

# 50 Jahre Grosschemie

Autor(en): **Heinrich, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 11

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-654491>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

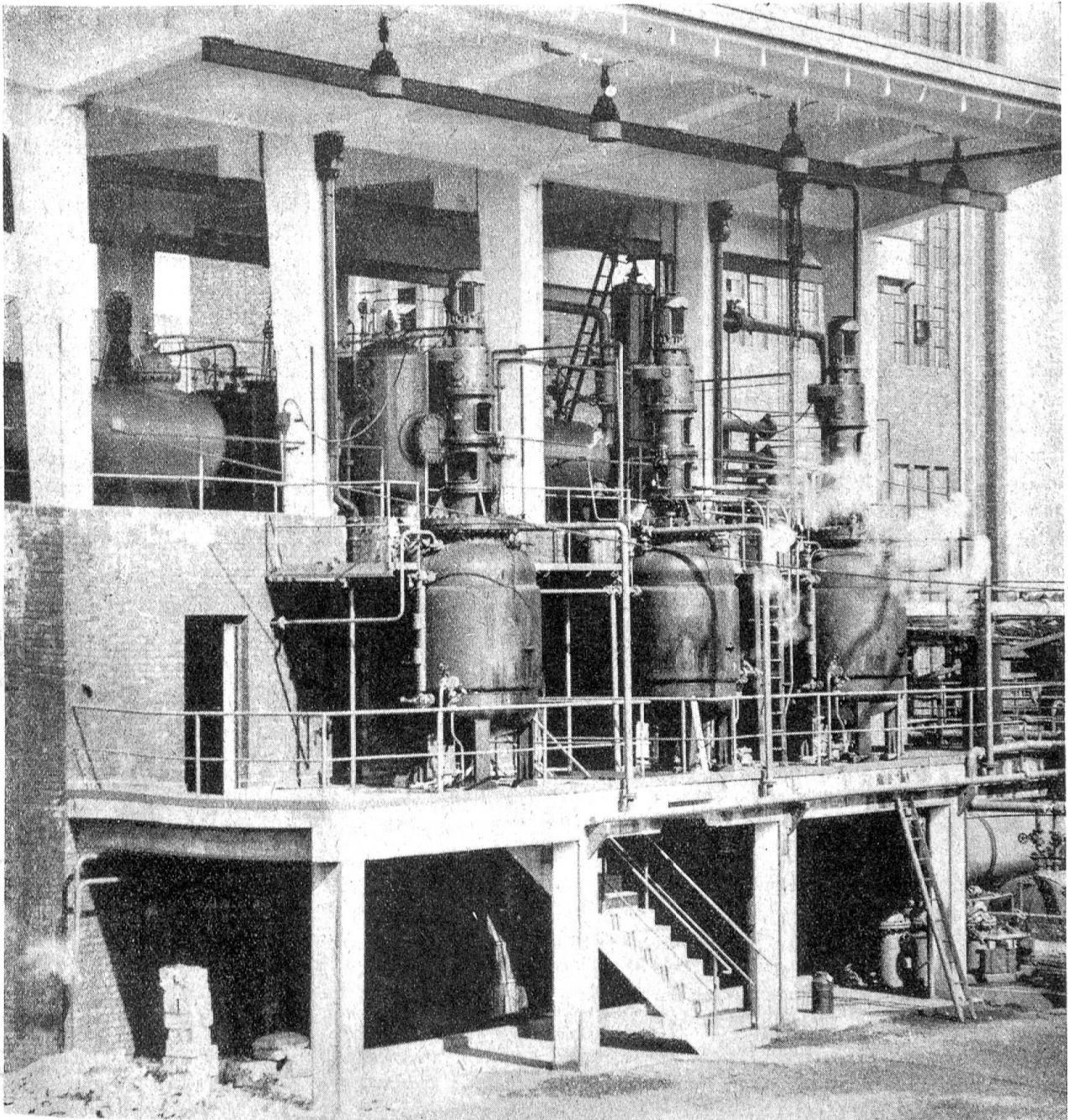
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

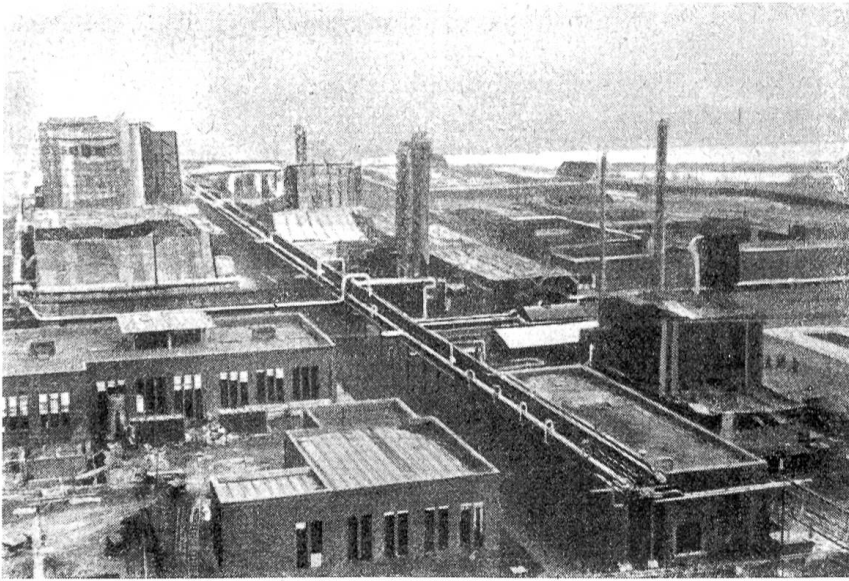
## 50 Jahre Großchemie



*Die Apparaturen der modernen Großchemie fallen durch ihre Mächtigkeit auf*

Die Menschheit hat im Laufe der Jahrtausende gelernt, die ihr von der Natur gebotenen Rohstoffe — Wolle, Baumwolle und Häute, Fette und Gummi, Holz, Erze und Metalle, Kohle und Salpeter und

viele andere — zu nutzen. Doch diese Ausnutzung wurde für manche, uns Heutigen unentbehrlich gewordene Stoffe zum Raubbau; sie verknappten in bedrohlich zunehmendem Maße. Gleichzeitig wurden



*Ein Blick über die umfangreichen Anlagen eines Treibstoffwerkes*

auch die Beschaffungsschwierigkeiten für viele Länder immer größer. Am unangenehmsten aber blieb die Abhängigkeit von den Zufälligkeiten des Vorkommens, der Witterung und sonstiger unabänderlicher Naturgegebenheiten. Das Streben nach „Rohstoff-Freiheit“ ist also recht verständlich. Dieses Ziel weitgehend erreicht zu haben ist eine der größten Leistungen der Chemie im abgelaufenen halben Jahrhundert. Sie bestand aber nicht nur in einer großartigen Überwindung der quantitativen Beschränkungen, also in einer Bereitstellung ausreichender Mengen, sondern auch in einer Bewältigung der von der Natur gesetzten qualitativen Grenzen. Man hat neue Stoffe erzeugt mit neuen, vom technisch-wirtschaftlichen Standpunkt aus besseren Eigenschaften als denen der Naturstoffe, und schon zeichnet sich eine Zukunft ab, in der man bewußt Werkstoffe mit ganz bestimmten, dem jeweiligen Zweck angepaßten Eigenschaften wird erzeugen können.

Die Periode der Nutzung der natürlichen Rohstoffe wurde abgelöst durch die Zeit der Umwandlung dieser Stoffe. Heute gelingt der Chemie so manche derartige Umformung, für die in der Natur Jahrtausende benötigt werden, in menschlich-irdischen Zeitmaßen von Wochen, Tagen und Stunden. Die Ausnutzung der Rohstoffe setzte dabei gewissermaßen auf niedrigerer Stufe ein: Was früher Rohstoff gewesen war, wurde nun Zwischenprodukt; Erdöl und Kohle, mit denen man zuvor Raubbau getrieben hatte, wurden chemische Rohstoffe; Luft und Wasser kamen als neue Ausgangsmaterialien hinzu. All dies hat freilich nicht schlagartig mit der Jahrhundertwende eingesetzt. In langsamem Übergang haben sich die verschiedenen Gebiete der Groß-

chemie teils gleichzeitig, teils nach einander und aus einander entwickelt. Einige wenige dieser Bereiche sollen hier beispielhaft herausgegriffen und näher beleuchtet werden.

Zwei technische Höchstleistungen des vorangegangenen Jahrhunderts waren es, die das Werden einer Großchemie überhaupt erst ermöglichten: die vor etwa hundert Jahren einsetzende Gewinnung und Nutzbarmachung der Steinkohlevorräte, die der Dampfmaschine und der Dampfturbine zur umfassenden Verbreitung verhalf, und die erst die Eisenerzeugung im Großen möglich machte, sowie die Entdeckung des dynamo-elektrischen

Prinzip durch Werner von Siemens im Jahre 1866, durch die erst die Erzeugung großer elektrischer Energien möglich wurde. Die neben diesen technischen Bedingungen notwendigen wissenschaftlichen Voraussetzungen aber waren durch die Erfolge der Grundlagenforschung auf chemischem und physikalischem Gebiet gegeben, die auf dem Werk der Berzelius, Liebig, Wöhler, Bunsen sich gründeten.

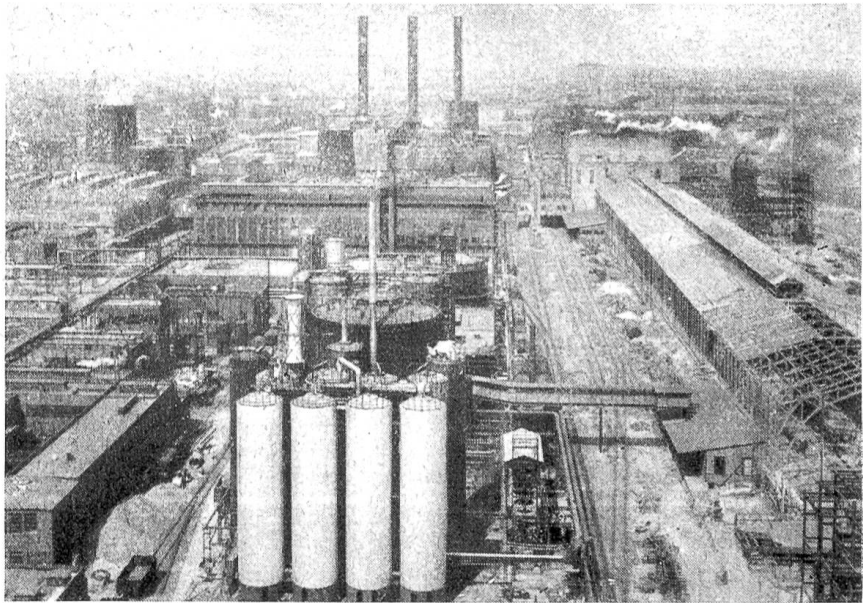
Die maßgeblichen Ideen, die dann zur eigentlichen Entwicklung der Großchemie führten, beruhen auf wenigen Tatsachen. Unter ihnen steht an erster Stelle eine vielseitige und außerordentlich verstärkte Energieanwendung, sei es in Form hoher Temperaturen und hoher Drucke oder als elektrische Energie hoher Spannungen oder großer Stromdichten, schließlich auch in Form von Strahlungsenergie. Als zweites förderndes Moment ist die Katalyse zu nennen, also das Vermögen gewisser Stoffe, chemische Vorgänge, ohne selbst an diesen beteiligt zu sein, allein durch ihre Anwesenheit zu beschleunigen oder in bestimmte Richtung zu lenken. Die Entwicklung der Gasverarbeitungstechnik im Großen muß an dritter Stelle erwähnt werden — eine Entwicklung, die ganz im Gegensatz zu den früher meist nur in flüssigen Medien durchgeführten Reaktionen steht; hieß es doch damals „*corpora non agunt, nisi fluida*“ („Stoffliches kann nicht reagieren, wenn es nicht flüssig ist“). Endlich sei noch die technische Nutzung der Erkenntnis über die Zusammenhänge zwischen dem Aufbau der Materie und ihren Eigenschaften genannt, deren Erfolge uns in der Metallkunde, in der Silikatchemie und besonders in der „Polymer-Chemie“, also bei den Kunststoffen, entgegenreten. Die Rohstoffumwandlungen, die unter Zuhilfenahme dieser Grundtat-

sachen in den letzten fünfzig Jahren praktisch durchgeführt wurden, sind so zahlreich, daß wir uns auf die wesentlichen beschränken müssen: auf die von Kohle, Erdöl, Holz, sowie von Wasser und Luft.

Kohle liefert bei der in der Erhitzung auf helle Glut bestehenden Verkokung den größtenteils zur Eisen- und Stahlgewinnung verwendeten Koks, ferner Koks-gas zu Brennzwecken und zur chemischen Verwertung, endlich die sogenannten Kohlenwertstoffe im Teer und im Ammoniakwasser. Teer als der Ausgangsstoff einer blühenden Farbstoffindustrie enthält unter anderem auch Phenol, Kresol, Xylenol und ähnliche Stoffe.

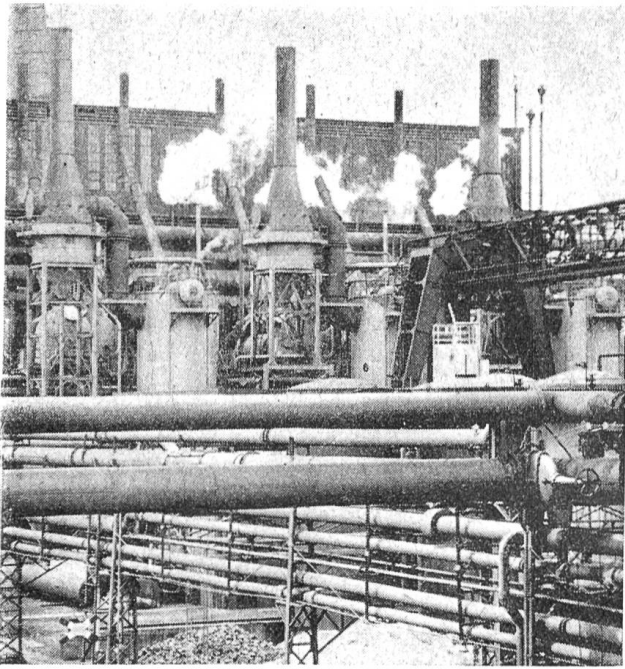
Sie besitzen die Fähigkeit, sich zu kondensieren, sich also mit anderen Stoffen unter Wasseraustritt zu verbinden. Hierfür sind vornehmlich die Aldehyde geeignet: Formaldehyd und Furfurol. Formaldehyd, das am meisten verwendete Kondensationsmittel, wird ebenfalls aus der Kohle gewonnen, und zwar durch katalytische Hydrierung — so nennt man die Anlagerung von Wasserstoff — des Kohlenoxydgases. Furfurol läßt sich leicht aus Kleie in reichlichen Mengen darstellen; aber auch aus Holz erhält man es durch Verzuckerung. Das durch Kondensation entstandene Kunstharz hat je nach dem besonderen chemischen Verfahren recht verschiedene Eigenschaften, deren wichtigste die Härtheit bei etwa hundert-siebzig Grad Celsius ist. Die harzigen Massen werden mit Holzmehl, Zellstoff-Flocken, Textilfasern oder Gesteinsmehl und dergleichen vermischt, wobei die „Preßmassen“ entstehen. Diese Massen werden in hydraulischen Pressen mit vierhundert bis fünfhundert Kilogramm je Quadrat-zentimeter in Formen verpreßt, wobei sie durch Temperatureinwirkung verhärten. Aus solchen Preßmassen bestehen die meisten Kunststoff-erzeugnisse: die Radiogehäuse, Staubsauger und Kleinmaschinenteile, die Aschenbecher und Picknickgeschirre, aber auch Zahnräder und Getriebeteile. Damit hat uns die moderne Chemie einen der wichtigsten Austauschstoffe für Holz und Metall geschenkt.

Kohle führt in Mischung mit Kalk noch zu einem anderen wichtigen Ausgangsstoff der modernen Chemie, dem Calciumkarbid. Es wird im elektrischen Ofen bei Temperaturen von zweitausend-fünfhundert bis dreitausend Grad Celsius durch Zusammenschmelzen von ungelöschtem Kalk und Kohle gewonnen.



*Auch dieses Bild läßt die große Ausdehnung der chemischen Werke erkennen*

Solche Temperaturen zu erreichen, erfordert elektrische Strommengen bis zu dreitausend-fünfhundert Kilowattstunden je Tonne Karbid; oft werden bis zu dreißigttausend Kilowatt in den Elektroden eines einzigen Karbidofens vereinigt. Diese geballten Energien, erkennbar an den gelbroten Flammgarben des verbrennenden Kohlenoxyds und an dem Abstich des sonnenhell glühenden Karbids, mit Temperaturen, die doppelt so hoch wie beim Abstich eines Eisenhochofens sind, bieten ein gewaltiges und eindrucksvolles Schauspiel. Der größte Teil des so gewonnenen Calciumkarbids wird mit Wasser zu gasförmigem Acetylen umgesetzt, das die Grundlage eines völlig neuen Zweiges der Chemie, der Acetylenchemie geworden ist, die von den Amerikanern auch Reppe-Chemie genannt wird — eine Bezeichnung, die den deutschen Chemiker Reppe ehrt. Das Acetylenmolekül besteht aus zwei Kohlenstoffatomen, die durch dreifache Bindung aneinander gekettet sind; sie besitzen daher eine ganz besondere Reaktionsfähigkeit und vermögen so, noch andere Stoffe anzulagern. In der Auslösung und Lenkung dieser verschiedenen Reaktionen feierte nun die Katalyse ihre größten Triumphe: In Gegenwart von Zink- oder von Cadmiumazetat, das auf aktiver Kohle niedergeschlagen wurde, wird bei etwa zweihundert Grad Celsius Essigsäure angelagert; es entsteht das Vinylazetat. Quecksilberchlorid bewirkt bei etwa einhundertundsechzig Grad Celsius die Anlagerung von Salzsäure; es entsteht Vinylchlorid. Man kann Acetylen aber auch mit Palladium oder Nickel als Katalysator zu Äthylen hydrieren, das seinerseits wieder durch Benzolanlagerung zu Vinylbenzol oder Styrol wird, das in der Natur in der Balsamart



Rohrleitungen, Generatoren, Kühltürme — das ist die „Landschaft“ der Großchemie

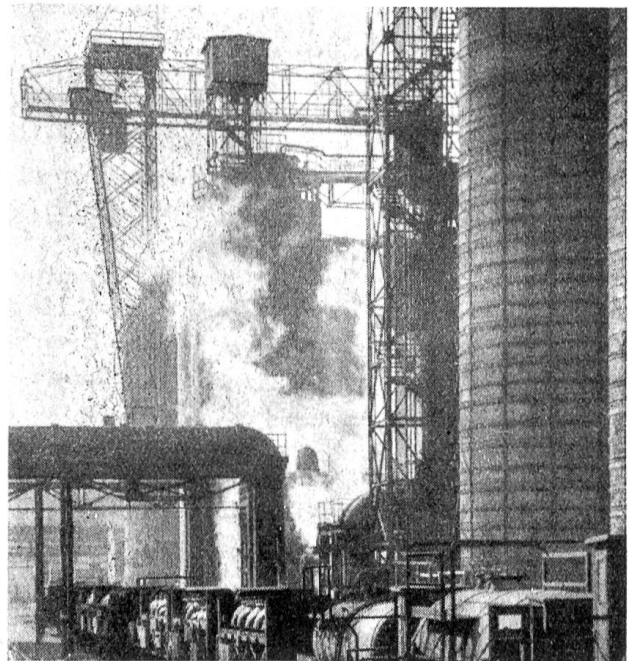
„Storax“ vorkommt. Endlich läßt sich katalytisch aus Acetylen auch Aceton erzeugen, das mit Cyan zu Methacrylsäure oder Methacrylsäuremethylester führt.

Alle diese Vinylverbindungen zeichnen sich nun dadurch aus, daß sie an Stelle der dreifachen Bindung des Acetylen eine Doppelbindung besitzen, die unter gewissen Bedingungen in eine einfache Bindung übergehen kann, während die anderen Bindungen gewissermaßen „aufklappen“ und dann beiderseits je ein weiteres Molekül anlagern können. So können sich durch „Polymerisation“ Riesmoleküle, „Makromoleküle“, bilden, eine andere Art von Kunststoffen, die „Thermoplaste“ — im Gegensatz zu den erwähnten, durch Kondensation gebildeten „Phenoplasten“. Diese kettenmolekular gebauten Thermoplaste sind im Gegensatz zu den Phenoplasten nicht härtbar. Sie erweichen bei bestimmten Temperaturen, lassen sich dann durch Pressen oder Spritzen verarbeiten und werden bei der Abkühlung wieder fest. Derartige Kunststoffe kennen wir, teilweise in Mischung mit anderen Stoffen polymerisiert, als Igelit — für Schuhe und Regenmäntel, Tischdecken und sogar für den Hausbau — und Mipolam, als Mowolith und Vinnapas, als Trolitul, als Plexiglas und unter anderen Namen.

Acetylen läßt sich aber auch in Butadien verwandeln, das aus zwei miteinander verbundenen Vinylresten besteht. Es bildet den Ausgangsstoff zu den synthetischen Kautschuken, also zum Buna.

Auch Erdöl und Erdgas sind in diesem Zusammenhang von Interesse. Aus ihnen wie auch direkt aus Methan wird in den Vereinigten Staaten und in Rußland Butadien hergestellt, das auf Kunst-Kautschuk verarbeitet wird. In Amerika hat sich aus der Erdölverarbeitung eine ganze chemische Industrie, die der „petrochemicals“, entwickelt, deren neuester Erfolg die synthetische Gewinnung von Glycerin ist, das man bis dahin nur durch Spaltung natürlicher Fette erhalten konnte.

Zu einer weiteren Reihe von synthetischen Stoffen führt die Verarbeitung der Kohle in Verbindung mit dem Rohstoff Wasser durch all die vielen katalytischen Hydrierungsverfahren, unter denen an erster Stelle wohl das für die ganze Margarine-Industrie grundlegende Fetthärtungsverfahren nach Normann zu nennen ist, das die Verarbeitung auch flüssiger Fette zu Margarine ermöglicht hat. Durch zahlreiche andere Verfahren stieg der Wasserstoffbedarf ganz außerordentlich. Und wieder half hier die Katalyse. Wassergas besteht zu neunzig Prozent aus einem Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff. Leitet man dieses Gas nun zusammen mit Wasserdampf, bei etwa fünfhundert Grad Celsius über einen Eisenoxyd-Katalysator, so wird das Kohlenoxyd ohne weiteren Wärmeverbrauch durch den Sauerstoff des Wassers zu Kohlensäure oxydiert, während Wasserstoff frei wird. In der „Druckwäsche“ läßt sich die Kohlensäure durch Wasser auswaschen, während Wasserstoff als Gas zurückbleibt und weiter verwendet werden kann. Setzt man nicht alles Kohlenoxyd um, so kann man Koh-

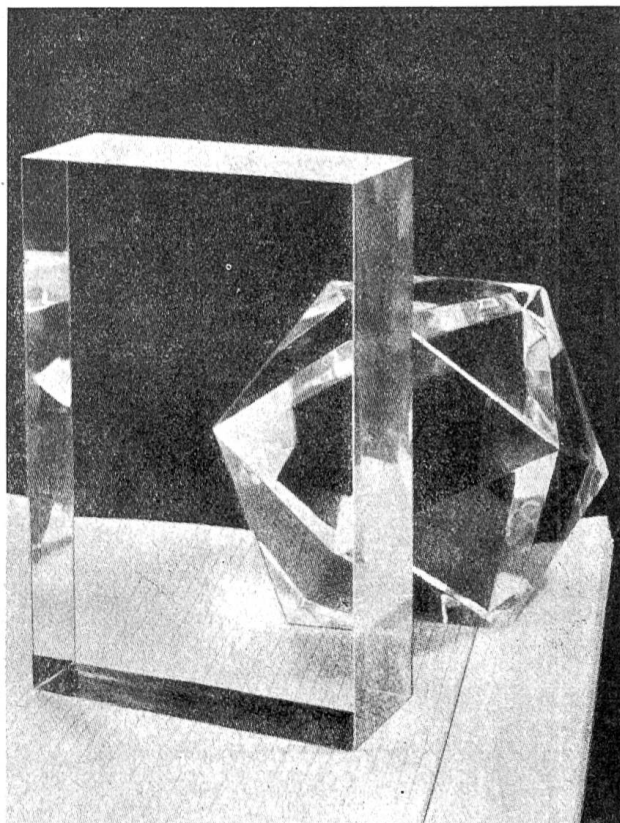


Werkstraße in einem chemischen Großbetrieb

lenoxyd-Wasserstoff-Gemische verschiedener Zusammensetzung — je nach den Anforderungen der gewünschten Synthese — erhalten. Denn Kohlenoxyd erfährt durch Wasserstoff die verschiedenartigsten Umwandlungen je nach Wahl des Katalysators und der Bedingungen, also von Druck und Temperatur — ein schönes Beispiel für das Lenkungsvermögen der Katalysatoren.

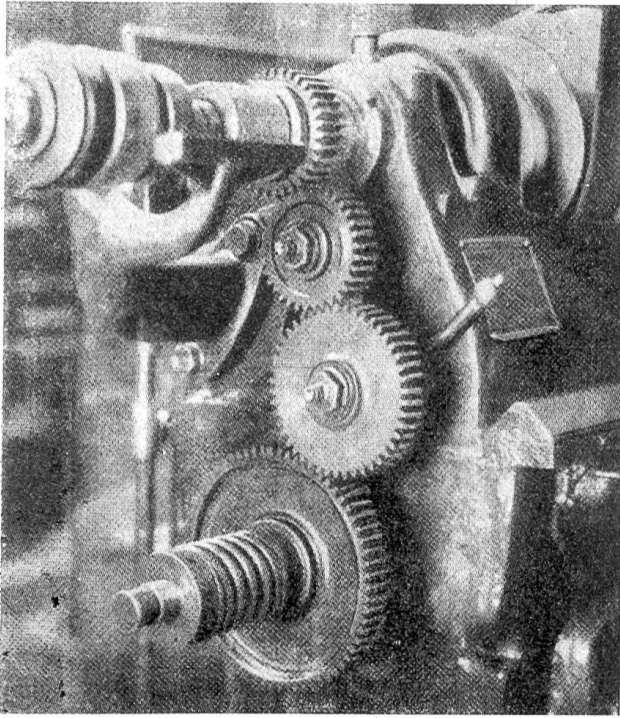
Der große Wurf der Kohlenoxyd-Hydrierung ist Franz Fischer und Hans Tropsch mit der synthetischen Gewinnung von Paraffin-Kohlenwasserstoffen gelungen. Nachdem Bergius vorher schon durch katalytische Hydrierung von Ölen und Kohle bei hohen Drucken und Temperaturen synthetisches Benzin hoher Güte erzeugt hatte, wurde nun aus Kohlenoxyd und Wasserstoff bei etwa zweihundert Grad Celsius unter Atmosphärendruck über einem Kobalt-Thorium-Katalysator die Bildung niedriger Benzin-Kohlenwasserstoffe erreicht. Bei einem Druck von zehn Atmosphären steigt der Anteil der höheren Paraffine, und bei Anwendung eines Ruthenium-Katalysators entstehen nur Paraffine und kein Benzin mehr. Wenn nun auch die nach Fischer-Tropsch erzeugten Benzine qualitativ die des Bergiusverfahrens nicht erreichen, so ist doch die Gewinnung der hochsiedenden Paraffine, wie sie uns selbst die Natur nicht zu liefern vermag, von großer Wichtigkeit. Im Gegensatz zu der früheren Anschauung, daß die Paraffine weniger reaktionsfähig, „parum affines“, seien, haben sich diese nun als der Ausgangspunkt eines neuen Teilgebietes der modernen Chemie erwiesen. Durch Chlorieren kann man daraus wertvolle Produkte erhalten; vor allem aber sind sie in Gegenwart eines Mangan-Katalysators zu Fettsäuren oxydierbar. Wenn man aus diesen Fettsäuren auch die an sich durchaus mögliche Synthese von Speisefetten unter Verwendung des schon erwähnten synthetischen Glycerins aus physiologischen Gründen noch nicht wagen will, so stellen die synthetischen Fettsäuren doch einen wertvollen Rohstoff für Industriefette und Waschmittel dar und erleichtern damit die Speisefettversorgung.

Auch die Luft ist in dem abgelaufenen Zeitabschnitt in die Reihe der chemischen Rohstoffe getreten. Schon Liebig hatte die Wichtigkeit der Düngung mit Stickstoff, Kalz und Phosphor nachgewiesen. Stickstoffquellen waren aber lange Zeit nur die biologischen Düngemittel, also im wesentlichen der Stallmist, die verhältnismäßig kleine Menge Kokereiammoniak und der Chilesalpeter; deshalb hatte das Problem der Bindung des in der Luft praktisch unbegrenzt zur Verfügung stehenden Stickstoffs die Chemiker schon lange beschäftigt. Aber noch um die Jahrhundertwende schien dieses Problem hoffnungs-



*Kristallklares, verzerrungsfreies Plexiglas, einer der zahlreichen wertvollen Kunststoffe*

los, bis Fritz Haber, die Arbeiten eines Le Chatelier, Nernst und anderer zusammenfassend, sein Hochdruck-Kreislauf-Verfahren entwickeln konnte. Den schwierigen Weg vom Laboratorium zum Großbetrieb überwand Carl Bosch: Er meisterte die Schwierigkeiten, wie sie die hohen Drucke und Temperaturen und besonders die riesigen für den Prozeß erforderlichen Gasmengen boten; waren doch für eine Erzeugung von 450 000 Tonnen gebundenem Stickstoff, wie sie Oppau oder Leuna jährlich erzeugten, nicht weniger als anderthalb Milliarden Kubikmeter reinen Gasmisches erforderlich, davon zwei Drittel reiner Wasserstoff. Über dessen Gewinnung aus Wassergas wurde schon berichtet. Stickstoff dagegen erhält man aus Generatorgas, das dreißig Prozent Kohlenoxyd und sechzig Prozent Stickstoff enthält; darin läßt sich das erstgenannte in gleicher Weise wie beim Wassergas durch Umsetzen mit Wasserdampf in Wasserstoff verwandeln. Eine weitere Leistung war die Erzielung ausreichender Reinheit der Gase, dann die Meisterung der apparativen Probleme, bis schließlich in den Jahren 1913 bis 1914 in Oppau das große Werk für fünfunddreißigtausend Tonnen im Jahr entstand, das bei fünfhundert bis sechshundert Grad Celsius und zweihundert Atmosphären mit einem Eisenkatalysator



Ein zwischengeschaltetes Kunststoffzahnrad, das zweite von unten, dämpft Stöße und Schwingungen

nach Bosch-Mittasch arbeitete — ein Verfahren, das wohl verschiedentlich abgewandelt, aber nicht übertroffen worden ist.

Neben diesen Beispielen für Vollsynthesen gibt es zahlreiche Verfahren, die lediglich Teilsynthesen bilden und nur eine Modifizierung von Naturstoffen bringen, um diesen gewisse Verarbeitungs- oder Gebrauchseigenschaften zu verleihen. Hierher gehört vor allem der Rohstoff Holz, aber auch die Baumwolle und die kurzen Baumwollfasern der Samen, die „Linters“. Zur chemischen Verarbeitung muß die eigentliche Zellulose von den Nichtzellulose-Stoffen getrennt werden; das geschieht durch Aufschluß mit Kalziumbisulfidlösung in Gegenwart von schwefliger Säure unter Druck. Zur Verarbeitung durch Gießen oder Spinnen muß ferner die unlösliche Zellulose löslich gemacht werden, und zwar entweder durch sehr stark angreifende Mittel oder durch eine Vorbehandlung, welche die Zellulose auch für schwächere Agenzien angreifbar macht. Dieses Verfahren führte zur „Viskose“, die heute rund neunzig Prozent der Weltproduktion stellt. Bei diesem Verfahren wird die Viskoselösung durch eine Düse mit hundert bis hunderfünfzig Bohrungen von kaum ein Zehntel Millimeter Durchmesser in ein saures Spinnbad gepreßt, in welchem die Verbindung Cellulose-xanthogenat wieder in Cellulose zurückverwandelt wird. Durch Waschen, Bleichen und Trocknen wird die Faser dann fertig.

Die Zellwolle oder Stapelfaser ist ein Erzeugnis der Kunstseide-Weiterverarbeitung. Sie besteht in der Vereinigung einer großen Zahl Kunstseidefäden zu einem Kabel, das quer zerschnitten wird. Die so entstandenen kurzen Fasern werden ähnlich wie Baumwollflocken versponnen. Je nach der Form der Fädchen können sie zu Garnen von Baumwoll- oder Wollart versponnen werden. Die Zellwollindustrie hat in ihrer Produktion die Kunstseidenindustrie schon eingeholt, ist also ein wichtiger Austauschstoff geworden.

Nicht alle Kunstfasern entstehen aber durch reine Abwandlung von Naturstoffen. Wir besitzen auch vollsynthetische Fasern, deren bekannteste die Nylon- oder Perlonfaser ist. Diese Faser ist chemisch ein Polyamid, stellt also eine Art künstlichen Eiweißstoff dar und entsteht durch Kondensation einer Dicarbonsäure und eines Diamins. Eine andere vollsynthetische Faser, die nun in Amerika viel Aufsehen erregte, ist die Vinyon- oder Orlon-Faser, die durch Polymerisation von Acrylnitril, also schließlich wieder aus Acetylen entsteht. Die technischen Grundlagen hierfür wurden vor mehr als eineinhalb Jahrzehnten in Deutschland entwickelt; in den Vereinigten Staaten gelang nun die Erzeugung im Großen.

Dieser kurze Überblick kann den Reichtum der Erfolge in den vergangenen fünfzig Jahren auf dem Wege der Freiheit von der Rohstoffnot nur ahnen lassen. Wir stehen mitten in einer sich überstürzenden Entwicklung, und zahlreiche neue Möglichkeiten sind erkennbar. Der Kampf um den Rohstoff ist dem einzelnen entrückt. Er ist, ins Gigantische übersteigert, an die dafür Berufenen übergegangen, deren Erfolge wir auch künftig vertrauensvoll entgegensehen dürfen.

Dr. habil. Fr. Heinrich

### Radiocardiographie

Im Zuge der Erarbeitung völlig neuer medizinisch-diagnostischer Methoden unter Verwendung von künstlich radioaktiven Isotopen hat man die „Radiocardiographie“ entwickelt, ein Verfahren, bei dem in sehr eleganter Weise die dynamischen Verhältnisse am Herzen beobachtet werden können. Innerhalb einer halben Sekunde werden 0,2 Millicurie des künstlich radioaktiven Natriumisotopes ( $\text{Na}^{24}$ ) in die Ellenbeugenvene injiziert. Vor dem Herzen befindet sich ein Geiger-Müllersches-Zählrohr, das die von dem im Blut kreisenden Natrium ausgesandte Strahlung aufnimmt und gleichzeitig registriert. Aus der Verschiedenartigkeit der auf diese Weise graphisch festgehaltenen wellenförmig erscheinenden Strahlungskurven lassen sich wertvolle Rückschlüsse auf vielerlei Herzfehler und -erkrankungen ziehen. Die Radiocardiographie ist völlig unschädlich, da das Natrium nur eine Halbwertszeit von 14,8 Sekunden besitzt und darüberhinaus sehr rasch durch die Nieren ausgeschieden wird. (J. amer. Med. Assoc. 139. 10:617.)

—ke.