



WIEDERAUFBAU UND  
NEUEINRICHTUNG  
DES INSTITUTS FÜR  
**CHEMISCHE  
TECHNOLOGIE**

DER  
TECHNISCHEN HOCH-  
SCHULE DARMSTADT  
ERNST-BERL-INSTITUT



INSTITUT FÜR  
CHEMISCHE TECHNOLOGIE  
DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE DARMSTADT  
ERNST-BERL - INSTITUT

WIEDERAUFBAU  
UND  
NEUEINRICHTUNG

VON  
PROF. DR. KARL SCHOENEMANN, DARMSTADT

März 1953



## Inhalt

Geleitwort .....	5
Bild Ernst Berls .....	7
Die Vorgeschichte des Instituts .....	9
Der derzeitige Stand .....	10
Das Wiederaufbauprogramm .....	13
Das Institut im Rahmen der Hochschule .....	14
Die Raumplanung des Instituts .....	15
Das Ausbildungsziel des Instituts .....	17
Die Auffassung des Lehrfaches .....	17
Der Studienplan .....	18
Die Projektierung von Anlagen im Mittelpunkt des Technologie- unterrichts .....	22
Die wissenschaftlichen Arbeiten .....	32
Schlußwort .....	36
Die nach 1947 ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten .....	37

Herausgegeben als Manuskriptdruck von:  
DECHEMA  
Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen, E. V.  
Frankfurt am Main  
Druck: Schön & Wetzel, Frankfurt am Main



## GELEITWORT

Als um die Jahrhundertwende Carl Duisberg den Auftrag erhielt, die Planung des Werkes Leverkusen vorzubereiten, forderte er in einer Denkschrift Rationalisierung der Arbeitsmethoden und Normung der Geräte und Apparate. 1918 stellte Max Buchner, der Begründer der DECHEMA und ACHEMA, in einer Denkschrift zur Gründung der Fachgruppe für chemisches Apparatewesen im Verein Deutscher Chemiker die gleiche Forderung auf, die dann im wesentlichen zum Inhalt der segensreichen Tätigkeit der DECHEMA — Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen — wurde.

Die heute zur Rationalisierung der deutschen chemischen Industrie notwendigen Maßnahmen ergeben sich aus dem strukturellen Wandel, der sich seit drei Jahrzehnten vollzieht. Früher lag das Schwergewicht des Aufwandes wie des Ertrages auf dem Gebiet der Farbstoffe, Pharmazeutika und Zwischenprodukte, die noch ganz mit den klassischen Methoden der reinen Chemie, d. h. unter Verwendung großer Mengen Hilfschemikalien und in recht einfachen Apparaturen, hergestellt wurden. Die damals führende Stellung Deutschlands beruhte auf der für diese Verfahren ausgezeichneten rein chemischen Hochschulausbildung.

Die Aufnahme der billigen Massenprodukte, beginnend mit der Ammoniaksynthese, erforderte den Übergang zu kontinuierlich-katalytischen Verfahren mit komplizierten Apparaturen. Diese neuen apparatebetonten Verfahren haben dank ihrer größeren Wirtschaftlichkeit im Laufe der Zeit viele der stoffbetonten alten Verfahren verdrängt. In Zukunft wird ihre technisch-wirtschaftliche Bedeutung zweifellos noch viel größer werden.

Die Fortschritte der allerletzten Zeit ermöglichen es, bestimmte Verbrauchs- und Zwischenprodukte nach ganz verschiedenartigen Verfahren und auf verschiedenartiger Rohstoffbasis herzustellen. Daraus folgt, daß in Zukunft die Entwicklung neuer bzw. die Rationalisierung bestehender Verfahren sehr viel schneller, sicherer und mit geringerem Aufwand durchgeführt werden muß als früher.



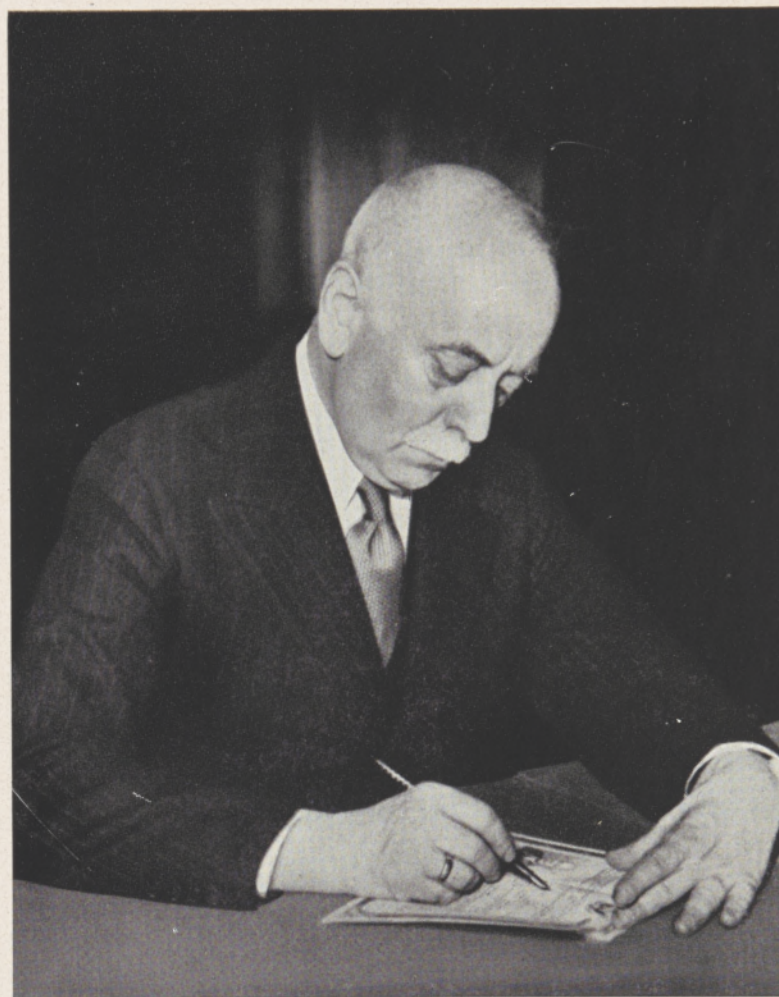
*Es ist geradezu eine Tragik, daß in Deutschland, dem Ursprungsland der modernen chemischen Technik, die neue Arbeitsmethodik nicht in die Hochschulausbildung übernommen und dort weitergeführt wurde. Der strukturelle Wandel der chemischen Technik führt mit zwingender Notwendigkeit dazu, die chemische Technologie nicht mehr als Ergänzung der Grundfächer (anorganische, organische und physikalische Chemie) anzusehen; sie hat heute zumindest dieselbe Bedeutung wie diese.*

*Deshalb verdient der Wiederaufbau des Instituts für chemische Technologie der Technischen Hochschule Darmstadt die größte Aufmerksamkeit und jede nur denkbare Unterstützung.*

Frankfurt am Main, im März 1953.

Hans Broche  
Dr. phil., Dr.-Ing. E. h.,  
Vorsitzender der DECHEMA

Karl Winnacker  
Dr.-Ing.  
als ehem. Berl-Schüler



Professor Ernst Berl  
Darmstadt 1919—33



## Die Vorgeschichte des Instituts

Das Fach chemische Technologie ist an der Technischen Hochschule Darmstadt von jeher besonders gepflegt worden. Der Lehrstuhl hatte unter Professor Berl in den Jahren 1919—33 einen glänzenden Aufschwung genommen und zählte zu den bedeutendsten Lehrstühlen der angewandten Chemie in Deutschland und damals wohl auch in der Welt. Berls „Chemische Ingenieurtechnik“ war das Standardwerk der fortschrittlichen verfahrenstechnischen Richtung.



Das Institut nach der Zerstörung (9. Sept. 1944)

Seitdem ist diese Entwicklung — ebenso wie an anderen deutschen Hochschulen — im ganzen gesehen rückläufig gewesen: Obgleich die Bedeutung der Technologie für die Industrie sehr gestiegen ist, wurde in Deutschland der technologische Unterricht unverständlicherweise durch Verordnungen eingeschränkt, die Pflichtprüfung in Technologie aufgehoben und der Titel Diplom-Ingenieur bzw. Doktor-Ingenieur für Chemiker durch den weniger beliebten Abschlußgrad Diplom-Chemiker bzw. Doktor der Naturwissenschaften ersetzt. Mit Ausnahme der Jahre 1936—38, in denen Professor O. Fuchs sich bemühte,



die entstandenen Einbußen auszugleichen, war der Lehrstuhl bis Mitte 1948 nicht besetzt. In den seit Berls Weggang verfloßenen 15 Jahren drohte die große und verpflichtende Tradition völlig abzubrechen.

Bei dem furchtbaren Bombenangriff 1944 wurde das Institut schwer getroffen und brannte aus.



Die aus Trümmern wiedererstellte Bücherei

## Der derzeitige Stand

Nach dem Kriege wurden Sockel- und Erdgeschoß unter den bekannten Erschwerungen — zum größten Teil in Selbsthilfe — wieder ausgebaut und ein zwar kleines, aber wenigstens halbwegs arbeitsfähiges Institut mit Hörsaal, Laboratorien, Bücherei, Werkstatt usw. eingerichtet.

Seitdem wird wieder eine systematische Ausbildung vermittelt. Auch ist die chemische Technologie in Darmstadt wieder zum obligatorischen und gleichberechtigten Prüfungsfach für *sämtliche* Chemiker erhoben. Bis 1. Oktober 1952 wurden insgesamt 134 Diplom-Chemiker in Technologie geprüft, von denen 14 sie als Hauptrichtung gewählt hatten; 5 Technologen promovierten.

Verglichen mit den Anforderungen, die heute an ein technologisches Institut zu stellen sind, ist der derzeitige Zustand aber noch keineswegs konsolidiert. Die Grundausrüstung mit Apparaten ist unzureichend und konnte wegen mangelnder Räumlichkeiten auch nicht verbessert werden. Der Sachetat für Unterricht, Forschung, Bücherei, Werkstatt usw. beträgt monatlich nur 500 DM; er deckt, wie die graphische Darstellung (s. Seite 12) zeigt, nur wenig mehr als ein Viertel der Sachkosten. Gemessen an den Anstrengungen ist der Wirkungsgrad der Arbeit deprimierend gering.

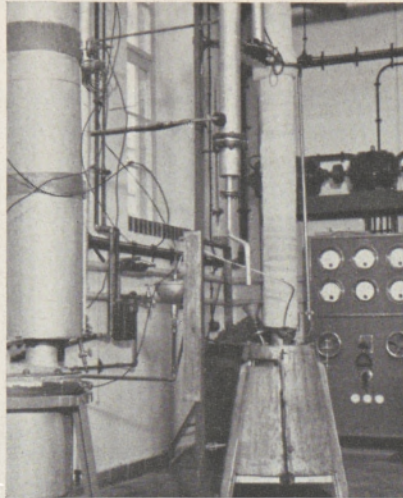


Bestimmung der effektiven Verweilzeit

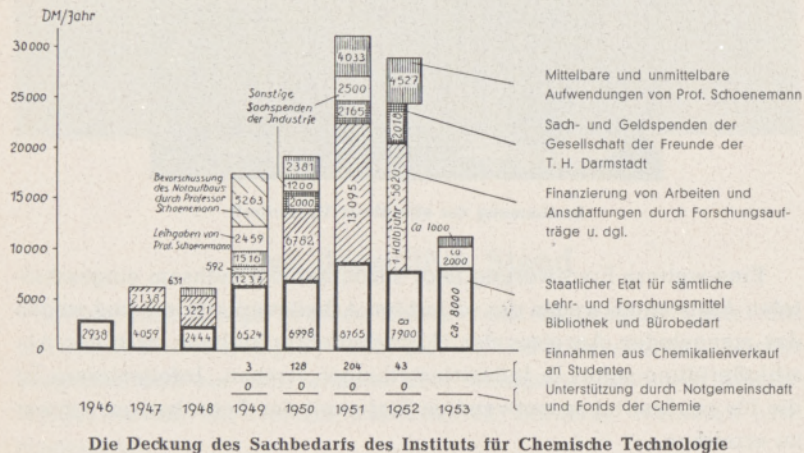
Eine weitere Erschwerung liegt darin, daß die mühsam eingearbeiteten Assistenten wegen der schlechten Arbeitsverhältnisse und wegen des mangelnden Anreizes der Hochschullehrerlaufbahn nach der Abschlußprüfung sofort in Industriestellungen streben. Infolgedessen ist die für ein Institut so notwendige Stetigkeit des Betriebes nur schwer zu erreichen.



Die Arbeitskraft des Institutsleiters wird durch Überlastung mit Verwaltungsarbeiten u. dergl. zu sehr zersplittert; zur Erfüllung seiner eigentlichen Aufgabe des Lehrens und Forschens fehlt die notwendige Zeit und Ruhe. Dieser Zustand ist nicht länger tragbar.



Fraktionierkolonnen im Technikum



## Das Wiederaufbauprogramm

Nach dem Gesamtplan zum Wiederaufbau der Hochschule ist das Institut auf den vierstöckigen Westflügel des alten Chemiebaus, der rund 450 m<sup>2</sup> Grundfläche und 6500 m<sup>3</sup> umbauten Raum umfaßt, beschränkt worden (vergl. Bilder Seite 14—16). Da die bisherige unvorteilhafte Raumanordnung mit den unzureichenden Treppen den heutigen Anforderungen nicht mehr genügt und da ohnehin schwere Gebäudeschäden zu beheben sind, ist eine grundlegende Neuaufteilung des Raumes notwendig.

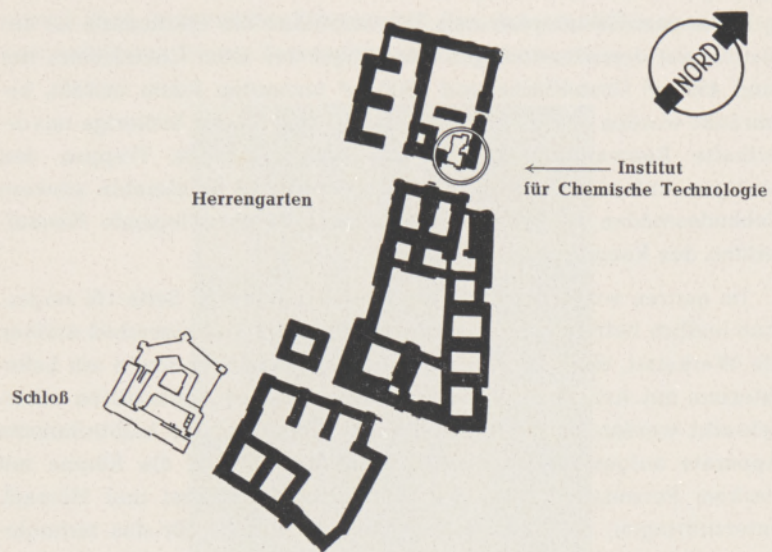
Im ganzen würde sich, wie die Grundrisse (vergl. Seite 15) zeigen, eine leidlich befriedigende Lösung ergeben: Im Sockelgeschoß müßten die Werkstatt, das Chemikalien- und Apparatelager sowie ein Laboratorium mit Arbeitsgestellen für umfangreichere Apparaturen untergebracht werden; in der kleinen Halle können einige halbtechnische Apparate aufgestellt werden. Im Erdgeschoß sind die Räume mit starkem Personenverkehr, wie Verwaltung, Bücherei und Hörsaal, unterzubringen. Im Obergeschoß sind die Räume für das technologische Grundpraktikum sowie für spezielle Versuche (Kalorimetrie, Viskosimetrie usw.) vorgesehen. Im Dachgeschoß liegen das Schreibzimmer des noch zu berufenden Abteilungsleiters, Einzellaboratorien für Diplomkandidaten und Doktoranden sowie die Speziallaboratorien für optische Messungen, Analyse mittels radioaktiver Isotope usw.

Dieser Umfang des Instituts würde ausreichen, um in jedem Semester etwa 25—30 Chemiker für ein halbsemestriges technologisches Grundpraktikum aufzunehmen, wofür 15 Arbeitsplätze erforderlich sind. Für die technologische Spezialausbildung, die bis zum Doktorexamen noch fünf Semester dauert, wären dann weitere 30 Arbeitsplätze vorhanden, so daß in jedem Semester 6 Technologen aufgenommen werden könnten. Damit wäre das Institut für Chemische Technologie in seiner Kapazität an die drei chemischen Grundinstitute angepaßt, welche je Semester ebenfalls etwa 25—30 Studierende aufnehmen können.

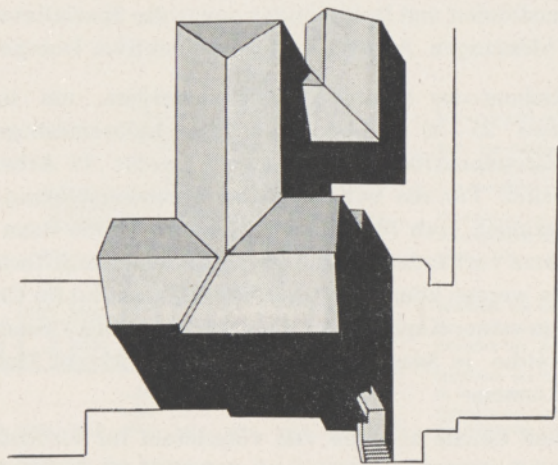
Die meisten Räume könnten von vornherein für vielseitige Verwendung eingerichtet werden, so daß notfalls der Einbau von



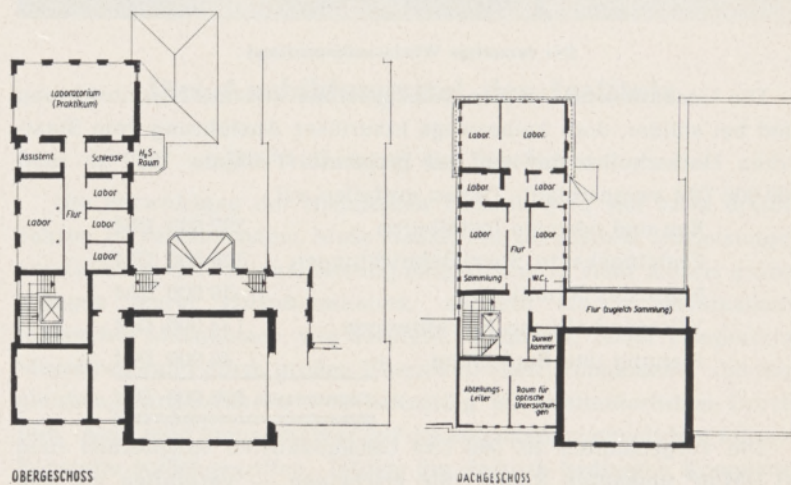
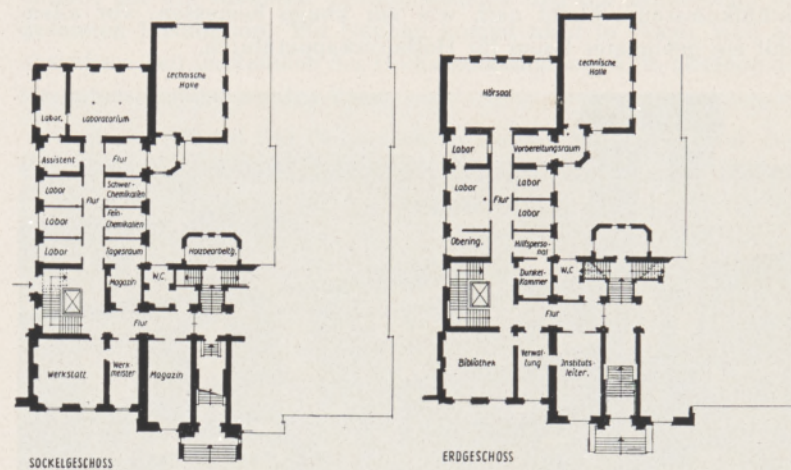
## Das Institut im Rahmen der Hochschule



## Das Institutsgebäude



## Die Raumplanung des Instituts





weiteren 10—15 Arbeitsplätzen möglich ist. Für später ist eine Erweiterung in das freiwerdende Erdgeschoß des sich westlich anschließenden Baus der Elektrotechnik in Aussicht genommen. Lediglich der Technikumsraum bleibt nach wie vor knapp bemessen; vor allem fehlt ein geeigneter Raum für Hochdruckapparaturen.



Der derzeitige Wiederaufbauzustand

Die Gesamtkosten für den Wiederaufbau und die Neueinrichtung sind bei solider, doch keineswegs luxuriöser Ausführung vom Staatlichen Hochschulbauamt auf der Preisbasis Frühjahr 1952 zu rund 900 000 DM veranschlagt. Davon entfallen auf

Bau und normale Installation	297 000 DM
Festeingebaute Spezialeinrichtungen	326 000 DM
Normales Mobiliar	59 000 DM
Wissenschaftliche Einrichtungen	174 000 DM
Planung und Bauleitung	40 000 DM
	<u>zusammen 896 000 DM</u>

Die vorgenannten 297 000 DM Gebäudekosten entsprechen rund 50 DM/m<sup>3</sup> umbauten Raum. Sie erscheinen — verglichen mit den

Kosten eines Neubaus, die z. Zt. auf 90 DM/m<sup>3</sup> umbauten Raum geschätzt werden — relativ hoch; doch sind sie nur zum kleinen Teil auf die Neuaufteilung des Raumes zurückzuführen; der größere Teil entfällt auf die schweren Gebäudeschäden und die Erneuerung der gesamten Installation. Ein Neubau kommt nicht in Frage, weil auf absehbare Zeit im Rahmen des Hochschulkomplexes kein Gelände dafür aufgeschlossen werden kann.

Von den 900 000 DM Gesamtkosten werden 300 000 DM aus dem Wiederaufbauetat der Hochschule für das Jahr 1952 gedeckt. Weitere 300 000 DM können im Frühjahr aus dem Wiederaufbauetat für das Jahr 1953 erwartet werden. Für die restlichen 300 000 DM ist das Institut auf die Hilfe oder einen Vorschuß aus der Industrie angewiesen.

Entsprechend dem größeren Umfang des Instituts und dem hohen Apparatebedarf der Technologie muß der Sachetat auf das Dreifache des derzeitigen, das sind jährlich 20 000 DM, erhöht werden.

Auch in personeller Beziehung bedarf das Institut einer gewissen Erweiterung, nämlich um 1 Assistenten, 1 Laboranten und später 1 Bibliothekarin. Die Stelle eines Extraordinarius ist in dem Stellenplan bereits enthalten, konnte aber bisher nicht besetzt werden.

## Das Ausbildungsziel des Instituts

### Die Auffassung des Lehrfaches

Die Entwicklung der chemischen Technik geht seit etwa dreißig Jahren in zunehmendem Maße dahin, die chemischen Umsetzungen aus Gründen der Rationalisierung möglichst nicht mehr mittels großer Mengen teurer Hilfschemikalien, sondern mittels physikalisch-chemischer Maßnahmen, wie Katalyse, Hochdruck, hoher Temperatur, Massenwirkung durch großen Überschuß einer Komponente und dergleichen, durchzuführen — zweckmäßig im kontinuierlichen Durchfluß. Auch wird immer stärker auf die allgemein zugänglichen billigen Rohstoffe zurückgegriffen. Infolge der dadurch bedingten Komplizier-



rung der Apparatur sind chemisch-industrielle Ideen viel stärker als früher und meist schon von ihrer ersten Konzeption an mit der Frage nach deren wirtschaftlichster Ausführung verknüpft. Mit Hilfe der modernen Apparatechnik lassen sich heute viele Verfahren realisieren, die der klassische Chemiker für technisch und wirtschaftlich undiskutabel gehalten hätte. Insbesondere läßt sich der erheblich gestiegene Aufwand für die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Fabrikationsreife, die früher in schrittweiser und meist rein empirischer Vergrößerung der Laborapparatur erfolgte, wesentlich herabsetzen: Form und Größe der erforderlichen Apparate sind mittels der neuen verfahrenstechnischen Methoden aus leicht erhältlichen Grunddaten so sicher vor auszuberechnen, daß gleich größere Entwicklungsschritte möglich werden.

Es sollte daher eigentlich selbstverständlich sein, daß die ca. 90 % aller Chemiker, die in die Industrie gehen, mit dieser Denkweise vertraut sind. Da sich das Wissensgebiet in der letzten Zeit so erweitert hat, daß es dem jungen Chemiker im allgemeinen nicht mehr möglich ist, es sich erst *nach* Abschluß des Studiums in der Praxis selbst zu erarbeiten, muß ihm von der Hochschule ein sicheres Grundwissen mitgegeben werden, sonst kann er heute (auch als Laborchemiker) seinen Aufgaben nicht mehr gerecht werden.

### Der Studienplan

Die Auffassung des Lehrfaches ist durch die vielfältige Erfahrung des Verfassers in führenden Werken der chemischen Industrie bestimmt. Die bewährte deutsche Ausbildung in anorganischer, organischer und physikalischer Chemie wird beibehalten. Der chemische Technologieunterricht baut sich ganz organisch auf dieser auf.

Allen Chemikern wird die Beherrschung der wichtigsten Grundoperationen und den Technologen die gesamte Verfahrenstechnik nach dem neuesten Stand vermittelt. Die in Amerika vielfach geübte spezialisierte und formalistische Behandlung der Technologie soll nicht übernommen, sondern eine enge Verknüpfung mit einerseits der Stoff-

kenntnis und andererseits den wirtschaftlichen Gesichtspunkten hergestellt werden. In dieser Auffassung ist die chemische Technologie kein Spezialfach sondern ein allgemeinbildender Teil der heute erforderlichen chemischen Ausbildung jedes Industriechemikers. Gemessen an der technologischen Ausbildung anderer Länder stellt dieses Programm eine Mindestforderung dar, die nicht unterschritten werden darf, wenn nicht die Entwicklung der Industrie gefährdet werden soll. Die Aufteilung der großen Konzerne, der durch die Erschließung neuer billiger Rohstoffe verursachte Zwang zur Umstellung ganzer Industriezweige sowie der Übergang vieler Verbrauchsgüterindustrien zu chemisch orientierten Verfahren erfordern diese Neugestaltung der Chemikerausbildung um so mehr.

Das Ausbildungsziel in chemischer Technologie muß also sein, dem jungen Chemiker eine möglichst generell anwendbare Arbeitsmethodik mitzugeben, die ihn in Stand setzt, selber chemische Verfahren aufzufinden, zu entwickeln, zu projektieren, bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit zu beurteilen und — vor allem — dann auch wirklich mit Gewinn zu betreiben.

Dafür muß der Technologieunterricht folgende drei Grundlagen schaffen. In der *Hauptvorlesung*, die sich über drei Semester erstreckt, werden im ersten Semester die *charakteristischen Fabrikationsverfahren* behandelt, wie Kokerei, Schwefelsäurefabrikation, Ammoniaksynthese, Petrochemicals, Acetylenchemie usw., die bei der eigenen Gestaltung neuer Verfahren als ungefähres Vorbild dienen sollen. Dabei wird zugleich ein Überblick über die Rohstoff- und Produktionszusammenhänge der chemischen Industrie gegeben.

Im zweiten und dritten Semester wird als weitere Grundlage die *Verfahrenstechnik* mit den Kapiteln Wärmeübergang, Destillation, Kristallisation, Filtration, Trocknung, selektive Extraktion usw. gelehrt, und zwar unter Betonung ihres Charakters als Teilgebiet und Werkzeug — nicht isoliert und um ihrer selbst willen. Weitere Gebiete, wie die Ermittlung chemisch-technischer Daten, die Meß- und Regeltechnik, die Korrosion, die Betriebswirtschaft, die Anwendungstechnik usw. werden in *Spezialvorlesungen* gebracht, die sich über einen Zeitraum von etwa drei Jahren erstrecken.



Schließlich wird den Studierenden die charakteristische auf *Wirtschaftlichkeit gerichtete Denkweise* der Industrie ganz systematisch vermittelt, indem in *seminarartigen Vorlesungen* vollständige Projektierungen charakteristischer Fabrikationsanlagen durchgeführt werden, z. B. für Nitrobenzol, Ammoniumnitrat, Phenol usw. Diese beginnen mit der Betrachtung, wie sich die industrielle Idee, das betreffende Produkt herzustellen, überhaupt ergeben hat — nämlich meist aus einer volkswirtschaftlichen Notwendigkeit (wie zunehmender Bedarf, gesteigerte Lebensbedürfnisse, wachsende Bevölkerung und dergl.). Dann wird der ganze Gedankengang einer Projektierung durchgearbeitet: aus welchen Rohstoffen und nach welcher Reaktion das betreffende Produkt synthetisiert werden kann, welche Reaktionsbedingungen nach den chemischen und physikalisch-chemischen Gegebenheiten anzustreben sind, welche Produktionshöhe in Frage kommt usw. Danach wird das Verfahrensprinzip festgelegt, z. B. ob ein chargenweiser oder kontinuierlicher Betrieb vorzuziehen ist. Aus dem erforderlichen Umsatz und Durchsatz sowie der Wärmezufuhr- oder -abfuhr werden dann Form und Größe der Reaktionsapparate berechnet. Hand in Hand mit diesen Berechnungen wird ein genaues Materialfließschema und danach ein Apparateschema aufgestellt. Die Anlagekosten werden überschlägig berechnet, und schließlich werden auf Grund einer Aufstellung des Rohmaterial-, Energie-, Reparatur- und Bedienungsbedarfs, sowie der Werksgemeinkosten und des Kapitaldienstes die Herstellungskosten des Produkts ermittelt. Für die Entscheidung, ob das Projekt durchgeführt werden soll, wird auf Grund einer Marktanalyse der voraussichtliche Nettoerlös und danach die Gewinnchance bzw. das Verlustrisiko abgeschätzt. Eine richtig durchgeführte Projektierung stellt zweifellos das umfassendste und zugleich logisch bestaufgebaute Schema aller der vielfältigen Gesichtspunkte dar, die in der chemischen Industrie zu beachten sind.

Diese auf Projektierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung abzielende Denkweise gibt dem ganzen Unterricht das Gepräge; so wird z. B. in der Vorlesung über Erdöl außer den chemischen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten dargelegt, wie durch die Entwicklung der „petrochemistry“ die ganze bisherige Rohstoffbasis der

organisch-chemischen Industrie grundlegend verändert wird, welche tiefgreifenden Konsequenzen sich daraus für die weitere Zukunft ergeben, ob die Acetylen- oder die Aethylenchemie die größeren Aussichten hat usw.

Im *chemisch-technischen Praktikum* werden 8 Experimentalaufgaben über die wichtigsten Grundverfahren („unit operations“) gelöst, z. B. der Wirkungsgrad einer Destillierkolonne bestimmt, die Bedingungen für einen Kristallisationsprozeß ermittelt, die selektive Extraktion eines Flüssigkeitsgemisches durchgeführt, der chemische Umsatz bei kontinuierlichen Durchflußverfahren bestimmt usw. Alle diese Aufgaben sind quantitativer Art; sie gehen von der Ermittlung der physikalisch-chemischen Grundlagen (wie Dampfdruck, Binodalkurve usw.) aus, und an jede schließt sich die Berechnung einer technischen Apparatur an.

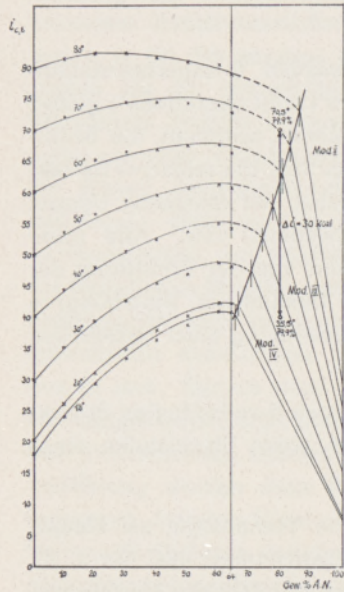
Diese Kenntnisse werden dann durch etwa 6 *selbständige Projektierungsübungen* der verschiedensten Art, meist Einzelstufen eines Gesamtverfahrens, vertieft.

Diejenigen Studierenden, die chemische Technologie als Hauptfach wählen, führen noch eine größere *Studienarbeit* aus, die z. Zt. meist in der gründlichen Bearbeitung eines Kapitels der Verfahrenstechnik, Betriebswirtschaft oder dergl. nach dem neuesten Stand der Fachliteratur besteht. Dadurch ist der in den letzten 15 Jahren entstandene Vorsprung der amerikanischen Technologie praktisch aufgeholt worden. Ein Nebenziel ist dabei, die verschiedenen „unit operations“ unter wenigen, einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten und so im Sinne der angestrebten Studienreform den zu umfangreichen Wissensstoff einzuschränken.

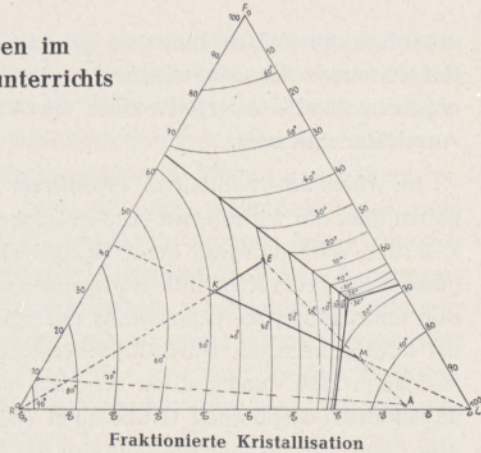
An eine stärkere Differenzierung der Chemikerausbildung etwa in der Art, wie sie in USA besteht, wird nicht gedacht, weil gerade die universelle deutsche Grundausbildung in Kombination mit der Technologie eine besondere Chance bietet.



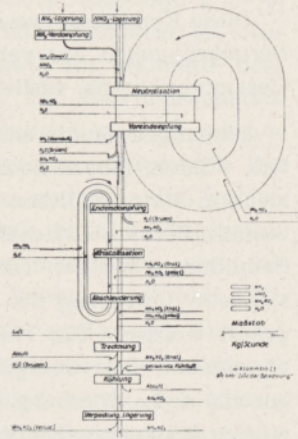
## Die Projektierung von Anlagen im Mittelpunkt des Technologieunterrichts



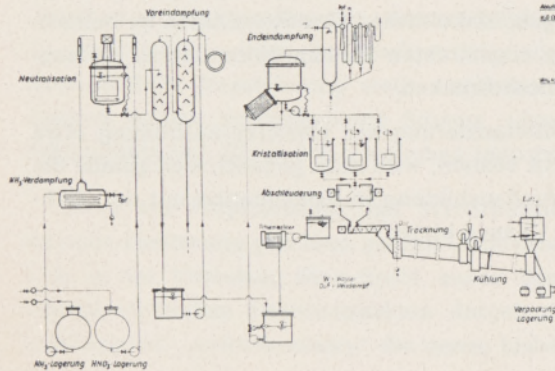
Enthalpie-Konzentrationsdiagramm  
für das System  $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$



Fraktionierte Kristallisation

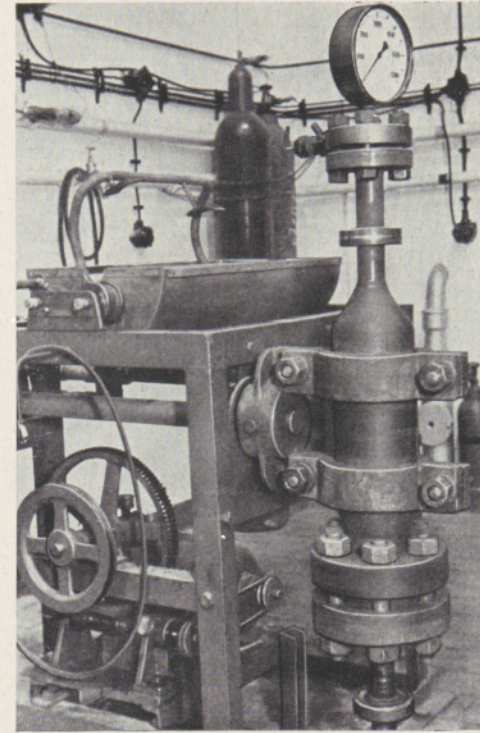


Materialfließschema

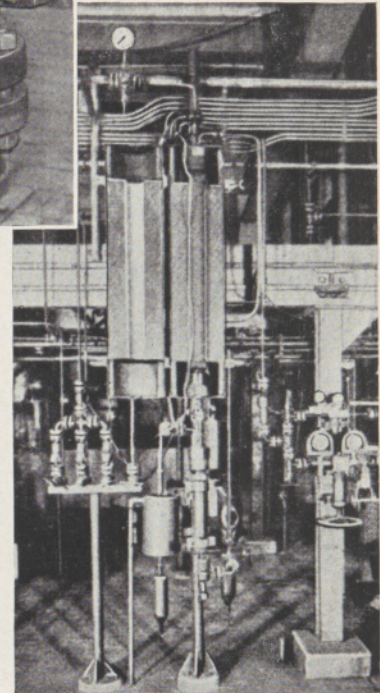


Vorläufiges Apparateschema  
einer Ammoniumnitratfabrik

## Aus Diplomarbeiten



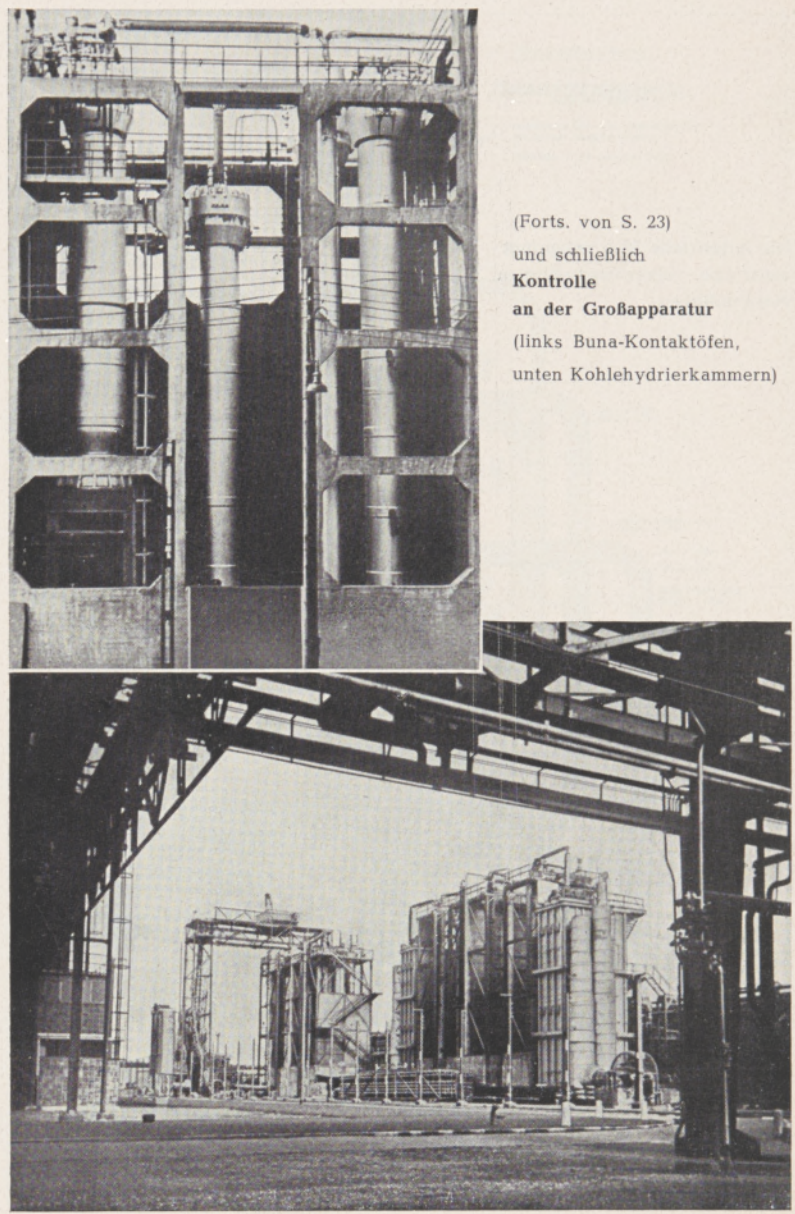
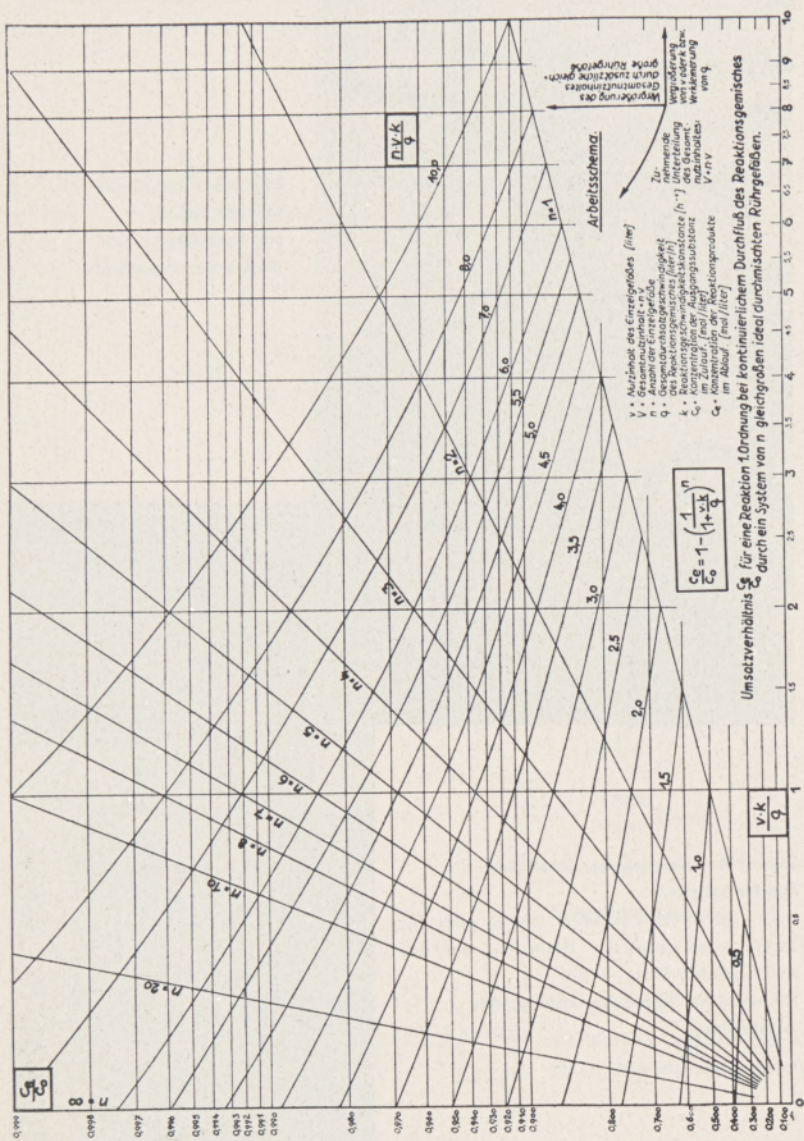
Der charakteristische  
Gedankengang  
zur Berechnung des  
chemischen Umsatzes:



Zuerst Bestimmung der Reaktions-  
geschwindigkeit

z. B. im Drehautoklaven (oben) oder im  
Kontaktfofen (rechts). Dann — auf der  
umstehenden Seite — die  
theoretische Vorausberechnung der  
Apparaturen (Forts. S. 25)

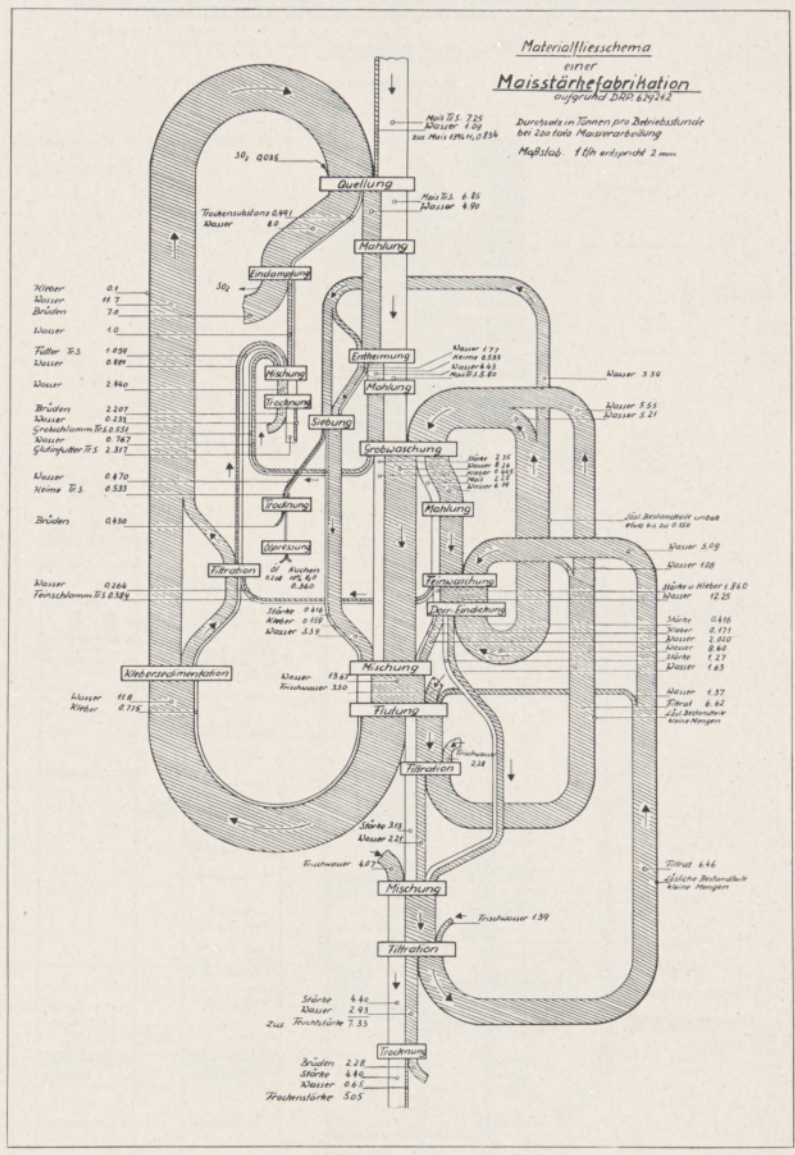
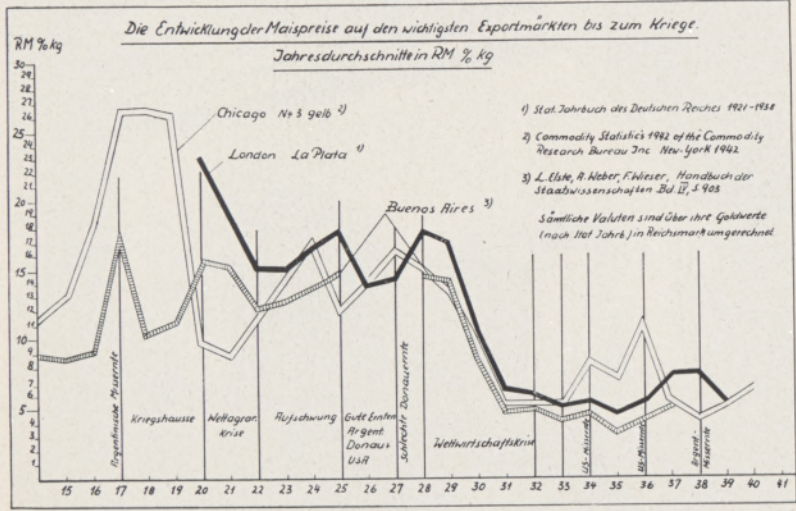
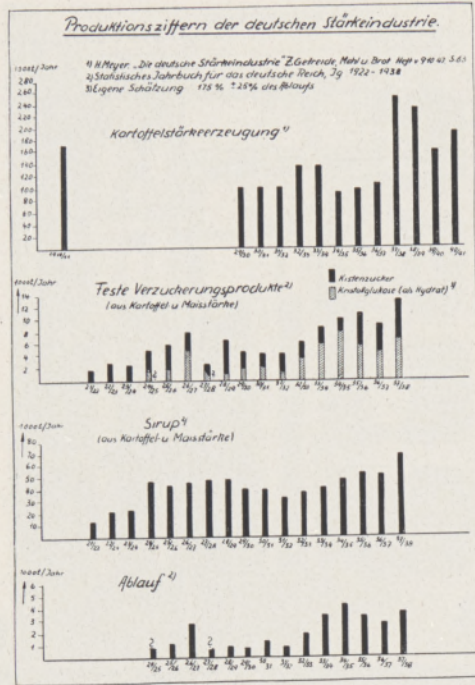




(Forts. von S. 23)  
 und schließlich  
**Kontrolle**  
 an der Großapparatur  
 (links Buna-Kontaktöfen,  
 unten Kohlehydrierkammern)



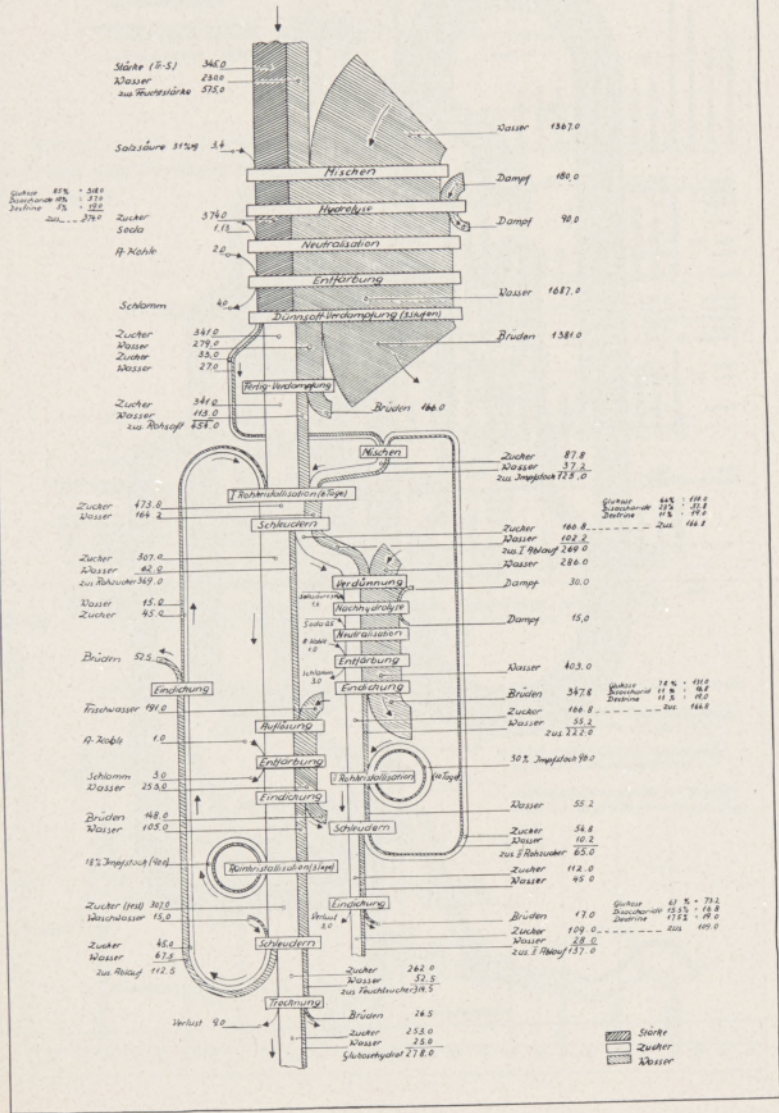
Die industrielle Idee entspringt meist einer volkswirtschaftlichen Notwendigkeit.



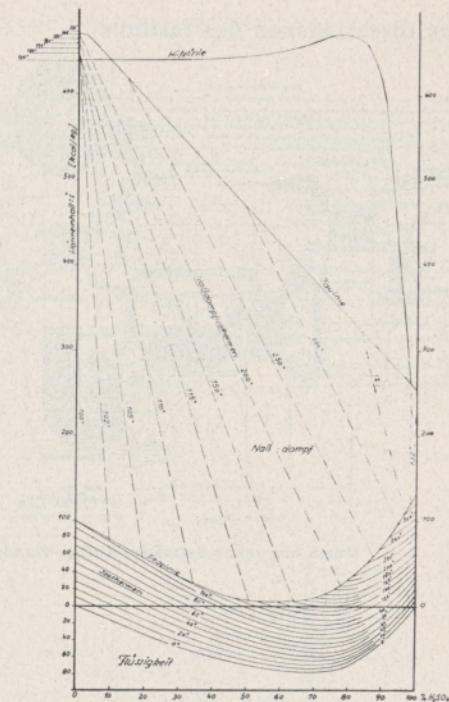
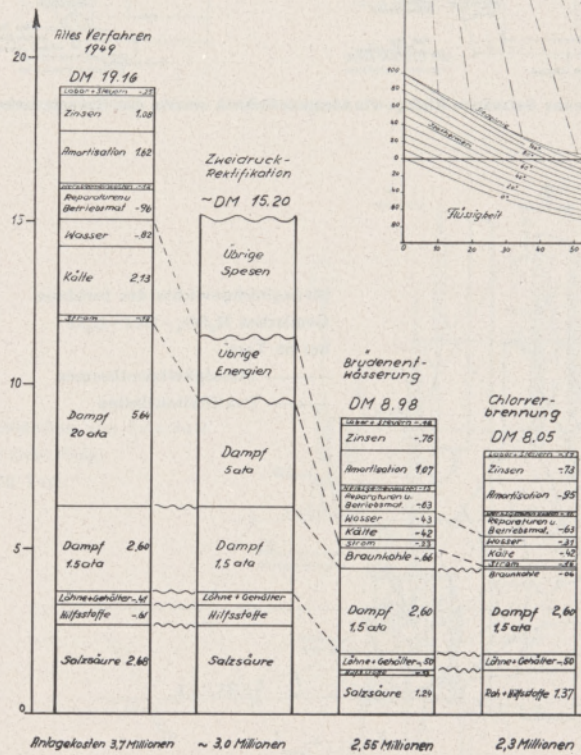


**Materialefließschema einer Fabrikation von kristallisierter Glukose (Hydrat) aus feuchter Maisstärke**  
 aufgrund DRP 702882 (1941) und Währungsänderung in DM und Eng. Chemistry 26315 (12-22-1931)

Produktionshöhe 2000 t/Tag bei 300 Betriebsstunden arbeits 666 t/Tag kristallisierter Glukose  
 Durchschnittliche Betriebskosten  
 Maßstab: 1mm = 20kg



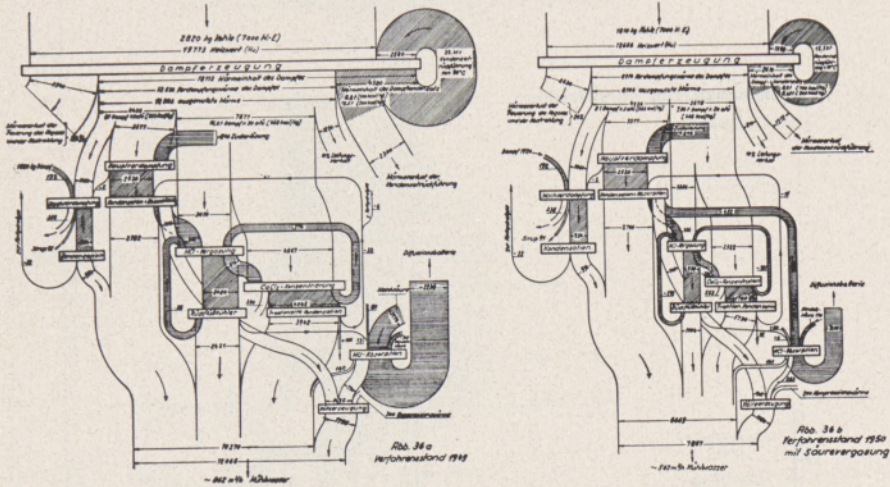
**Wärmeinhalt von Schwefelsäure  
 i/x - Diagramm**



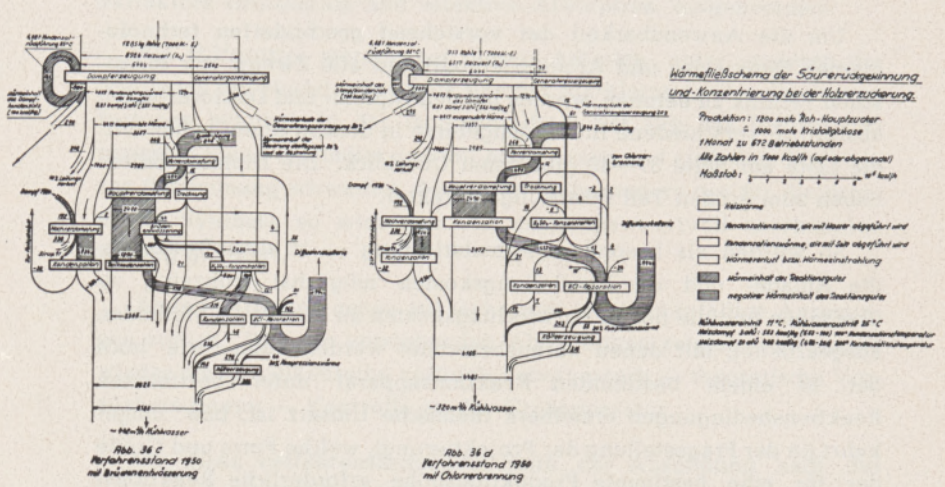
Die Senkung der  
 Fabrikationsspesen der  
 Salzsäurekonzentrierung  
 (für 100 kg HCl-Durchsatz)



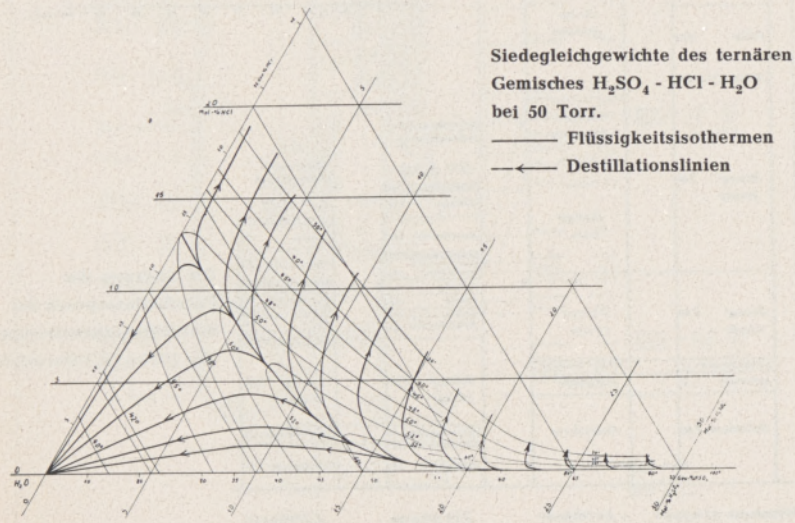
Aus Dissertationen des Instituts



Durch ein neues Salzsäure-Rückgewinnungsverfahren wurde der Energieverbrauch

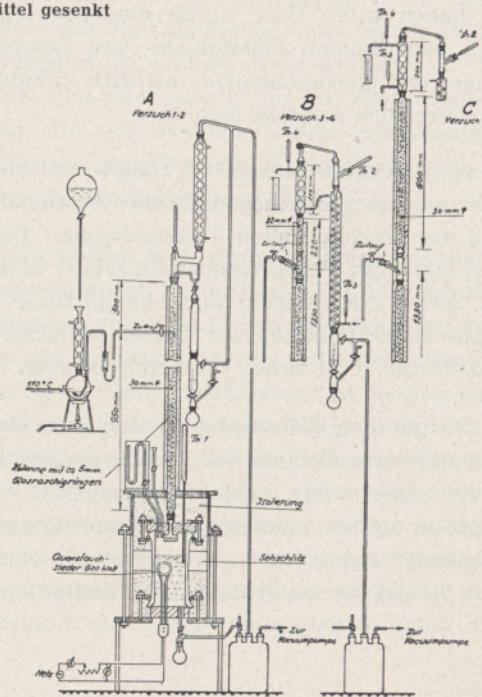


der Holzverzuckerung auf ein Drittel gesenkt



Siedegleichgewichte des ternären Gemisches  $H_2SO_4 - HCl - H_2O$  bei 50 Torr.  
 — Flüssigkeitsisothermen  
 ← Destillationslinien

Rektifikation von Salzsäure (22,2 Gew.-%ig) bei 50 Torr.





## Die wissenschaftlichen Arbeiten

Um die Anwendbarkeit der vorstehend geschilderten technologischen Denkweise und Arbeitsmethodik auf alle Zweige der chemischen Technik zu betonen, werden bei den Diplom- und Doktorarbeiten absichtlich verschiedene Interessengebiete in diesem Sinne behandelt; die Liste auf Seite 37—40 gibt einen Überblick. Die Diplomarbeiten haben zum großen Teil Forschungscharakter.

So wurden als besondere Arbeitsrichtung — in dem Bestreben, die Anlage- und die Herstellungskosten möglichst frühzeitig zu übersehen und die hohen Entwicklungskosten zu senken — Methoden ausgearbeitet, mit denen vorausberechnet werden kann, wie hoch der in einem bestimmten Reaktionsapparat unter bestimmten Reaktionsbedingungen erzielbare chemische Umsatz ist, bzw. umgekehrt (in der Fragestellung der Projektierung), welche Form und Größe der für eine bestimmte Produktionshöhe erforderliche Reaktionsapparat haben muß. Dies ist für die überwiegende Mehrzahl der technisch bedeutsamen Flüssigkeits- und Gasreaktionen sowohl in homogener und quasi-homogener als auch in heterogener Phase über fest angeordnetem Kontakt möglich.

Die so berechnete Menge der Haupt- und Nebenprodukte sowie des nicht umgesetzten Ausgangsstoffes bestimmt ihrerseits Art und Leistung der anschließenden Trennprozesse. Da letztere bei dem heutigen Stand der Verfahrenstechnik relativ leicht berechnet werden können, lassen sich nunmehr selbst komplizierte Verfahren, wie z. B. die Reppe-Buna-Synthese, auf Grund einfacher Labor- und Technikumsversuche recht sicher vorausprojektieren.

Mit der gleichen Zielsetzung werden auch theoretisch noch unzureichend fundierte Gebiete der Verfahrenstechnik bearbeitet; z. B. wurde die bisher in der Technik rein empirisch entwickelte Feststoffextraktion in die bei anderen Stofftrennprozessen bewährten graphischen Ausmittlungsverfahren einbezogen. In Hinblick auf die bevorstehende Steigerung der deutschen Erdölverarbeitung durch Krackung und den damit verbundenen Anfall von Kohlenwasserstoffen aller

Art wurde die Bearbeitung der modernsten Trennverfahren, wie extraktive Destillation und selektive Absorption, aufgenommen.

Als Hilfsmittel werden bei diesen Arbeiten unter anderen die Methoden der Hochdrucktechnik und der Markierung mit radioaktiven Isotopen benutzt. In der Isotopentechnik hat sich das Institut den neuesten Stand erarbeitet und mit einer neuen und einfachen Methode zur Bestimmung schwacher  $\beta$ -Strahler, insbesondere des für die organische Synthese so wichtigen  $^{14}\text{C}$ , einen als wertvoll anerkannten Beitrag geliefert.

Andere Arbeiten gehen auf mehr oder weniger zufällige Anregungen zurück. Wie die vorstehenden Abbildungen zeigen, wird immer wieder die Gedankenreihe verfolgt: Laborversuch — theoretische Vorausberechnung — Kontrolle an der Großapparatur.

Um diese verfahrenstechnische Seite der Ausbildung nach der betriebswirtschaftlichen Seite zu vervollständigen, wurde damit begonnen, dem Chemiker die Kalkulation in einer seiner Denkweise angepaßten Form zugänglich zu machen. Dazu werden z. Zt. Musterbeispiele ausgearbeitet und zwar sowohl für die Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung, die auf exakten Detailprojektierungen aufgebaut ist, als auch für die erste Überschlagskalkulation, die stärker mit zusammengefaßten Erfahrungswerten arbeitet.

In dieser Denkweise werden auch einige Probleme bearbeitet, die — durch die Tradition von Bosch, Mittasch und Gauß beeinflusst — an biologische Gedankengänge anlehnen. Durch ein neues Verfahren zur Konzentrierung wäßriger Salzsäure wurde ein entscheidender Beitrag zur Rationalisierung der Holzverzuckerung nach Bergius geleistet: reiner kristallisierter Traubenzucker kann nunmehr selbst bei den hohen deutschen Holzpreisen zu den gleichen Kosten wie Rübenzucker hergestellt werden. Über die Versorgung mit einem wertvollen Nahrungsmittel hinaus hilft damit die Chemie, den für die Aufrechterhaltung des Wasserhaushalts und des biologischen Gleichgewichts so wichtigen Wald zu erhalten, indem sie dessen intensivere Nutzung ermöglicht.



Eine ähnliche technologisch - biologische Gedankenkombination besteht auch bei dem Problem der biologischen Eiweißsynthese im Pansen der Wiederkäuer. Letztere decken über die Hälfte des deutschen Nahrungsfett- und -eiweißverbrauchs. Das sehr komplexe biologische



Wachstumssteigerung bei Hämmeln durch synthetisches Kraftfutter  
 — natürl. Kraftfutter, - - - - synth. Kraftfutter, ..... nur Grundfutter



Praktische Anwendung synthetischen Kraftfutters in USA

Geschehen wird auf Grundvorgänge zurückgeführt, die in der technischen Reaktionskinetik entwickelt sind. Die Arbeiten eröffnen die Aussicht zur fabrikatorischen Herstellung eines synthetischen Kraftfutters, das in Amerika auf einem speziellen Sektor schon wirtschaftlich genutzt wird und dort die Erstellung von neuen Chemiewerken begünstigt.



## Schlußwort

Die Fakultät für Chemie und der Senat der Technischen Hochschule Darmstadt haben dem Wandel der chemischen Technologie zu einem betont konstruktiven Fach Rechnung getragen, indem sie für die neue Diplomprüfungsordnung die Wiedereinführung des Grades „Diplom-Ingenieur“ für Chemiker, die technologische Kenntnisse besonders nachweisen, beschlossen und die Genehmigung durch das Kultusministerium beantragt haben.

Die vorstehend geschilderte günstige Entwicklung von Lehre und Forschung darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß es sich noch nicht um eine gesunde Dauerleistung handelt. Sie war nur dadurch möglich, daß alle Beteiligten in Erwartung einer baldigen Besserung der Verhältnisse in den vergangenen Jahren außergewöhnliche Arbeitsleistungen auf sich genommen haben. Die Überanstrengung ist aber physisch und psychisch nicht länger tragbar; die eingangs geschilderten Erschwerungen und die Enttäuschungen haben zu lange gedauert.

Die ganze Nachkriegsentwicklung des Instituts stellt nur einen Einzelfall der kritischen Gesamtentwicklung der Hochschule dar, auf die von berufener Seite immer wieder hingewiesen worden ist, zuletzt von Präsident Menne anläßlich des 75. Jubiläums des Verbandes der deutschen chemischen Industrie mit der Warnung: „Unsere wissenschaftlichen Hochschulinstitute werden veröden, schaffen wir nicht Abhilfe.“

## Die nach 1947 ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten

### Studienarbeiten

- E. Becker: Projektierung einer Vinylacetatfabrikation.
- H. Hahn: Entwurf einer Praktikumsapparatur zur Messung von Wärmeübergangszahlen von Flüssigkeiten an eine Rohrwand.
- W. Zeitz: Die Theorie der Berechnung von Solventextraktionsanlagen.
- K. Dehnert: Feststellung der Kristallisationsgleichgewichte im System  $K_2Cr_2O_7 - KNO_3 - H_2O$ .
- W. Raskob: Neuere amerikanische Methoden zur Berechnung von Filterleistungen.
- H. Schwalb: Berechnung und Aufbau einer kontinuierlich arbeitenden Destillationskolonne mit Temperaturfernmeßanlage im Technikum.
- Th. Voeste: Die neuen amerikanischen Methoden zur Berechnung von Absorptionsapparaten.
- R. Bettaque: Die Methoden zur Vorausberechnung der  $SO_3$ -Bildung am Kontakt als Funktion der Reaktionstemperatur.
- W. Gosewinkel: Versuche über den chemischen Umsatz im Rieselofen.
- O. Garkisch: Aufbau einer Apparatur zur Bestimmung des Dampf-Flüssigkeits-Gleichgewichtes von Butangemischen.
- K. Kirschmann: Berechnung und Aufbau einer kontinuierlich arbeitenden Hochdruckapparatur für Methanol- und ähnliche Synthesen.
- H. Schütter: Aufstellung eines Preisverzeichnisses aller wichtigen chemischen Apparatetypen.



### Diplomarbeiten

- K. Redlich: Der Einfluß der Diffusion auf die Ausnutzbarkeit der Kontaktporen beim Rieselfverfahren.
- J. Ciric: Die Projektierung einer Stärkezuckerfabrikation.
- J. Crützen: Die Möglichkeiten der Vorausberechnung von Dampfdrucken unter spezieller Berücksichtigung der Dühringschen Regel.
- H. Hofmann: Der Porenausnutzungsgrad als bestimmende Größe beim Umsatz an porösen Katalysatoren.
- O. Kunz: Die Ermittlung des Formfaktors von Kontaktkörnern.
- K. F. Gander: Die Projektierung einer Liquirizia-Extraktionsanlage.
- H. Becker: Das Problem der Eiweißersatzfütterung und die Möglichkeit seiner Klärung mit dem Stickstoffisotop N-15.
- H. Hahn: Die Butadienbildung aus Acetylen und Methanol.
- W. Zeitz: Die Projektierung einer Vinylacetatfabrik.
- K. Dehnert: Die Umsetzung von Kohlehydraten mit Ammoniak.
- K. Melzer: Die kontinuierliche Verzuckerung von Sägespänen.
- E. Becker: Der chemische Umsatz bei der katalytischen Druckhydrierung von Erdöl.
- W. Raskob: Die Synthese von Hexaoxybenzol aus Kohlenoxyd und Natrium.
- H. Schwalb: Die Ausnutzbarkeit geringer Schwefeldioxydmen gen aus Abgasen durch Absorption.
- O. Jensen: Die Zerlegung von Flüssiggas durch extractive Destillation.
- Th. Voeste: Methoden zur Berechnung von Extraktionsanlagen für Feststoffe.

- R. Bettaque: Die Berechnung des chemischen Umsatzes und der Wärmeübergangsfläche bei der heterogenen Gaskatalyse.
- K. Kirschmann: Methoden zur Berechnung von Kreisprozessen mit Fremdstoffausschleusung.
- W. Gosewinkel: Die Methodik der exakten Kalkulation der Anlage- und Gestehkosten chemischer Fabrikationen.
- O. Garkisch: Die Ermittlung neuer Schleppersubstanzen für die extractive Destillation von Butangemischen.
- H. Schütter: Die Projektierung einer Raschig-Phenol-Synthese.
- W. Bill: Über die technischen Eigenschaften der Diver'schen Lösungen.

### Doktorarbeiten

- K. Redlich: Zur Frage der Vorausberechnung katalytischer Fabrikationsprozesse.
- H. Kemmer: Stand und Aussichten der Eiweißersatzfütterung (Nachweis der bakteriellen Eiweißsynthese mit  $^{15}\text{N}$ ).
- Th. Riehm: Die Wiedergewinnung und Konzentrierung von Salzsäure.
- H. Hofmann: Die Vorausberechnung des chemischen Umsatzes bei kontinuierlich durchgeführten Reaktionen in flüssiger Phase.
- W. Raskob: Reaktionsmöglichkeiten des Lignins. Projektierung der Phenolsynthese über Cumolhydroperoxyd.

### Sonstige Arbeiten

- E. Kilian: Erprobung neuartiger synthetischer Amidfutt ermittel.
- J. C. de Queiroz: Die Abhängigkeit der effektiven Verweilzeit im Rieselofen von den Stoffeigenschaften des strömenden Mediums und des Kontaktmaterials.



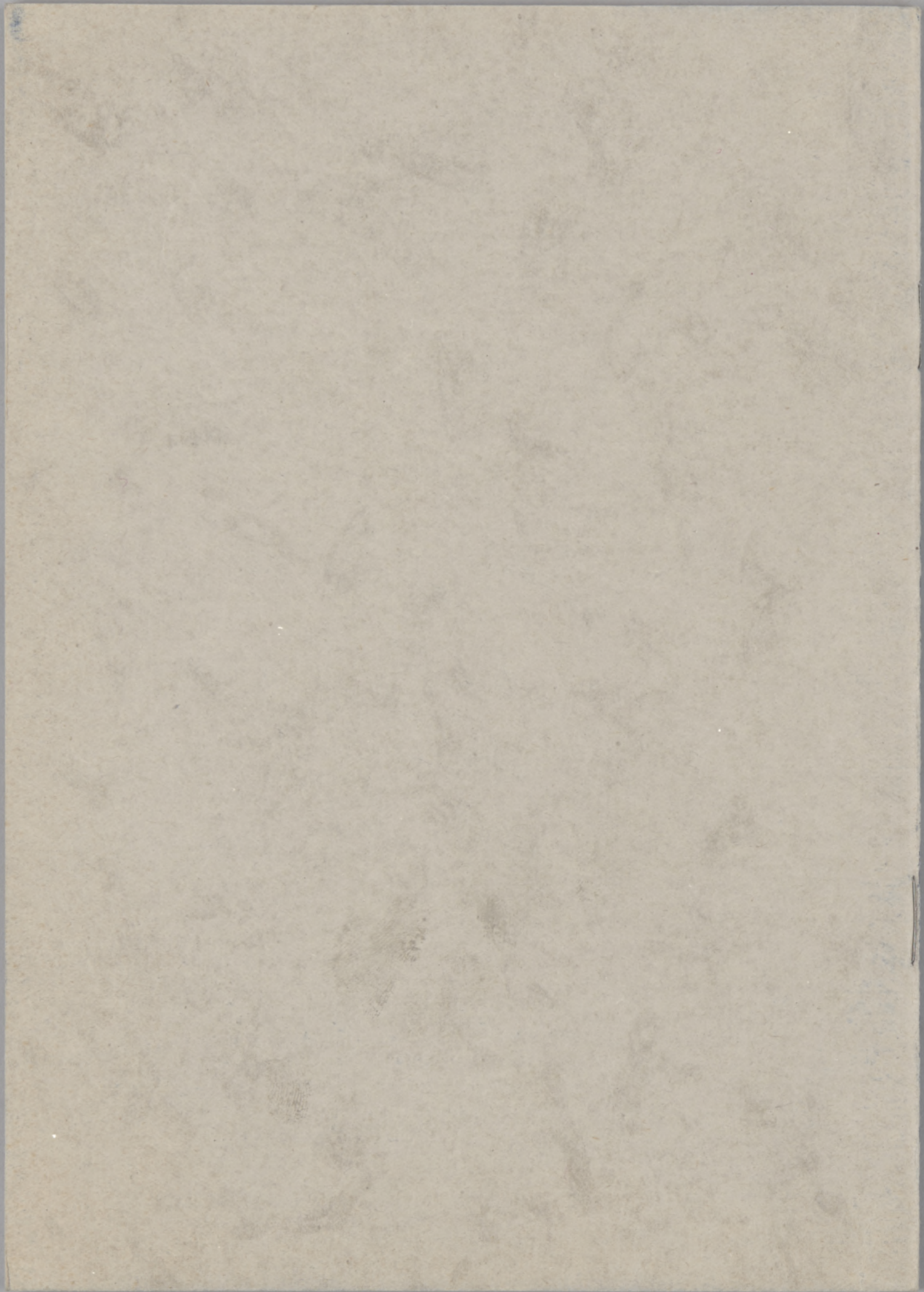
### Sonstige Veröffentlichungen und Vorträge

- K. Schoenemann und K. Rinn: Über die Aussichten der Glycerinerzeugung durch Vergärung von Holzzucker (FIAT-Bericht 1946).
- K. Schoenemann: Stand und Aussichten der Entwicklung synthetischer Futtereiweiß-Ersatzstoffe. (Denkschrift an General Eisenhower und Ernährungsministerium 1946).
- K. Schoenemann: Friedrich Bergius' Lebenswerk. (Brennstoff-Chemie **30**, 177/81, 1949).
- K. Schoenemann: Die Entwicklung der Kohlehydrierung (Vortrag vor Gesellschaft der Freunde der TH Darmstadt 1949).
- K. Schoenemann: Aus Ursprung und Entwicklung der neueren chemischen Industrie, Wilhelm Gaus zum 75. Geburtstag (Chem. Ing. Techn. **23**, 489/90, 1951).
- K. Schoenemann: Der chemische Umsatz bei kontinuierlich durchgeführten Reaktionen (Dechema - Monographien Band 21, 203/237, 1952).
- K. Schoenemann: Die moderne technologische Denkweise und Arbeitsmethodik, veranschaulicht am Beispiel der Raschig-Phenolsynthese (Vortrag im Vorlesungszyklus der ACHEMA 1952; wird in Kürze veröffentlicht).
- K. Schoenemann und Th. Voeste: Die Berechnung von Feststoffextraktionsanlagen (Fette und Seifen, **54**, 185/93, 1952).
- K. Schoenemann und H. Hofmann: Die Anwendung von Isotopen zur Vorausberechnung der Form und Größe chemischer Reaktionsapparate. (Eine neue einfache Methode zur Messung schwacher  $\beta$ -Strahler in Lösung.) (Vortrag von H. Hofmann auf dem 2. Isotopenkurs in Frankfurt am Main 1952; wird in Kürze veröffentlicht.)
- K. Schoenemann: Stand und Aussichten der Amidfütterung (Vortrag vor dem Institut für Haustierernährung der E. T. H. Zürich, Januar 1953).

Die Entstehung der Denkschrift geht auf eine Anregung von Herbert Bretschneider, Dr. phil., Dipl.-Chem., Senator E. h., Geschäftsführendes Vorstandsmitglied der DECHEMA, zurück, dem ich an dieser Stelle für die Unterstützung danken möchte.

Der Verfasser.







# Inter-Office Memorandum

McGRAW-HILL COMPANIES

TO Contributors to Ernst Berl Memorial Fund  
LOCATION  
SUBJECT Final Report on Collections

FROM Sidney D. Kirkpatrick  
LOCATION 330 West 42nd Street  
New York 36, New York  
DATE July 16, 1956

Gentlemen:

I am pleased to report that as a result of your contributions the bronze bust of the late Professor Ernst Berl has been appropriately placed in the main auditorium of the new Institute for Chemical Technology at Darmstadt. A modest brass plate will list alphabetically the names of twenty-four "American Friends and Admirers".

Final plans for the dedication and memorial ceremonies have not yet been set, but it is our hope and expectation that we may be represented on this occasion by none other than the American Ambassador to Germany. I shall inform you later as to the date, just in case any of you are planning to be in Germany this year.

Through the courtesy of Dr. Berl's successor at Darmstadt, Professor Dr. Karl Schoenemann, and Dr. Herbert Bretschneider, director of Dechema, I am pleased to send you herewith a 1953 description of plans for the reconstruction of the famous old institute at Darmstadt and its dedication as the "Ernst-Berl Institut". You'll be interested in knowing that the portrait on page 7 was made from a news photograph given to me by Mrs. Berl, shortly after her husband's death. It shows him signing his American citizenship papers, which she reported was one of the happiest moments in his long and eventful life.

When I told Mrs. Berl of the generous response to my letters and those written to some of you by Webster N. Jones, she asked me to thank each of you: She wrote, in part:

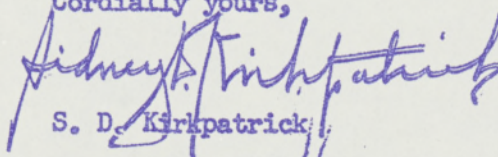
"I cannot express adequately my thanks for making possible this memorial for Dr. Berl. It is not only honoring his memory on the spot where he worked for 14 years, and where he experienced the darkest hours in his career. It demonstrates to Germany the unique generosity of the American people, their deep-rooted sense of justice, their desire to right wrongs. It proves the constructive attitude of American scientists and engineers to cooperate with universities in other countries for a better understanding among nations and thus promising more lasting peace in the world."



Now for a brief accounting: The life-sized bronze bust, which was a replica of one owned by Mrs. Berl and made by a reputable German sculptor in the 1920's, cost \$187.00 (including packing and shipping). The mounting in Darmstadt and the preparation of the engraved plate cost 500 DM or \$118.75. This leaves a balance of about \$120 which I shall turn over to Professor Schoenemann for use in the Institute's library fund. Again it will be credited to "American Friends and Admirers of Ernst Berl".

May I add my own sincere thanks for responding so promptly and generously to our appeal.

Cordially yours,

  
S. D. Kirkpatrick

-----  
ERNST BERL, 1877 - 1946

A Tribute from These American Friends and Admirers

Roger Adams	C. C. Monrad
J. L. Bennett	R. L. Murray
E. K. Bolton	D. F. Othmer
W. I. Burt	M. E. Putnam
J. B. Conant	E. G. Robinson
J. V. N. Dorr	Games Slayter
I. Estermann	Otto Stern
F. C. Frary	E. P. Stevenson
Adolph Harvitt	B. R. Teare, Jr.
W. N. Jones	S. L. Tyler
D. B. Keyes	J. C. Warner
S. D. Kirkpatrick	R. I. Wishnick

Enclosure: Dechema booklet, "Wiederaufbau und Neueinrichtung des Ernst-Berl Institut für Chemische Technologie", March, 1953



**Der Teilchenstrom bei Raumgitterinterferenzen von Materiewellen.** Von M. v. LAUE,  
Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Faradayweg 4-6, Berlin-Dahlem, Deutschland

(Eingegangen am 17. November 1952)

Bei Röntgenstrahlinterferenzen folgt, wie kürzlich gezeigt (Laue, 1952), der Energiestrom keinem der Wellenvektoren, welche dabei eine Rolle spielen, er setzt sich vielmehr vektorieil aus Summanden zusammen, deren jeder die Richtung eines solchen Wellenvektors hat, und dessen Betrag zur Stärke der zugehörigen Welle proportional ist. Dies liess sich aus dem Poyntingschen Satz ableiten, demzufolge die Stromdichte der Energie gleich dem Vektorprodukt aus beiden Feldstärken (im Lorentzsches Masssystem multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit) ist. Bei Materiewellen entspricht dem Energiestrom der Teilchenstrom. Schrödingers Theorie gibt für diesen eine allgemeine Formel, welche mit dem Poyntingschen Satze keinerlei Ähnlichkeit hat. Wir wollen zeigen, dass trotzdem die Bahn der Teilchen ähnlich dem Energiestrom bei Röntgenstrahlen verläuft.

Wir benutzen im Folgenden die dynamische Theorie der Raumgitter-Interferenzen, wie sie speziell für Elektronenwellen Bethe (1928) und in etwas anderer Form Lamla (1938a, b) gegeben haben. Sie setzt einen Idealkristall mit völlig ungestörter periodischer Wiederholung voraus. Für Neutronen, auf deren Beugung im Kristall sich das Folgende wohl am ehesten anwenden lässt, liegt darin die über die Bedingungen für die Röntgenstrahl-Interferenzen hinausgehende Forderung, dass jedes chemische Element im Kristall nur mit einer Atomart vertreten ist, dass es also keine Isotopen in ihm gibt. Ist diese Forderung wohl auch selten in den natürlichen Mineralien erfüllt, so enthält sie doch keine naturgesetzliche Unmöglichkeit, ja, die fortschreitende Kunst der Isotopentrennung stellt die künstliche Züchtung von Kristallen in Aussicht, die ihr genügen.

Der einfachste im Raumgitter mögliche Schwingungsvorgang ist das Wellenfeld, dargestellt durch die Schrödingerfunktion

$$\psi = \exp \left[ \frac{2\pi i E}{h} t \right] S_m u_m \exp [-2\pi i (\mathfrak{K}_m \mathbf{r})] \cdot * \quad (1)$$

Dabei ist  $E$  die Energie der Korpuskeln, die in Rede stehen,  $h$  das Plancksche elementare Wirkungsquantum. Die Wellenvektoren  $\mathfrak{K}_m$  stehen mit den Vektoren  $\mathfrak{b}_m$  des reziproken Gitters und mit dem einen von ihnen,  $\mathfrak{K}_0$ , in der Beziehung

$$\mathfrak{K}_m = \mathfrak{K}_0 + \mathfrak{b}_m. \quad (2)$$

Die schon erwähnte Formel für die Stromdichte der Korpuskeln der Masse  $\mu$  lautet:

$$\mathfrak{S} = \frac{h}{4\pi i \mu} [\psi \text{ grad } \psi^* - \psi^* \text{ grad } \psi] \cdot \dagger \quad (3)$$

\* Die Summation nach  $m$  bedeutet eine dreifache Summation nach den Indices  $m_1, m_2, m_3$  der Punkte des reziproken Gitters.  $\mathfrak{K}_m$  ist der zugehörige Wellenvektor.

†  $i$  bedeutet die imaginäre Einheit,  $\psi^*$  ist zu  $\psi$  konjugiert komplex. Analog ist in (4) und (5)  $u^*$  zu  $u$  konjugiert.

Setzen wir hier den Wert (1) für  $\psi$  ein, so wird in Hinblick auf (2)

$$\begin{aligned} \mathfrak{S} &= \frac{h}{2\mu} S_m S_n u_m u_n^* (\mathfrak{K}_m + \mathfrak{K}_n) \exp [2\pi i ((\mathfrak{K}_n - \mathfrak{K}_m), \mathbf{r})] \\ &= \frac{h}{2\mu} S_m S_n u_m u_n^* (\mathfrak{K}_m + \mathfrak{K}_n) \exp [2\pi i ((\mathfrak{b}_n - \mathfrak{b}_m), \mathbf{r})] \cdot (4) \end{aligned}$$

Danach wechselt der Strom innerhalb einer Raumgitterzelle Richtung und Stärke in schwer übersehbarem, aber auch nie beobachtbarem Masse. Für das Experiment kommt nur der räumliche Mittelwert in Betracht, genau wie beim Energiestrom der Röntgenstrahlen. Mittelung über die Zelle lässt aber, ganz wie im Fall der Röntgenstrahlen, alle Summanden in (4) verschwinden, ausgenommen diejenigen, für welche  $m = n$  ist. Der beobachtbare Teilchenstrom ist also gegeben durch die Gleichung:

$$\bar{\mathfrak{S}} = \frac{h}{2\mu} S_m u_m u_m^* \mathfrak{K}_m. \quad (5)$$

Er setzt sich in der Tat zusammen aus Summanden, deren jeder die Richtung eines Wellenvektors  $\mathfrak{K}_m$  hat und in seinem Betrage zur Stärke der entsprechenden Welle proportional ist. Gleichung (5) entspricht der Formel (9) der zitierten Arbeit über die Röntgenstrahlinterferenzen.

Nun lässt sich bei den Materiewellen das einzelne Wellenfeld ebensowenig unmittelbar erzeugen, wie bei den Röntgenstrahlen (siehe § 3 der oben zitierten Untersuchung). Selbst wenn eine einzelne, monochromatische, ebene Welle auf die ebene Vorderfläche eines Kristalls fiele, entstünde eine Mehrzahl durch ihre Vektoren unterschiedener, unter einander interferierender Wellenfelder; eine allgemeine Aussage über die Teilchenbahn wäre damit unmöglich. Aber der Versuch liefert niemals diese einzelne einfallende Welle vielmehr stets Strahlenbündel endlicher, wenn auch kleiner, Öffnung. Aber alle dadurch verursachten Komplikationen fallen für einen absorbierenden Kristall hinreichender Dicke fort, wenn in Analogie zu den Röntgenstrahlen die Absorption von Wellenfeldern anomal ist, sodass von allen zunächst entstehenden Wellenfeldern schliesslich nur das der kleinsten Absorption übrig bleibt. Dann muss sich die Teilchenbahn ähnlich einstellen, wie bei den entsprechenden, früher besprochenen Röntgeninterferenzen die Energiebahn (vergl. § 4 und § 6 der zitierten Arbeit).

#### Schrifttum

- BETHE, H. (1928). *Ann. Phys., Lpz.* 87, 55.  
LAMLÄ, E. (1938a). *Ann. Phys., Lpz.* 32, 178.  
LAMLÄ, E. (1938b). *Ann. Phys., Lpz.* 32, 225.  
LAUE, M. v. (1952). *Acta Cryst.* 5, 619.