

## Über die Ausbildung der Chemiker an Hochschulen.

Von Prof. Dr.-Ing. ERNST TERRES, Technische Hochschule Braunschweig.

Vorgetragen in der Fachgruppe für Unterrichtsfragen und Wirtschaftskemie auf der 42. Hauptversammlung des V. d. Ch. zu Breslau am 24. Mai 1929.

(Eingeg. 16. Juli 1930.)

Die Ausbildung der Chemiker an unseren Hochschulen ist ein Thema, das seit mehr als 30 Jahren in unserem Verein behandelt und als reformbedürftig empfunden wird und das immer dringlicher wiederkehrt, wenn unsere Wirtschaft vor neuen Phasen der Entwicklung steht und die Technik sich nach jungen Männern umsieht, in deren Tüchtigkeit sie eine Gewähr für die Sicherung der deutschen Führerstellung in der chemischen Industrie haben möchte. Die Klagen sind auch immer dieselben, und die Industrie macht immer erneut dieselbe Erfahrung, daß unsere Hochschulen in dieser Beziehung versagen, und wenn wir ehrlich sind, müssen wir einsehen, daß sie versagen müssen, denn die Reife der Ausbildung, die der Industrie vorschwebt, können die Hochschulen nicht als Durchschnitt leisten, abgesehen davon, daß hier sehr wesentlich auch Charaktereigenschaften mitsprechen. Es wird nie möglich sein, daß schon die Hochschulen eine Führerauslese treffen oder durch Vertiefung ihrer Ausbildung einen derart qualifizierten Nachwuchs als Durchschnitt schaffen. Junge Menschen, die einmal Führer werden, gehen auch in jungen Jahren eigene Wege, und gerade sie sind es, die sich nicht in eine systematische Ausbildung hineinzwingen lassen. Die einzige Aufgabe, die die Hochschulen lösen können, ist, das Niveau der großen Armee der wissenschaftlichen und technischen Chemiker, die sie mit einer Abschlußprüfung verläßt, zu heben. Tüchtige junge Menschen, die durch eine bevorzugte Begabung für den von ihnen gewählten Beruf ausgezeichnet sind, machen erfahrungsgemäß am wenigsten Gebrauch von der Fülle der Einrichtungen und Ausbildungsmöglichkeiten, die ihnen die Hochschule bietet, und bei der großen Masse der andern sind Vorbildung, Begabung und Fleiß so verschieden, daß es oft nur möglich ist, eine einigermaßen befriedigende Mittellinie zu halten. Aber durch den persönlichen Einfluß der Lehrer, durch Erhöhung der Anforderungen, Vertiefung der Ausbildung und rechtzeitiges Abdrücken der wirklich Unbegabten kann hier vieles gebessert werden, und hier liegt die einzige erfüllbare Aufgabe der Hochschule. Schwierig bleibt auch hier immer das rechtzeitige Abstoßen der weniger Begabten, und wer darf sich in der Mehrzahl der Fälle über den Grad der Begabung ein sicheres Urteil erlauben? Die Schule nicht, wie die Erfahrung vielfach gelehrt hat, und ich möchte davor warnen, den Hochschulen auch diese Aufgabe aufzubürden. Das Leben trifft viel schneller und sicherer die richtige Auslese. Die Mittelschulen müßten dagegen sorgfältiger prüfen, wem sie das Abgangszeugnis und damit die Berechtigung zum Hochschulstudium erteilen; aber seit das Abiturientenzeugnis immer mehr zu einer Art Zivilversorgungsschein herabgedrückt wird, erscheint mir eine Hilfe von dieser Seite hoffnungslos. Es wird also nicht zu vermeiden sein, daß die Hochschulen immer auch minderbefähigte Chemiker entlassen, aber nicht sie, sondern nur die Tüchtigen dürfen als Maßstab für die Leistung der Hochschulausbildung gelten. —

Wir stimmen alle darin überein, daß die Ausbildung in analytischer, anorganischer und organisch-präparativer Chemie so gründlich als irgend möglich geschehen muß, und soweit ich unterrichtet bin, wird über den heute

darin als Durchschnitt erreichten Wissensstand auch keine Klage geführt. Anders liegt es mit der Schulung in physikalischer Chemie, in die ich auch das Gebiet der Elektrochemie einbeziehe. Allgemein kann wohl festgestellt werden, daß für die Ausbildung auf diesem Gebiet die Mehrzahl der technischen Hochschulen besser eingerichtet ist als die Mehrzahl der Universitäten, und an den meisten technischen Hochschulen ist diese Disziplin auch mit Recht durch einen Ordinarius mit einem eigenen unabhängigen Institute vertreten. Die physikalische Chemie ist immer mehr die Grundlage der anorganischen Chemie geworden und hat sich auch schon wesentliche Gebiete der organischen Chemie erobert, während sie für die chemisch-technische Forschung, wenigstens auf anorganischem Gebiet, überhaupt das einzige Rüstzeug geworden ist. Ein erfolgreiches Studium und Arbeiten auf chemisch-technischem Gebiete muß heute eine gründliche Ausbildung in physikalischer Chemie als unerläßlich voraussetzen.

Ebenso verhält es sich mit der Schulung in Physik und der höheren Mathematik. Von letzterer genügt es für den Durchschnittschemiker, wenn er die Grundlagen beherrscht und die einfacheren Methoden der Integral- und Differentialrechnung zu handhaben versteht. Dagegen kann die Ausbildung in Physik nicht gründlich genug betrieben werden, und auch die Laboratoriums- praxis sollte für den Chemiker über das vorgeschriebene Praktikum mit dem üblichen Kolonnenbetrieb hinausgehen. Über diese Punkte besteht, soweit ich z. Zt. urteilen kann, auch Übereinstimmung in der Auffassung. Anders liegen die Dinge aber bezüglich der Durchbildung in technischer Chemie. Zunächst möchte ich eine Klarstellung in der Bezeichnung vorausschicken; darin besteht heute eine gewisse Verwirrung insofern, als von technischer Chemie, chemischer Technologie, Wirtschaftskemie, industrieller Chemie und chemischer Technik gesprochen wird. Während die letztere Bezeichnung in dem Sinne eindeutig ist, wenn darunter das chemische Apparatewesen verstanden wird, ist es mir nicht möglich, aus den anderen Bezeichnungen grundlegende Unterschiede herauszulesen. Und wenn gar, wie es schon geschehen ist, gesagt wird, daß für den Vertreter der technischen Chemie Industriepraxis Bedingung ist, eine solche beim chemischen Technologen aber nicht unbedingt erforderlich wäre, so ist mir dieser feine Unterschied nicht verständlich. Ich halte die Bezeichnung technische Chemie für das Zutreffendste. Aber darüber läßt sich streiten, wichtig ist nur, daß Einheitlichkeit in der Auffassung besteht. In der Bezeichnung technische Chemie ist Wirtschaftskemie und Apparatekunde eingeschlossen, denn technisch ist nur etwas, was auch wirtschaftlich ist und im Großbetrieb sich durchführen läßt. Darin liegt ja auch der wesentliche Unterschied mit den mehr theoretischen Disziplinen der Chemie, daß das wirtschaftliche Moment in den Vordergrund gestellt oder doch maßgebend für die Beurteilung herangezogen wird. Es genügt für den technischen Chemiker nicht, daß er neue Wege findet, sondern diese neuen Wege müssen wirtschaftlicher als die alten sein. Das bedeutet eine ganz wesentliche Einschränkung und eine grundlegende Verschiedenheit in der Einstellung gegenüber dem wissenschaftlichen Chemiker. Das Ziel der Technik ist,

absatzfähige Waren zu erzeugen und schließlich stehen alle wissenschaftlichen Forschungen im Dienste dieses Endzieles. Die alte Klosterweisheit: Suche die Wahrheit und frage nicht, was sie nützt — können wir uns als moderner Wirtschaftsstaat nicht mehr leisten oder wir können es wieder dann tun, wenn wir wieder reich genug sind, oder über Kräfteüberschuß verfügen; es wäre jedenfalls grundverkehrt, nach diesem Leitgedanken den Betrieb und die Ausbildung an unseren Technischen Hochschulen einzustellen.

Über die Notwendigkeit der chemisch-technischen Ausbildung bestehen wohl heute in unserem Kreise keine Zweifel mehr, nur gehen über die Art der Durchführung die Meinungen sehr auseinander. Das ist auch bis zu einem gewissen Grade verständlich, da die Anforderungen, die die Industrie an die technische Ausbildung stellt, ja nach deren Spezialzweig und Fabrikorganisation sehr verschiedene sind. Während z. B. Duisberg schon vor 30 Jahren jede Spezialausbildung der Chemiker entschieden ablehnte, glaubt Ost nur dann einen Erfolg im chemisch-technischen Unterricht erwarten zu können, wenn die wichtigsten Gebiete der chemischen Technologie von Spezialisten gelehrt würden; Binz hat auf den Zusammenhang zwischen chemischer Technologie mit Wirtschaftskemie hingewiesen und Max Buchner sieht den Kernpunkt des chemisch-technischen Unterrichts im Apparativen, in der Lehre der wirtschaftlichsten Ausführungsformen chemischer Verfahren, was er treffend als die „Mechanisierung chemischer Reaktionen“ bezeichnet.

Damit stimmt auch Schrauth mit ihm überein insofern, als er von dem technisch ausgebildeten Chemiker eine gründliche Kenntnis der maschinellen Hilfsmittel der chemischen Industrie verlangt.

In Wirklichkeit besteht nun zwischen diesen verschiedenen Ansichten kein grundlegender Widerspruch; die Lehre der technischen Chemie muß etwas Ganzes sein und hat all die gestellten Sonderwünsche zu umfassen und zu einem einheitlichen Unterrichtsgang zu verarbeiten. Insofern lehne ich die Auflösung des chemisch-technischen Unterrichts in Einzelgebiete, die ohne Zusammenhang und von verschiedenen Spezialisten gesondert gelehrt werden, ab, ohne aber die Notwendigkeit solcher Spezialvorlesungen und Übungen, die jedem Interessenten die Möglichkeit einer speziellen Ausbildung neben dem allgemeinen Unterrichtsgang bieten, zu leugnen. Wenn wir uns aber darüber klar sind, daß es nicht Aufgabe der Hochschule ist, Betriebsleiter und Spezialisten heranzubilden, eine Aufgabe, die die Hochschulen auch nicht leisten können und nicht dürfen, so ist es nicht schwer, das Gemeinsame und Verbindende zwischen allen chemischen Sondergebieten herauszugreifen und sowohl in wirtschaftlicher als in apparativer, als in chemischer und in physikalisch-chemischer Beziehung zu einem einheitlichen Gebiet zusammenzufassen, dessen Kenntnis dem Studierenden die richtige Auffassung der technischen Chemie und die richtige Einstellung gegenüber den Aufgaben der Industrie vermittelt und ihn sein Fachgebiet zeitlebens von einer höheren Warte sehen läßt. Dabei handelt es sich nicht einmal darum, daß ihm sehr vieles geboten wird, sondern nur das Grundlegende, aber das eingehend und gründlich. Es ist nicht möglich, das Gesamtgebiet der chemischen Technologie vorzutragen, einmal, weil es keinen Menschen gibt, der so umfassende Erfahrung und gründliche Kenntnisse besitzt, um es lehren zu können, und dann nicht, weil die Zeit des Studiums beschränkt ist und es auch bleiben muß, und weil die Auf-

nahmefähigkeit des Studierenden berücksichtigt werden muß.

Diese Richtlinien werden bis zu einem gewissen Grade an den technischen Hochschulen auch heute befolgt; die deskriptive Richtung im chemisch-technischen Unterricht ist wohl allgemein aufgegeben. Maßgebend für den Erfolg des Unterrichts ist aber in erster Linie, daß jeweils der richtige Mann dafür gefunden wird, der sowohl Unterrichtstalent und -erfahrung hat, als die erforderlichen Kenntnisse des Wirtschaftslebens besitzt und gleichzeitig über eine umfangreiche, praktische Industrieerfahrung verfügt, als auch, last not least, befähigt ist, wissenschaftlich zu arbeiten. Die meisten, die über dieses Maß an Können verfügen, sind in der Industrie in hohen Stellungen und für den Lehrbetrieb oder für ein Jahreseinkommen nach der staatlichen Besoldungsordnung nicht zu haben. Daran wird auch immer die Errichtung von Lehrstühlen für technische Chemie an den Universitäten krank. Die Universitäten sollten bewußt eigene Wege gehen und sich selbständig entwickeln. Für die technischen Hochschulen ist die vertiefte Ausbildung in technischer Beziehung das Gegebene, ohne daß natürlich darunter die wissenschaftliche Ausbildung leiden darf, und an den Universitäten sollten dafür die Schulung in Physik und Mathematik, evtl. anderer naturwissenschaftlicher Fächer, besonders betont und vielleicht eine zweckentsprechende Ausbildung in wirtschaftswissenschaftlichen auf Wunsch angeschlossen werden. Der Bedarf der Industrie ist so mannigfaltig, daß für beide Arten der Ausbildung das Bedürfnis gegeben ist.

Die Vorlesungen in technischer Chemie sollten mit einer allgemeinen Übersicht über Kapital und Wirtschaft, über die Stellung der deutschen chemischen Industrie innerhalb der Wirtschaft des Reiches und in der Weltwirtschaft, über eigene Rohmaterialien, über Einfuhr und Ausfuhr, Volksvermögen und Volkseinkommen usw., Wirtschaftsaufgaben, d. h. mit allgemeinen wirtschaftlichen Betrachtungen beginnen; dann sollte an einem kurzen geschichtlichen Überblick gezeigt werden, wie sich die einzelnen Industrien durch eine Veränderung der Wirtschaftsstruktur, durch grundlegende Erfindungen, durch eine verschiedene Besteuerung usw. entwickelt haben, und es mußte gezeigt werden, wie in allen Phasen der industriellen Entwicklung das wirtschaftliche Moment maßgebend ist und zur Verbesserung von bestehenden bzw. Einführung von neuen Arbeitsverfahren den Anlaß gibt. Dann sollen die einzelnen Gebiete der technischen Chemie, nach gemeinsamen Gesichtspunkten geordnet, folgen, wie z. B. alle technisch wichtigen doppelten Umsetzungen und Reaktionen in wässriger Lösung, alle technisch wichtigen Gasreaktionen, alle thermischen Dissoziationsreaktionen usw. gebracht werden, wobei für alle wichtigen Industrieerzeugnisse, ausgehend von wirtschaftlichen Gesichtspunkten, auf die spezielle Entwicklung eingegangen, die physikalisch-chemischen Grundlagen der Arbeitsweisen gegeben und an Hand der so wissenschaftlich begründeten Arbeitsbedingungen die apparative Durchbildung entwickelt werden muß. Nach diesen Gesichtspunkten ist das ganze Gebiet der technischen Chemie in mehrere in sich geschlossene Vortragsreihen aufzuteilen, wie anorganische Großindustrie, Gas, Keramik und Baumaterialien, Brennstoffe und Feuerungskunde, Gas- und Kokereiindustrie und Nebenproduktengewinnung einschließlich Schwelerei und Ölgewinnung, Zucker- und Gärungsgewerbe usw. Das spezielle Gebiet der organischen Farbstoffe läßt sich am besten, falls der technische Vertreter nicht gerade selbst Spezialist auf die-

sem Gebiete ist, vom Vertreter der organischen Chemie mitbehandeln. Zum Unterricht in der wirtschaftlichen Betrachtung halte ich die Schulung in der Aufstellung von Wärmebilanzen chemisch-technischer Verfahren und von Apparaten von sehr großem Werte, um so mehr, als der Studierende dadurch auch Verständnis bekommt für die kaufmännischen Geldbilanzen; dagegen lehne ich Selbstkostenberechnungen im chemisch-technischen Unterricht vollkommen ab, da sie meistens nur auf Grund von mehr oder weniger zutreffenden Annahmen aufgestellt werden können und andererseits dem Studierenden die Praxis fehlt zu einer kritischen Wertung. Wärme- und Stoffbilanzen lassen sich aber sehr gut an geeigneter Stelle im Vortrag bringen oder auch als Aufgaben in einer Art Seminar behandeln.

Die Übungen im chemisch-technischen Praktikum sollten bezüglich der chemisch-technischen Analyse meiner Erfahrung nach beschränkt werden auf Gasanalyse, Brennstoffuntersuchung, technische Wasseranalyse einschl. Reinigungsversuch und Schmieröluntersuchung; dafür aber durch einige typische Aufgaben aus der angewandten physikalischen Chemie, die Prozessen im Großbetrieb zugrunde liegen, und die Anwendung physikalisch-chemischer Gesetzmäßigkeiten zeigen, ergänzt werden. Wir sind in Braunschweig z. Zt. außerdem daran für freiwillige und solche Studierende, die im chemisch-technischen Institut ihre Forschungsarbeit ausführen, ein brennstoffchemisches und feuerungstechnisches Seminar einzurichten, das die Studierenden mit allen Fragen der Wärmewirtschaft bekannt machen und in der rechnerischen Behandlung dieses Gebietes schulen soll.

Der Ausbildung in technischer Chemie hat der Unterricht in Maschinenkunde und technischem Zeichnen vorherzugehen; dabei sollen die Gebiete der Kraft-erzeugung und -übertragung, der Massenbeförderung, der Maschinen für Zerkleinern, Mahlen und Mischen usw. besonders gründlich und nicht nebensächlich behandelt werden, während ich dafür eintrete, daß die Übungen im technischen Zeichnen beschränkt werden sollten auf die Anfertigung von maßstäblichen Skizzen und freihandlichen Zeichnungen von projektions- und perspektivischen Schnitten usw. Das Erlernen der Anfertigung von Werkstattzeichnungen ist nicht erforderlich, aber eine gewisse Fertigkeit im Skizzieren muß jeder technische Chemiker besitzen. Es ist wahr, daß es auch hierfür absolut talentlose Chemiker gibt, aber meistens geht damit Hand in Hand auch ein fehlendes Verständnis für mechanische und maschinelle Dinge, so daß in solchen Fällen von vornherein der spätere Weg in gewissen Richtlinien gegeben ist.

Damit ist zunächst der Studiengang skizziert, den jeder Chemiker an einer technischen Hochschule nehmen muß, ganz gleichgültig, ob er seine selbständige Arbeit auf anorganischem oder organischem oder physikalisch-chemischem oder chemisch-technischem Gebiete machen will, und damit eine gewisse Spezialisierung doch schon innerhalb des großen Gebietes der Chemie erlangt.

Wir haben in Braunschweig für alle Studierenden, mit Ausnahme der Organiker, weiter ein obligatorisches zweites Praktikum in physikalischer Chemie und außerdem müssen alle Studierenden in dem betreffenden Institute, in dem sie ihre Forschungsarbeit machen wollen, vor Beginn ihrer Arbeit noch einige Sonderaufgaben bearbeiten; im chemisch-technischen Institut haben sie die exakte Gasanalyse (über Quecksilber) zu erlernen und außerdem noch zwei Apparate zu bauen, sei

es einen elektrischen Widerstand für eine bestimmte Belastung, sei es einen elektrischen Ofen zu wickeln oder ein Calorimeter oder eine andere Apparatur selbständig zu bauen und zu prüfen, an der das Institut Interesse hat; die Aufgaben können der mannigfaltigsten Art sein, und ich habe gefunden, daß der Bau von Apparaten und deren Eichung und Prüfung für einen Chemiker besonders lehrreich ist.

Dann erst kommt die sogenannte selbständige Arbeit. Es ist verschiedentlich gesagt worden, daß ein eigenes unabhängiges Institut für technische Chemie nicht notwendig sei. Das ist nicht richtig. Chemisch-technische Forschungsarbeiten sind notwendig und obwohl sie meistens auf bekannten Gesetzmäßigkeiten aufbauen und oft auf anderen Gebieten bereits ausgearbeitete Methoden benutzen, so sind sie dafür nicht weniger wissenschaftlich und sind im wahrsten Sinne des Wortes angewandte Chemie. Der größte Wert liegt hier in der Art und Begrenzung der Fragestellung, und sehr oft muß sich die exakte Fragestellung erst im Laufe der Vorarbeiten ergeben, so daß der Praktikant im gewissen Sinne selbst teilnimmt an dieser genaueren Formulierung. Die Industrie und ihre Verfahren verfolgen bestimmte sichtbare Zwecke, und es ist oft schwer, das Wesen eines Verfahrens in eine oder wenige klare Grundfragen, die sich im Laboratorium bearbeiten lassen, aufzulösen; deshalb dauert es auch oft Jahrzehnte, bis für längst industrielle ausgewertete Arbeitsverfahren die wissenschaftlichen Grundlagen geschaffen werden. Dies ist aber die Art der Tätigkeit, die die meisten Chemiker in ihrem Berufe erwartet, und es ist sicher von Vorteil, wenn sie frühzeitig darin geübt und geschult werden. Außerdem weckt der technische Hintergrund dieser Arbeiten, auch wenn sie an sich rein wissenschaftlich sind, besonders lebhaft das Interesse der Studierenden und schult sie im selbständigen Denken und Kombinieren. Tatsache ist auch, was für mich selbst bei meiner Rückkehr an die Hochschule eine gewisse Überraschung war, daß sich ein relativ größerer Teil der Studierenden den chemisch-technischen Forschungsarbeiten zuwendet, obwohl diese oft beträchtlich länger dauern als in den mehr theoretischen Disziplinen.

Auch an amerikanischen Universitäten habe ich feststellen können, daß die chemical engineering faculty, falls sie von der faculty of chemistry getrennt war, meistens von doppelt soviel Studierenden besucht wurde als die reine Chemie. Diese Beobachtung gibt doch zu denken und zeigt, daß der Drang nach praktischen und nützlichen Dingen in den jungen Studierenden vorherrscht. Auf weitere Einzelheiten einzugehen, würde zu weit führen. Ich will aber noch hinzufügen, daß ich in meinem Institut darauf halte, daß jeder Diplomand und Doktorand unterrichtet ist darüber, was die andern arbeiten und über das Fortschreiten der Arbeiten auf dem laufenden bleibt; es macht jeder seine eigene Arbeit, aber er sieht, wie andere Fragen bearbeitet und gelöst werden. Dadurch wird mühelos sein Erfahrungsschatz bereichert. Zu demselben Zweck dient auch ein zeitweilig abgehaltenes Kolloquium.

Diese Einrichtung hat sich gut bewährt. Weniger gute Erfolge haben in der Nachkriegszeit Exkursionen gebracht. Infolge der großen Geldknappheit ist die Zahl der Teilnehmer meistens sehr klein und oft haben sie gar nicht stattfinden können, weil die Teilnehmerzahl nicht ausreichte zur Fahrpreismäßigung. Hierfür müßten mit der Zeit Geldmittel gesammelt oder Exkursionsfonds, die Zinsen tragen, angelegt werden. Von staatlicher Seite erhalten nur Dozenten und

Assistenten Zuschüsse, aber viel wichtiger wäre es, wenn man Hilfsquellen hätte, um die Studierenden zu unterstützen; das ist jedoch zur Zeit nicht der Fall. Es würde mich interessieren, welche Erfahrungen andere Hochschulen mit Exkursionen gemacht haben.

Nun noch ein Wort über einen Vorschlag zu einer sehr zweckdienlichen Erweiterung der technischen Ausbildung der Chemiker in den technischen Hochschulen. Das wäre je ein besonderes Praktikum für Chemiker in der elektrotechnischen und Maschinenbauabteilung. Im ersten müßte das Grundlegende der elektrischen Stromerzeugung und der elektrischen Motore, der Strommessung, Schaltungen usw. gezeigt werden, während die maschinentechnischen Institute die Möglichkeit geben sollten, zu Versuchen, die zweckmäßig von zusammengestellten Versuchskolonnen durchgeführt würden, an Dampfkesseln, Motoren, Generatoren, Öfen u. dgl. mehr und in der Aufnahme von Arbeitsdiagrammen, der Messung der Arbeitsleistung, der Übertragung

von Kraft, der Aufstellung von Wärmebilanzen usw. praktisch unterweisen und den jungen Chemikern Gelegenheit geben sollten, ihre Kenntnisse zu verwerten. Es müßte jedoch möglich gemacht werden, diese besonderen Übungen ohne eine nennenswerte Verlängerung des Studiums zu erreichen, evtl. müßte an anderen Stellen etwas gestrichen werden, denn eine weitere Verlängerung, wenn sie auch noch so kurz ist, wäre für die meisten vollkommen untragbar. Durch diese Art der Erweiterung der technischen Ausbildung würden auch die heute noch bestehenden Grenzmauern zwischen den einzelnen Abteilungen fallen, ein Ziel, das sehr erwünscht wäre, denn gerade technische Chemie und technische Physik greifen immer mehr in die anderen Gebiete hinüber, und müssen es tun, wenn sie ihre Aufgaben erfüllen wollen. Es könnte dadurch jeder Sonderrichtung und jeder Sonderbegabung Rechnung getragen werden zu einer wirklichen Universitas der technischen Wissenschaften. [A. 121.]

## Alkohol aus Holz.

### Wirtschaftlich-technische Betrachtungen.

Von Dr. Erik Hägglund,

Prof. für Cellulosetechnik und Holzchemie an der Techn. Hochschule Stockholm.

In dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> hat kürzlich Prof. Dr. H. Lüers, München, über das Celluloseverzuckerungs-Verfahren von Scholler und über die seit längerer Zeit angestellten Versuche eingehender berichtet. Dadurch haben wir einen besseren Einblick bekommen, wie cellulosehaltige Materialien mit verdünnten Mineralsäuren in einer im Gegenstrom arbeitenden Batterie aufgeschlossen werden.

Die dort mitgeteilten Betriebsergebnisse ermöglichen auch, sich ein Bild von der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu machen. Es dürfte von Interesse sein, dieses Verfahren zur Gewinnung von Alkohol aus Holz mit anderen bisher bekanntgewordenen Verfahren zu vergleichen.

An erster Stelle ist die Gewinnung von Alkohol aus den Abläugen der Sulfitzellstofffabrikation zu nennen, nach der in Deutschland und in anderen Ländern etwa 500 000 hl Sulfitspiritus jährlich hergestellt werden. Ein wirtschaftlicher Vergleich mit diesem Verfahren ist für deutsche Verhältnisse schon deswegen geboten, weil bekanntlich die volle Produktionskapazität der Sulfitspirtfabriken auf Grund des Spiritusmonopoles nicht ausgenutzt werden darf<sup>2)</sup>.

Eine Gegenüberstellung der wichtigsten Fabrikationskosten führt zu folgendem Resultat:

#### 1. Holzverbrauch.

Bei vollständigem Aufschluß des Holzes nach dem Scholler-Verfahren werden nach Angabe von Lüers 38% vergärbaren Zuckers gewonnen.

Legt man einen Holzpreis von 22,50 RM. pro Tonne waldtrockenen Holzes (25% Feuchtigkeit) zugrunde, so entspricht dieser Preis etwa 10,50 RM. pro Raummeter oder 15,— RM. pro Festmeter. Unter Berücksichtigung der Transportkosten und sonstiger Kosten stellt sich damit der Festmeter im Walde auf etwa 7,50 RM. Nach eingehender Ermittlung dürfte dieser Preis für größere Holzmengen in Deutschland zutreffen. Mit billigerem Holz kann nur in sehr geringem Umfange gerechnet werden, da Holzabfälle dezentralisiert anfallen. Mit diesem Holzpreis ergeben sich die Holzkosten pro 1000 kg vergärbaren Zuckers nach dem Scholler-Verfahren zu 79,— RM.

#### 2. Chemikalien.

Der Aufschluß erfolgt bei dem Scholler-Verfahren mit 1%iger Schwefelsäure, wobei die Konzentration des ver-

gärbaren Zuckers in den anfallenden Holzzuckerlösungen 3,4% beträgt. Daraus ist zu entnehmen, daß pro 1000 kg vergärbaren Zuckers etwa 300 kg Schwefelsäure erforderlich sind. Eine lohnende Wiedergewinnung dieser Schwefelsäure ist ausgeschlossen. Wenn die Schwefelsäure mit einem Preise von 6,50 RM. pro 100 kg angesetzt wird, ergibt sich, daß die Kosten für die Säure 19,50 RM. pro 1000 kg vergärbaren Zuckers ausmachen.

#### 3. Dampfverbrauch.

In dem Bericht von Lüers sind keine Angaben über den Dampfverbrauch enthalten. Man kann aber auf Grund der Angaben über die Aufschlußtemperatur und die Konzentration der anfallenden Zuckerlösung eine Überschlagsrechnung machen. Um die Aufschlußsäure auf eine Temperatur von 185° zu bringen, werden pro 1000 kg Zucker rund 5 000 000 Cal., d. h. etwa 10 t Dampf, erforderlich sein.

Sollte auch durch Wärmeaustausch hiervon ein Teil zurückgewonnen werden können, so ist pro Tonne vergärbaren Zuckers immer noch ein sehr bedeutender Wärmeaufwand erforderlich.

Eine Rückgewinnung dieser Wärme wird aber, vorausgesetzt, daß sie überhaupt gelingt, eine umfangreiche und säurebeständige Apparatur erfordern. Nähere Aufklärung wäre erwünscht über die Natur der angewandten Werkstoffe, die für die Apparatur Verwendung gefunden haben, denn die gebräuchlichen Werkstoffe, wie Eisen, Blei, Kupfer usw., werden bei der angegebenen Säurekonzentration und den hohen Drucken zu großen Schwierigkeiten Veranlassung geben, vor allem auch bei der nachfolgenden Vergärung der Zuckerlösung. Vielleicht könnten legierte Metalle Verwendung finden; derartige Apparaturen werden aber für die hier vorliegenden Größen und Druckverhältnisse sicherlich sehr teuer.

Es dürfte also damit zu rechnen sein, daß die notwendigen Calorien größtenteils durch Dampferzeugung aufzubringen sind.

Aus den obigen Unterlagen ergibt sich, daß die Rohstoffkosten für Holz und Schwefelsäure pro 1000 kg vergärbaren Zuckers rund 100,— RM. betragen. Hierzu kommen noch die Kosten für Dampf, Löhne, Generalia, Reparaturen und Amortisation, die bei sehr günstiger Annahme für 1000 kg vergärbaren Zuckers mit 50,— RM. zweifellos nicht zu hoch gegriffen sind.

Die Herstellungskosten für 100 kg Zucker werden also nicht weniger als 15,— RM. betragen, so daß die Rohstoffkosten für 1 hl Alkohol etwa 27,— RM. betragen werden. Hierzu kommen noch die hohen Kosten der Vergärung in den sehr dünnen Zuckerlösungen, die den Gärungs- und Destillationskosten bei der Sulfitspirtfabrikation sehr nahe kommen werden, also etwa 20,— RM. pro Hektoliter. Ein Hektoliter Alkohol dürfte demnach kaum unter RM. 47,— herzustellen sein.

<sup>1)</sup> 43, 455 [1930].

<sup>2)</sup> Vgl. Dr. F. Baade, „Neugestaltung der deutschen Branntweinwirtschaft“, Berichte über Landwirtschaft, neue Folge, Band V, S. 161 ff., 232 ff.