielprodukte vollständig und aus immer ungünstigeren Rohstoffen gewinnen, sondern möglichst die gesamte geförderte Stoffmenge einer Nutzung zuführen. Diese Orientierung ist als komplexe Nutzung der Rohstoffe bekannt.

Die Vielfalt der Möglichkeiten und die Besonderheiten der Aufgabenstellung bei der Verarbeitung von Braunkohle werden in Abb. 4 gezeigt.

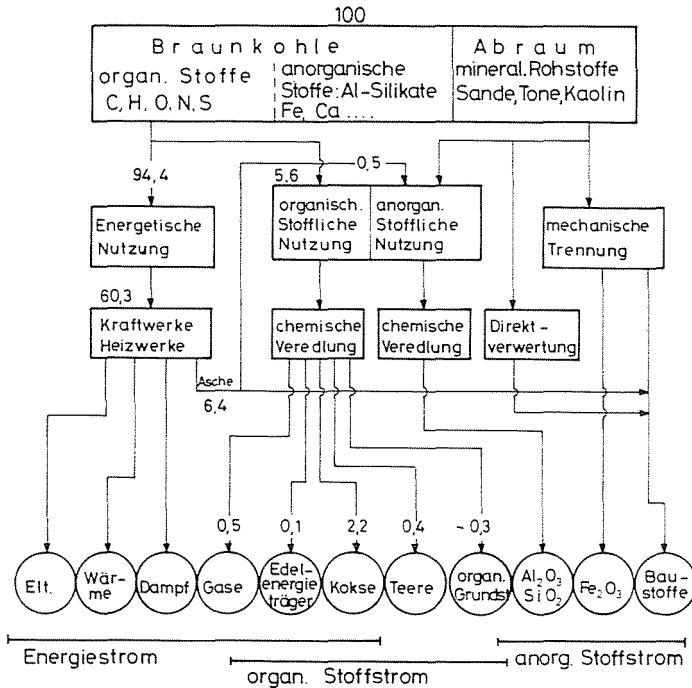


Abb. 4. Komplexe Nutzung der Braunkohle

Die vollständige, komplexe Nutzung des Rohstoffes beginnt hier damit, daß man zunächst den Begriff des Rohstoffes auch auf den Abraum ausdehnt und erkennt, daß aus dem bisher ausschließlich als Abfall angesehenen Abraum nutzbare Stoffe zu gewinnen sind.

Es gibt 3 Schwerpunkte, auf die sich gegenwärtig die komplexe stoffliche Nutzung der Braunkohle, einschließlich ihrer Begleitstoffe aus dem des Deckgebirges konzentriert.

Zunächst ist es die Nutzung der geförderten Tone, Kiese und Sande sowie des geförderten Wassers. Die Aufgaben des Chemikers liegen hier weniger bei der Gewinnung dieser Stoffe, die z. B. durch ein geeignetes Förderregime möglich wird, sondern bei ihrer weiteren Verarbeitung. Dies trifft auch für die Nutzung der organischen Substanz zu. Der organische Stoffstrom aus einheimischer Kohle wird in Zukunft nicht mehr vorwiegend aus den thermischen Zersetzungsprodukten der Kohle durch Schwelung und Verkokung (Teere, Leichtöle, Prozeßwässer, Koks) bestehen, sondern in steigendem Maße auch aus Syntheseprodukten wie z. B. Methanol, Harnstoff und deren Folgeprodukten, die über die Kohlevergasung zugänglich sind.

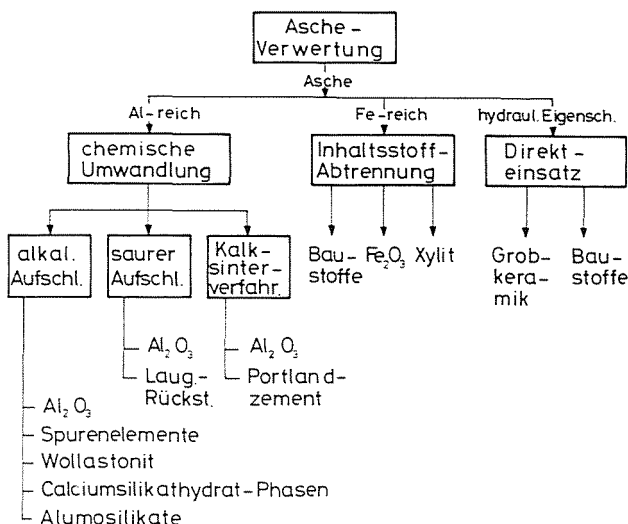


Abb. 5. Komplexe Nutzung von Kraftwerksaschen

Abbildung 5 zeigt die Nutzung der Verbrennungsrückstände der Braunkohle.

Rund 90% der geförderten Braunkohle werden z. Zt. in verschiedener Form verbrannt. Dabei entstehen annähernd 20 Mill. t Asche, die in Abhängigkeit von ihrem hydraulischen Verhalten oder ihrem Gehalt an Begleitprodukten wie Eisen, Xylit oder Aluminiumverbindungen im Direkteinsatz der Asche, durch Inhaltsstoffabtrennung oder chemische Wandlung verwendet werden können.

In diesen sogenannten Abprodukten ist bereits eine beachtliche Menge gesellschaftlicher Arbeit enthalten. Sie befinden sich bereits im Produktionsprozeß und benötigen für ihre vollständige Nutzung oft weniger gesellschaftlichen Aufwand als Naturstoffe. Gegenüber diesen entfallen die Kosten für Erkundung, Gewinnung, Zerkleinerung und zum Teil auch zur Trocknung. Dazu kommt im Falle der Kraftwerksaschen, daß diese oft kostenaufwendig deponiert werden müssen. Darin besteht ein *potentieller ökonomischer Vorteil* gegenüber dem Einsatz der traditionellen Rohstoffe, der durch geeignete Aufschlußverfahren realisiert werden muß. Das Bild zeigt die derzeit von Forschung und Entwicklung beschrittenen prinzipiellen Wege der chemischen Wandlung der Aschen durch alkalischen bzw. sauren Aufschluß und das Kalk-Sinter-Verfahren.

Im Institut für chemische Technologie werden Forschungsarbeiten zum alkalischen Ascheaufschluß durchgeführt, deren Ergebnisse kurz skizziert sind. Sie sehen, daß gerade dieses Verfahren neben Tonerde eine Reihe weiterer

Koppelprodukte liefern kann, z. B. *Begleitmetalle* niederer Konzentration, wie Gallium und Vanadium, *Wollastonit* als Keramikversatzbestandteil für Schnellbranntmassen, *Calciumsilikathydratphasen* als Füllstoffe für Plaste und Elaste sowie Fällungsprodukte aus Aufschlußlösungen, z. B. Alumosilikate.

Für alle Abprodukte, auch die Aschen, besteht das Problem darin, *den potentiellen Gebrauchswert dieser sehr komplex zusammengesetzten Stoffe bzw. der aus ihnen gewinnbaren Produkte zu entdecken und ihn durch geeignete Verfahren freizusetzen.*

Es ist wahr, daß es auf der Welt noch viel Bauxit gibt, aus dem man mit weniger Aufwand als aus den Aschen Aluminium herstellen kann. Es ist auch wahr, daß es auf der Welt noch viel Braunkohle gibt, die kein Natriumoxid enthält und zur Hydrierung ohne Vorbehandlung geeignet ist, ja es gibt auf der Welt z. Z. noch viel Erdöl, so daß man z. B. keinen anderen Weg zur Kraftstoff-Herstellung brauchte, wenn es in ausreichender Menge *verfügbar* wäre. Aber der gesellschaftliche Zusammenhang den der Chemiker beachten muß ist eben der, daß Rohstoffe im einfachen Sinne *nicht frei verfügbar* sind, auch die Transportkosten können den Bezug u. U. unmöglich machen und strategische Gründe können letztlich eine Entscheidung für die Nutzung des minderwertigen Einsatzproduktes herbeiführen. Der *Hauptweg* bei der Steigerung der Arbeitsproduktivität ist die *Intensivierung* (Abb. 6). Vor allem durch bessere Maschinen und Ausrüstungen mit denen das Material, also der Arbeitsgegenstand bearbeitet wird. Die *chemischen Wissenschaften* leisten jedoch auch einen *großen Beitrag zur Intensivierung*. Das heißt: der wichtigste Beitrag der Chemie zur Lösung unserer wirtschaftlichen Aufgaben ist die Bereitstellung von Stoffen mit neuen weitaus höheren Gebrauchseigenschaften.

Hier liegen die größten Reserven zur Entlastung unserer Rohstoffbilanz.

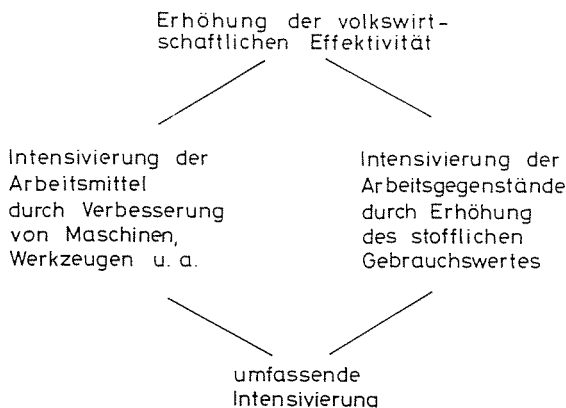


Abb. 6. Hauptwege der Intensivierung in der Stoffwirtschaft

Wenn es uns beispielsweise gelingt den genutzten Gebrauchswert eines Einsatzstoffes oder Zwischenproduktes zu verdoppeln, entspricht dies im Prinzip einer Halbierung des spezifischen Rohstoffeinsatzes.

Wir bedenken auch oft zuwenig, daß der Gebrauchswert nicht nur von Form, Geruch und ähnlichen Eigenschaften die der Mode stark unterliegen bestimmt wird, sondern daß Zuverlässigkeit, Wartungsarmut, Lebensdauer eine noch größere Bedeutung haben. Aus derartigen Forderungen lassen sich konkrete Anforderungen an die Stoffe ableiten. Diese erfüllen aber nicht automatisch ihre Funktion, sondern nur dann, wenn sie produktgerecht und eigenschaftsgerecht hergestellt und vor allem auch eingesetzt werden. Dafür sind natürlich gute Kenntnisse der Eigenschaften der Stoffe notwendig und die muß man bestimmen können!

Ich möchte in einem kurzen Satz zusammenfassen: Der Chemiker trägt deshalb eine so große Verantwortung für die Produktion, die Anwendung, die Wiederverwendung und in Sonderfällen auch für die Vernichtung der von ihm konzipierten Stoffe, weil er sie am besten kennt. Die Ausnutzung der Kenntnisse über die Struktur—Eigenschaftsbeziehungen ist eine der wichtigsten Möglichkeiten, durch die der Chemiker durch Intensivierung der Arbeitsgegenstände zur Rohstoffeinsparung und gleichzeitig zu einer besseren Bedürfnisbefriedigung beitragen muß. Ein solches Herangehen verlangt allerdings von ihm in gewisser Weise ein „übergreifendes“ Denken: Er muß über das Produkt, über die bloße Stückzahl, über die bloße Bereitstellung von Mengen hinaus auf den tatsächlichen gesellschaftlichen Effekt — die Bedürfnisbefriedigung sehen. Das ist keine selbstverständliche Betrachtungsweise.

Noch komplizierter werden die Anforderungen, wenn auch die *Wiederverwendung* der verbrauchten Produkte in die Überlegungen einbezogen werden sollen.

Abbildung 7 zeigt diese Gedanken nochmal schematisch: Die dargestellte Betrachtungsweise erfordert aber auch in einer anderen Richtung entscheidend vertiefte Kenntnisse, nämlich hinsichtlich thermodynamischer und kinetischer Daten der ablaufenden Reaktionen. Hier wird die Verantwortung des Chemikers für die Stufe der Technik und Produktion deutlich: Er muß dem Verfahrenstechniker Informationen liefern, die diesem ermöglichen, die großtechnisch ablaufenden Prozesse zunächst zu modellieren und anschließend zu optimieren. Dazu gehören Daten über

- die Kinetik sowie
- physiko-chemische Daten wie Viskosität, Oberflächenspannung u. a.
- die Gleichgewichtsthermodynamik sowie
- die Thermodynamik irreversibler Prozesse.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Aufklärung der kinetischen Zusammenhänge, die der Verfahrenstechniker dringend für die Dimensionie-

1. Schaffung und Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Intensivierung der Arbeitsgegenstände
2. Einordnung der erzielten Ergebnisse in die Kette:
 - Wissenschaft —
 - Technik —
 - Produktion —
 - Anwendung —
 - Wiederverwendung.

Abb. 7
Grundlegende Forderungen an die chemischen Wissenschaften

rung der Anlagen und die Ermittlung der technisch und ökonomisch optimalen Prozeßbedingungen benötigt. Dabei stellen heterogene Stoffgemische die größten Anforderungen. Ihre Beschreibung ist u. a. deshalb so schwierig, weil sich die aufzuklärenden Größen nicht additiv zusammensetzen und die zwischen ihnen herrschenden Wechselwirkungen nur unvollständig bekannt sind.

Besonders bei der Anwesenheit von heterogenen zusammengesetzten Festkörpern sind die z. Z. vorliegenden Informationen lückenhaft. Eine Optimierung der Verfahren und ihrer Stufen ist vielfach nicht möglich. Unter anderem wird die Morphologie der Festkörper bzw. die mineralische Phasenzusammensetzung anorganischer Stoffgemische viel zu wenig berücksichtigt. Die Folgen einer unzureichend komplexen Arbeitsweise zeigen sich oft an den Stellen, wo Prozeßstufen eines Prozesses miteinander verbunden sind.

Die chemischen Wissenschaften müssen also ihre zukünftige Arbeit vor allem bei der Bearbeitung grundlegender Fragen, also der Grundlagenforschung, in noch stärkerem Maße darauf ausrichten, Stoff- und Systemdaten zu gewinnen, die als rechnerische Grundlagen für die Prozeß- und Verfahrensgestaltung verwendet werden können. Diese Arbeit darf man nicht an die grundlegenden Ergebnisse anschließen, sondern muß sie von Anfang an in sie einschließen.

Wenn wir die Aufgaben der chemischen Wissenschaften innerhalb einer Kette betrachten, die von der Wissenschaft über die Technik, Produktion und Anwendung bis zur Wiederverwendung reicht (Abb. 7), stellen wir an jeden Chemiker große Anforderungen, und das nicht nur an den technologisch oder technisch orientierten Chemiker. Die Beurteilung wissenschaftlicher Ergebnisse unter Beachtung naturwissenschaftlicher, technischer und gesellschaftlicher Zusammenhänge ist eine wesentliche Voraussetzung für ihre Anwendbarkeit

und bestimmt entscheidend ihr wissenschaftliches Niveau. Diese Erkenntnisse müssen wir bereits den Studenten vermitteln, und selbstverständlich müssen wir sie auch in der eigenen Arbeit beherzigen.

Prof. Dr. Gerhard KEIL	}	Institut für Chemische Technologie der Akademie der Wissenschaften der DDR, 1199 Berlin Rudower Chaussee 5
Dr. K. H. BINTIG		
Dr. G. FIEDRICH		