

der Unterabteilung Internationale Assoziation für Geodäsie) wurde durch die schweizerische Kommission der Union für Geodäsie und Geophysik (Präsidenten: Prof. Dr. R. GAUTIER, Prof. Dr. L. MERCANTON, Prof. Dr. C. F. BAESCHLIN) und die schweizerische geodätische Kommission hergestellt. Die Zusammenarbeit mit der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie wurde durch die Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie besorgt (Präsidenten: Prof. BAESCHLIN, Prof. ZELLER, Dipl.-Ing. HÄRRY, Dipl.-Ing. M. DE RAEMY, Prof. BAESCHLIN). Diese Gesellschaft stellt neben der schweizerischen geodätischen Kommission den Repräsentanten der an der Geodäsie und der Kartographie interessierten schweizerischen Kreise dar. Für die mehr an der Grundbuchvermessung interessierten Kreise erfüllt der Schweiz. Geometerverein eine analoge Aufgabe, wobei die Grenzen nicht strenge sind (Präsidenten: M. EHRENSPERGER, J. MERMOUD, Prof. S. BERTSCHMANN). Der Schweizerische Geometerverein ist Mitglied des Internationalen Geometerbundes. Diese Kreise haben in Zusammenarbeit mit den einschlägigen Industrien an der Schweiz. Landesausstellung 1939 in Zürich die Gruppe «Vermessung, Grundbuch, Karte» organisiert (Gruppenpräsident Prof. Ed. IMHOF).

Das wissenschaftliche und praktische Organ für alle geodätischen und vermessungstechnischen Fragen ist die Schweiz. Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik (Redaktor Prof. STAMBACH, seit 1918 Prof. BAESCHLIN). Ausserdem sind geodätische, vermessungstechnische und kartographische Arbeiten auch in der Schweiz. Bauzeitung und in der Vierteljahrsschrift der Zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft erschienen.

Aus dieser Darstellung geht hervor, dass in der Berichtsperiode in der Geodäsie und in benachbarten Gebieten in der Schweiz und in Zürich lebhaft gearbeitet worden ist.

Zürich als Stätte chemischer Forschung in den letzten 100 Jahren

Von

P. KARRER

Der Beginn chemischer Forschung in Zürich fällt zusammen mit der Gründung der Universität im Jahre 1832. Vordem hatte diese junge Wissenschaft in unserer Stadt keine Wirkungsstätte. Es gab damals auch in weiterem Umkreis Zürichs keine chemische Industrie, anders als in Basel, wo schon 1812 die erste «chemische Fabrik» entstand. Auch in der Folgezeit hat sich in Zürich und dessen Umgebung eine chemische Industrie nicht angesiedelt, jedenfalls keine, die eigene Forschung betrieb, und so

ist die Entwicklung der Chemie in Zürich bis in unsere Tage hinein identisch mit der Entwicklung dieses Forschungsgebietes an unseren beiden Hochschulen. Den Chemiedozenten an der Universität und an der Eidgenössischen Technischen Hochschule verdanken wir das, was Zürich zum Ausbau chemischen Denkens und Schaffens beigetragen hat.

Der erste Inhaber des Lehrstuhls für Chemie an unserer Universität war KARL JAKOB LÖWIG; er wirkte hier in den Jahren 1833—1853. Zu seinem Nachfolger wurde GUSTAV STÄDELER ernannt, der bald darauf auch die Chemiedozentur am neugegründeten Eidgenössischen Polytechnikum übernahm (1853—1870 Professor in Zürich). Eine Reihe von Jahren blieb diese Doppelprofessur an den beiden Anstalten bestehen; bald nahmen aber auch Dozenten, die nur an der einen oder der anderen Hochschule wirkten, ihre Lehrtätigkeit auf, und schliesslich trat eine völlige Trennung der Chemiedozenturen an den beiden Hochschulen ein.

Neben STÄDELER wirkte von 1852—1860 EDUARD SCHWEIZER als Extraordinarius an der Universität; nach dessen Tod übernahm JOH. WISLICENUS die Leitung des sog. Universitätslaboratoriums II (1867—1872 Ordinarius in Zürich, die beiden letzten Jahre am Eidg. Polytechnikum). An der Universität wurde VICTOR MERZ sein Nachfolger (Professor von 1869—1893). Neben ihm wirkte als ausserordentlicher Professor WILHELM WEITH (1871 bis 1881). Nach dessen Tod ging die ausserordentliche Professur an HARUTHIUN ABELJANZ über (Professor von 1884—1921) und 1893 wurde ALFRED WERNER die Nachfolge von VICTOR MERZ übertragen (1893—1919). Neben A. WERNER und H. ABELJANZ amtete von 1908—1917 PAUL PFEIFFER als ausserordentlicher Professor für organische Chemie an der Universität.

Nach dem Ableben WERNER's und ABELJANZ's erfuhr der Chemieunterricht an der Universität eine Umgestaltung. Die allgemeine Chemie wurde dem Schreibenden anvertraut (PAUL KARRER, Professor seit 1918), und daneben konnte ein Lehrstuhl für physikalische Chemie errichtet werden, zuerst als Extraordinariat, später als Ordinariat. Dieser war von 1920—1930 durch VICTOR HENRY besetzt, seit 1930 durch H. v. HALBAN. Ferner wurden zwei Abteilungsvorsteherstellen geschaffen, die nacheinander von den Professoren CH. GRÄNACHER (1924—1931), E. WASER (1924—1941), C. NAEGELI (1929—1942), G. SCHWARZENBACH (seit 1931) und R. WIZINGER (seit 1943) betreut waren.

Die Professur für allgemeine Chemie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ging nach dem Weggang JOH. WISLICENUS' zuerst an VICTOR MEYER über (Professor von 1872—1885), dann an ARTHUR HANTZSCH (Professor 1885—1893), hierauf an EUG. BAMBERGER (1893—1905), RICHARD WILLSTÄTTER (1905—1912). H. STAUDINGER (1912—1926), RICH. KUHN (1927—1929), LEOPOLD RUZICKA (seit 1929). — Daneben bestanden seit der Gründungszeit dieser Anstalt an ihr Professuren für Technologie bzw. technische Chemie, die der Förderung der praktischen Seite der Chemie dienen sollten. Ihre Inhaber waren BOLLEY (Professor von 1855—1870), EMIL KOPP (1871 bis 1875), GEORG LUNGE (1876—1907), E. BOSSHARD (1907—1930), ROB. GNEHM

(1894—1905), E. GRANDMOUGIN (1905—1908), M. CÉRÉSOLE (1908—1917), H. E. FIERZ (seit 1917), A. GUYER (seit 1930). Der Lehrstuhl für analytische Chemie an der E.T.H. befand sich von 1894—1918 in den Händen von F. P. TREADWELL (1884—1894 Honorarprofessor), seither in denen seines Sohnes W. D. TREADWELL. Auch die physikalische Chemie fand hier frühzeitig eine Wirkungsstätte. Sie war vertreten durch R. LORENZ (1898—1910), FREDIG (1910—1911), E. BAUR (1911—1942). Schliesslich blühte auch im landwirtschaftlichen Institut der Eidg. Technischen Hochschule eine rege chemische Forschungstätigkeit; E. SCHULZE (Professor von 1872—1912). GEORG WIEGNER (1913—1936), E. WINTERSTEIN (1913—1935) und H. PALLMANN (seit 1935) haben sich hier mit Problemen beschäftigt, die die Pflanzenchemie und Kolloidchemie betreffen.

Bei der Betrachtung des Anteils, den Zürich im letzten Jahrhundert an der Entwicklung der chemischen Forschung genommen hat, wollen wir so vorgehen, dass wir die Leistungen, die auf ähnlichen Gebieten liegen, zusammenfassen. So lässt sich ein Urteil über die Bedeutung der Zürcher Forschungsarbeiten für verschiedene Zweige unserer Wissenschaft gewinnen. Diese Arbeiten betreffen Gebiete, die man abgrenzen kann in:

- a) mineralchemische und analytische Untersuchungen, b) Naturstoffe,
- c) Synthesen organischer Stoffe, d) Stereochemie, e) Technologische Arbeiten, f) Physikalische Chemie, g) Kolloid- und Agrikulturchemie.

Die meisten Chemiker der älteren Schulen waren wenigstens teilweise auf mineralchemischem und analytischem Gebiet tätig, und so finden wir auch in Zürich verschiedene Forscher mit solchen Problemen beschäftigt. ED. SCHWEIZER analysierte u. a. Kalksteine von Madeira, Porphyr aus Kreuznach, Antigonit, Talksilikate, Mangansilikat von Tinzen, javanische Vulkanasche; JOH. WISLICENUS Rotkupfererz und Magneteisenstein von Landu Bengalen, den Grammatit vom Fleischhorn; V. MERZ Minerale aus dem Wallis. Später wurde die Erz- und Gesteinsanalyse eine Domäne der Mineralogen, welche sie auch in Zürich in grossem Maßstab entwickelten und sie der mineralogischen Forschung dienstbar machten.

Die schweizerischen Mineralwasser fanden bei den Zürcher Chemikern frühzeitig Beachtung. So untersuchte LÖWIG die Zusammensetzung der Quellen von Seewen, Schinznach und Baden und gab eine Theorie über ihre Entstehung bekannt. WISLICENUS analysierte das Wasser der Quelle in Fläschbach (Kt. Schwyz). Zahlreiche Quellwasser wurden später von F. P. TREADWELL einer genauen Analyse unterworfen. Besondere Verdienste erwarb sich aber F. P. TREADWELL um die Entwicklung und den Ausbau der analytischen Chemie. Mit kritischem Sinn sichtete er die empfohlenen Methoden der anorganischen Analyse, verbesserte bekannte und führte neue Bestimmungsverfahren ein (z. B. solche zur Ermittlung des Chrms, Schwefels, Kobalts, Trennungsv erfahren für Zink, Nickel und Kobalt usw.). Sein «Lehrbuch der analytischen Chemie», in dem er seine grosse experimentelle Erfahrung zur Geltung brachte, war während Jahrzehnten das beste und am meisten gebrauchte Lehrmittel dieser Art und hat auf die

Schulung vieler Generationen junger Chemiker einen massgebenden Einfluss ausgeübt. Nach dem Tode von F. P. TREADWELL hat sein Sohn W. D. TREADWELL die analytische Tradition in Zürich weitergeführt und Wesentliches zum Ausbau neuerer analytischer Methoden beigetragen. Ihm verdankt man Arbeiten über die Theorie der elektrometrischen Titration und ihre praktische Anwendung (z. B. zur Bestimmung der unterphosphorigen Säure, des Fluorions, von Platinmetallen, von Phenolen in alkoholischer Lösung, von Aluminiumion und Magnesiumion nebeneinander, von Verbindungen des Wolframs und Molybdäns neben solchen des Vanadins und Eisens); ferner über andere analytische Verfahren (z. B. Trennung von Acetylen, Aethylen und Benzol; des Golds von Kupfer, Palladium und Platin auf elektrolytischem Weg; des Silber- und Chlorions bei Gegenwart von Schutzkolloiden; Titration organischer Säuren mit Ferrichlorid usw.). W. D. TREADWELL hat auch Fragen der anorganisch-präparativen Chemie mit Erfolg bearbeitet, z. B. die polymeren Kieselsäuren, Aluminiumoxyde, -chloride und die Aluminiumdarstellung, Löslichkeiten von Salzen, Doppelsalze und Komplexsalze, welche für die analytische Chemie von Interesse sind u. a. m.

Eines der Gebiete chemischer Forschung, an dessen Entwicklung Zürich sehr stark beteiligt war, ist dasjenige der Naturstoffe. Es ist erstaunlich, wie viele grundlegenden Arbeiten über Naturprodukte von den beiden Hochschulen unserer Stadt ihren Ausgang genommen haben. Aus früherer Zeit ist hier eine Untersuchung LÖWIG's zu nennen, in der er zeigte, dass die Hüllsubstanz der Manteltiere zelluloseartigen Charakter hat (wir wissen heute, dass sie mit pflanzlicher Zellulose identisch ist). Dadurch wurde die damals noch geltende Vorstellung einer prinzipiellen Trennung von Tier- und Pflanzenreich durchbrochen. Eine nicht weniger bedeutungsvolle Feststellung an der Zellulose machte E. SCHWEIZER, als er ihre Löslichkeit in Kupferoxydammoniak (der «Schweizer'schen Flüssigkeit») auffand. Diese Lösung wurde später der Ausgangspunkt einer Kunstseide, der sog. Kupfer- oder Bemberg-Seide, die aus dieser Lösung gesponnen wird und heute grosse technische Bedeutung hat.

Verschiedenen Naturstoffen waren auch Arbeiten von G. STÄDELER gewidmet. Zusammen mit dem Kliniker FRERICH (in Breslau) untersuchte er die Verbreitung des Leucins und Tyrosins in der kranken Leber. Er beschäftigte sich mit Eiweiss und anderen komplizierten Naturstoffen, z. B. Chitin, tierischem Schleim, wie überhaupt sein Interesse vornehmlich physiologisch-chemischen Problemen galt. Auf ihn gehen die richtigen Bruttoformeln des Milchzuckers, Xanthins, Scyllits und der Alloxansäure zurück.

Einen besonderen Aufschwung gewann die chemische Erforschung der Naturstoffe in Zürich durch RICHARD WILLSTÄTTER. Er stellte hier die beiden Chlorophylle a und b erstmals in reinem Zustand her und erbrachte den wichtigen Nachweis, dass diese grünen Blattfarbstoffe Magnesium enthalten. Er entdeckte als die eine Komponente der Chlorophylle das Phytol und

stellte es rein her. Zahlreiche Spalt- und Abbauprodukte, die WILLSTÄTTER aus den Chlorophyllen gewann, bildeten die Grundlage für die spätere Konstitutionsaufklärung dieser Pigmente durch HANS FISCHER. Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten liefen grossangelegte Untersuchungen über den Assimilationsprozess, die WILLSTÄTTER zusammen mit A. STOLL ausführte. Auch die Ermittlung der richtigen Zusammensetzung der beiden gelben Blattfarbstoffe Carotin und Xanthophyll ist sein Verdienst. Da sich gezeigt hatte, dass der Blutfarbstoff ähnliche Spaltprodukte wie die Chlorophylle lieferte, wurde auch ersterer einer Bearbeitung unterzogen. Und schliesslich fallen in die Zürcher Jahre WILLSTÄTTER'S die ersten Versuche zur Isolierung der blauen und roten Blütenfarbstoffe, der Anthocyane, die erst in seinen späteren Berliner Jahren zur völligen Reife gelangten.

Sowohl die Carotinoide wie die Anthocyane fanden später in Zürich weitere intensive Bearbeitung. P. KARRER zerlegte Carotin in die beiden Isomeren α und β -Carotin, klärte deren Konstitution auf und schuf damit die Grundlage zur Erforschung der Struktur vieler anderer Carotinoidfarbstoffe. Von ihm stammen die Formeln des Safranfarbstoffes Crocetin, des Bixins aus *Bixa orellana*, des Tomatenfarbstoffs Lycopin, des Xanthophylls, des verbreiteten Zeaxanthins, des Crustaceenfarbstoffs Astacin, des Orangenfarbstoffs Citraurin u. a. m. Es gelang ihm auch, zahlreiche neue Carotinoide im Pflanzenreich aufzufinden, z. B. Zeaxanthin im Mais; Rhodoviolascin, Rhodovibrin, Rhodopurpurin und Flavorphodin in Purpurbakterien, Auroxanthin in gelben Stiefmütterchen, Torularhodin in roten Hefen, Antheraxanthin in den Antheren von *Lilium tigrinum*. Damit in Zusammenhang steht die Konstitutionsaufklärung eines wichtigen Kohlenwasserstoffs, des Squalens, der sich in Leberölen gewisser Fische (der Unterklasse Elasmobranchii) vorfindet. — Die Carotine gewannen erhöhtes Interesse, als sich zeigte, dass sie die Provitamine des Vitamins A sind (H. v. EULER und P. KARRER). An dieser Stelle setzten Untersuchungen über Vitamine ein, die in den folgenden Jahren Bedeutung gewannen.

Die Konstitutionsaufklärung der wichtigsten Anthocyanfarbstoffe ist das Verdienst WILLSTÄTTER'S, der diese Arbeiten grösstenteils in seinen Berliner Jahren durchführte. Es blieben aber noch wesentliche Fragen offen, die später in Zürich eine Abklärung erfuhren (P. KARRER). So wurde die grosse Inhomogenität der meisten Anthocyane erst durch die späteren Arbeiten erkannt; sie führten auch zu neuen Trennungsv erfahren für diese Pigmente und zur Konstitutionsaufklärung methylierter Anthocyanidine.

STAUDINGER bearbeitete während seiner Wirksamkeit an der Eidg. Technischen Hochschule den Kautschuk und mit RUZICKA die wirksamen Bestandteile des Insektenpulvers, aus dem verschiedene Komponenten rein dargestellt und konstitutionell aufgeklärt werden konnten. Daran schlossen sich Untersuchungen L. RUZICKA'S über Terpene, Sesquiterpene und Polyterpene an, die zur Strukturaufklärung dieses früher vernachlässigten Gebietes viel beitrugen. Er wurde bei diesen und seinen Steroid-Arbeiten

u. a. von PL. A. PLATTNER (seit 1940 Priv.-Dozent an der E.T.H.) und V. PRELOG, (Priv.-Dozent an der E.T.H. seit 1942) unterstützt.

Letzterer bearbeitete daneben mit Erfolg bi- und poly-cyclische Basen, während Plattner die interessante Gruppe der Azulene weiter aufklärte.

RUZICKA gelang auch die Konstitutionsermittlung der Riechstoffe Muscon und Zibeton und die Synthese der erstgenannten Verbindung; wie sich zeigte, handelt es sich bei beiden Stoffen um hochgliedrige Ringketone. Die Entdeckung dieser neuartig gebauten Verbindungen bot die Veranlassung, die Chemie der vielgliedrigen Kohlenstoffringe auszubauen, die in theoretischer Hinsicht grosses Interesse besitzen.

Später wandte sich RUZICKA den Steroiden und ihren Umwandlungs- und Abbauprodukten zu. Es gelang ihm, aus bestimmten Steroiden die männlichen Sexualhormone Androsteron und Testosteron künstlich herzustellen und damit diese beiden praktisch wichtigen Hormone für die Medizin leichter zugänglich zu machen. Etwas später hat REICHSTEIN im Laboratorium der E.T.H. die Hormone der Nebennierenrinde untersucht und getrennt, ihre Konstitution aufgeklärt und für die wichtigsten Stoffe dieser Verbindungsreihe, das Corticosteron und Desoxycorticosteron Partialsynthesen ausgearbeitet. Diese wichtigen Hormon-Arbeiten von RUZICKA und REICHSTEIN setzten unsere einheimische chemische Industrie in die Lage, diese Stoffe der Medizin in grösserem Umfang dienstbar zu machen.

Auch die Gebiete der Kohlenhydrate, des Eiweisses und der Eiweissabbauprodukte (Aminosäuren) haben in Zürich manche Förderung erfahren. SCHULZE bearbeitete die Zellwandbestandteile, wie Xylane, Arabane, Galaktane, Mannane und führte für diese die Gruppenbezeichnung «Hemicellulosen» ein. Über Glucoside, Anhydrozucker und Polysaccharide liegen Untersuchungen von P. KARRER und seiner Schule vor; sie betrafen u. a. den enzymatischen Abbau von Cellulosen, Kunstseiden, Chitin und anderen Polysacchariden, über deren fermentative Verzuckerung früher nichts bekannt gewesen war und gaben Einblicke in Konstitution und Bau dieser Naturstoffe. — Viele pflanzliche Eiweissstoffe hat SCHULZE isoliert und diese auf ihre Spaltprodukte untersucht. Er entdeckte das Phenylalanin und Arginin und führte deren Konstitutionsaufklärung und Synthese durch, ferner fand er im Rübensaft das Glutamin auf und in den Knollen von Stachys das Betain Stachydrin und den Zucker Stachyose. Auch die Entdeckung des Alkaloids Lupinin ist ihm zu verdanken. Die Aminosäuren wurden auch von P. KARRER nach verschiedenen Richtungen eingehend studiert; daraus ergab sich u. a. die Erkenntnis der einheitlichen Konfiguration aller Eiweissaminosäuren.

Im Anschluss an die Untersuchung der Carotinfarbstoffe entwickelten sich in Zürich auf breiter Grundlage Forschungen über Vitamine. Der Konstitutionsaufklärung der Carotine folgte die Isolierung und Strukturbestimmung des Vitamins A, später auch diejenige des Vitamins A₂ (P. KARRER). Dann synthetisierte REICHSTEIN Vitamin C (Ascorbinsäure). P. KARRER klärte die Konstitution des Vitamins B₂ (Lactoflavin) auf, stellte dieses Vitamin

erstmal künstlich her, ebenso die Vitamine E (α , β , γ -Tocopherol) und isolierte aus Pflanzenextrakten Vitamin K₁ (Phyllochinon). In zahlreichen Untersuchungen wurden diese Stoffe und viele ähnlich gebaute, verwandte Verbindungen näher erforscht. Zürich hat damit an der Erschliessung der physiologisch und medizinisch wichtigen Vitamine einen erheblichen Anteil genommen. Diese Arbeiten bildeten schliesslich auch die Grundlage dafür, dass in unserem Lande die künstliche industrielle Herstellung der Vitamine einen hohen Stand erreicht hat.

Die organisch-präparative Chemie, die namentlich in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in schneller Entwicklung begriffen war, wurde in Zürich ebenfalls von verschiedenen Forschern mit Erfolg gepflegt. WISLICENUS beschäftigte sich mit Untersuchungen mehrbasischer Säuren, der Weinsäure und namentlich der Milchsäure. Letztere Arbeit, deren Bedeutung hauptsächlich auf stereochemischem Gebiet liegt, soll im Zusammenhang mit dieser Forschungsrichtung besprochen werden. V. MERZ widmete sich fast ausschliesslich synthetisch-organischen Forschungen. Er fand geeignete Darstellungs- und Trennungsmethoden für Naphthalin-mono- und disulfonsäuren, die Herstellung von Nitrilen durch Destillation sulfonsaurer Salze mit Cyankalium, Synthesen für gemischte Ketone; umfassend waren seine gemeinsam mit WEITH ausgeführten Arbeiten über die Einführung von Schwefel in organische Verbindungen und deren Entschwefelung, wobei er zur Einführung des Schwefels erstmals auch Chlorschwefel benützte. Lange Jahre beschäftigte ihn das Problem der Halogenisierung organischer Verbindungen, die er z. T. mit Halogenüberträgern durchführte; eine Menge neuer, hochhalogenisierter aromatischer Verbindungen waren die Ergebnisse dieser Arbeiten. MERZ und WEITH entwickelten ferner Methoden zur Gewinnung aromatischer Aether und fanden Verfahren, um Phenole und Naphthole in die zugehörigen Amine überzuführen. Von den zahlreichen anderen Untersuchungen V. MERZ' seien noch diejenigen über die Kernalkylierung aromatischer Amine mit Alkoholen und Chlorzink, die Synthese des Phenazins aus o-Phenylendiamin und Brenzcatechin, diejenige des Chinoxalins und von Oxazolen aus Säureamiden und Bromketonen, erwähnt. Schliesslich hat V. MERZ die Synthese der Ameisensäure aus Kohlenoxyd und Natronkalk so verbessert, dass sie technische Bedeutung erlangte.

Die Umwandlung von Isonitrilen in die Senföle und die Rückverwandlung der letzteren in Isonitrile hat WEITH entdeckt. Von ihm liegen auch Untersuchungen über phenylierte Harnstoffe und Guanidine vor.

In den dreizehn Jahren, während denen VICTOR MEYER am Eidgenössischen Polytechnikum die Professur für allgemeine Chemie innehatte, sind aus seinem Laboratorium mehrere bedeutsame Entdeckungen hervorgegangen. Er fand die wichtige Gruppe der aliphatischen Nitrokörper auf, erkannte ihre Fähigkeit, als Säuren zu reagieren (Nitronsäuren) und ihre Überführbarkeit in Nitrolsäuren und Pseudonitrole. Aus solchen Nitroverbindungen und Diazoniumsalzen stellte er die ersten fett-aromatischen

Azokörper her. Ebenfalls auf dem Gebiet organischer Stickstoffverbindungen lagen seine Arbeiten über die Einführung der Diazobenzolgruppe in den Acetessigester, die Herstellung von Nitrosoaceton, dessen Natur als Isonitrosokörper er richtig erkannte, und die überraschende Feststellung, dass p-Benzochinon mit Hydroxylamin Nitrosophenol liefert. Auch die wichtige Entdeckung des Thiophens fällt in VICTOR MEYER'S Zürcher Jahre, ebenso die bedeutungsvollen Dichtebestimmungen von Gasen bei hohen Temperaturen, für die er eine neue Bestimmungsmethode schuf und durch die er u. a. die Dissociation der Halogene Chlor, Brom und Jod bei hoher Temperatur nachwies. — Ungefähr in derselben Zeit hat VICTOR MEYER'S Assistent SANDMEYER die bekannte, nach ihm benannte Methode des Ersatzes der Diazoniumsalzgruppe durch Chlor, Brom und Cyan aufgefunden, die seinen Namen berühmt machte und sich für die wissenschaftliche wie die technische Chemie gleich nützlich erwies.

Mannigfaltig sind die Arbeiten von HANTZSCH. Von ihm stammt eine bekannte und viel gebrauchte Synthese von Pyridinderivaten. Pyridin und andere heterocyclische Verbindungen, insbesondere Furane, Cumarone, Thiazole und Oxazole fanden in seinem Laboratorium in den Zürcher Jahren intensive Bearbeitung. Ferner studierte er die Desmotropie von Derivaten des Succinylbernsteinsäureesters und des Acetessigesters, die Einwirkungsprodukte von Halogenen auf Phenole, die Chlorierung des Acetessigesters u. a. m. Nachdem HANTZSCH und WERNER die Stereoisomerie der Oxime und Hydrazone entdeckt hatten, widmete HANTZSCH verschiedenen Gruppen organischer Stickstoffverbindungen gründliche Untersuchungen, insbesondere den Diazoverbindungen, Isodiazokörpern, Hydroxamsäuren. Auf den letztgenannten Gebieten betätigte sich auch sein Nachfolger, E. BAMBERGER, mit Erfolg. Dieser entdeckte (gleichzeitig mit der Badischen Anilin- und Sodafabrik) die technisch wichtigen Isodiazotate, das Nitrosobenzol und (gleichzeitig mit WOHL) das Phenylhydroxylamin. Daran schlossen sich umfangreiche Arbeiten über Arylhydroxylamine, Arylazide, Chinole, Aminoxyde und Nitrosoaryle an. Ein Ergebnis dieser Forschungen ist die Entdeckung der Umlagerung von Arylhydroxylaminen durch Säuren in Chinole und p-Aminophenole. Ferner zeigte BAMBERGER, dass sich Diazoniumsalze mit Ketonen und Aldehyden zu Formacyl-alkylketonen etc. und mit Nitroparaffinen bzw. Isonitroparaffinen zu Formacyl-nitroverbindungen kuppeln lassen.

Grosse Bedeutung hatten die Arbeiten BAMBERGERS über die Hydrierung mehrkerniger aromatischer Verbindungen, die er mit Natrium und Alkohol ausführte. Er gewann so ac. und ar. Tetrahydroderivate des Naphthalins und seiner Substitutionsverbindungen; Anthracen wurde zu Dihydroanthracen, Chinolin und Isochinolin zu den entsprechenden Tetrahydroderivaten reduziert. Diese Arbeiten bildeten die Grundlagen für Hydrierungsverfahren, die später in der Technik zu Bedeutung gelangten. Aus dem Verhalten der mehrkernigen aromatischen Verbindungen bei der Hydrierung leitete BAMBERGER neue Formeln für Naphthalin, Chinolin, Anthracen

und ähnliche Ringsysteme ab. — Schliesslich sei noch darauf verwiesen, dass BAMBERGER durch seine Untersuchungen wesentlich zur Konstitutionsaufklärung des Chrysens, Picens, Retens und Fichtelits beigetragen hat.

Hydrierungsverfahren beschäftigten etwas später auch R. WILLSTÄTTER, der die katalytische Reduktion mit Platin bei gewöhnlicher Temperatur ausbaute und mit Erfolg zu präparativen Zwecken benutzte. Von ihm stammen aus seinen Zürcher Jahren ausserdem Arbeiten über Chinone, Merichinone und Anilidochinone. Er entdeckte dabei das o-Benzochinon und klärte die Zwischenstufen der Anilinschwarzbildung auf. In jene Zeit gehen auch seine Untersuchungen über ungesättigte Derivate des cyclo-Butans, cyclo-Heptans und cyclo-Octans zurück, wobei ihm mit E. WASER die Synthese des cyclo-Octotetraens gelang. Die Eigenschaften dieser Verbindung sowie seine Erfahrungen bei den negativ verlaufenden Versuchen zur Gewinnung des cyclo-Butadiens waren die Veranlassung, dass er sich gegen die THIELE'sche Theorie der Absättigung der inneren Partialvalenzen bei konjugierten Doppelbindungen und den THIELE'schen Erklärungsversuch des relativ gesättigten Zustandes des Benzols wandte.

Die interessante, durch grosse Reaktionsfähigkeit ausgezeichnete Gruppe der Ketene ist in wesentlichen Teilen auch in Zürich ausgebaut worden (H. STAUDINGER). Von demselben Forscher rühren Untersuchungen über die Polymeren des Formaldehyds her, die als Modelle hochmolekularer Naturstoffe, insbesondere der Polysaccharide, betrachtet wurden. R. KUHN und A. WINTERSTEIN synthetisierten die vinyloge Reihe der Diphenylpolyene, in denen ein ähnliches Bauprinzip wie in den Carotinoidpigmenten herrscht; die Diphenylpolyene verdienen daher in diesem Zusammenhang Interesse.

Zu den Arbeiten organisch-synthetischer Art müssen auch diejenigen gerechnet werden, die sich mit Farbstoffen oder Zwischenprodukten zu ihrer Herstellung befassten. Die wichtigsten auf diesem Gebiet in Zürich erzielten Ergebnisse sind wohl die beiden Indigosynthesen, die der Privatdozent am Polytechnikum, HEUMANN, verwirklichte und welche bis auf den heutigen Tag die einzigen geblieben sind, welche die Technik zur künstlichen Darstellung des Indigos verwendet. — R. GNEHM hat Wesentliches zur Erforschung und Synthese des Farbstoffs Aurantia (Hexanitro-diphenylamin) beigetragen und zusammen mit KAUFLEDER die erste Strukturauflösung eines Schwefelfarbstoffs, des Immedialreinblaus, durchgeführt. Dieser wurde als ein Thiazinfarbstoff erkannt, worauf sich weitere Arbeiten über Thiazine, Indamine usw. anschlossen. — In neuerer Zeit führte R. WIZINGER bemerkenswerte Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Konstitution und Farbe durch und studierte u. a. neuartige Methinfarbstoffe, Merocyanine und organische Metallkomplexe.

An der Entwicklung der Stereochemie, deren Anfänge auf PASTEUR zurückgehen, die aber erst seit Beginn der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts systematisch betrieben wurde, hat Zürich einen relativ sehr bedeutenden Anteil. Es sind hier drei Forscher zu nennen, die zu den Pionieren dieses Zweiges unserer Wissenschaft gehören: WISLICENUS, HANTZSCH

und WERNER. Daneben wurden von anderen Seiten noch einige stereochemische Beiträge geliefert.

WISLICENUS zeigte in seinen Untersuchungen über die Milchsäuren, dass die optisch aktive Fleischmilchsäure und die inaktive Gärungsmilchsäure strukturidentische Formen sind, und er hat aus dieser Erkenntnis die Schlussfolgerung gezogen, dass diese Tatsachen dazu zwingen, die Verschiedenheit isomerer Moleküle von gleicher Struktur durch verschiedene Lagerung der Atome im Raum zu erklären. VAN'T HOFF bezeichnete später diesen Ausspruch von WISLICENUS als die Anregung, die ihn bewog, sich mit der räumlichen Ausbildung der Kohlenstoffverbindungen zu beschäftigen, was zur Aufstellung seiner Theorie über den tetraedrischen Bau der Kohlenstoffverbindungen und damit zur eigentlichen Begründung der Stereochemie der Kohlenstoffverbindungen führte.

A. HANTZSCH und A. WERNER erklärten die Isomerie der Oxime, Hydrazone und ähnlicher Verbindungen erstmals durch verschiedenartige räumliche Ausbildung der isomeren Molekel; sie wurden so die Begründer der Stereochemie des Stickstoffs. Mit zahlreichen Schülern hat HANTZSCH die Folgerungen aus dieser neuen Erkenntnis ausgeschöpft, viele cis-trans-isomere Oxime dargestellt und ihre Umlagerungsreaktionen und anderen Umsetzungen untersucht. Diese Oxim-Arbeiten wurden dann Ausgangspunkt für andere Forschungen über Kohlenstoff-Stickstoff-Verbindungen.

Die grosse wissenschaftliche Leistung A. WERNER'S war die Koordinationslehre, durch welche er die Formulierung und die Systematik der anorganischen Verbindungen auf eine völlig neue Grundlage stellte. Er schuf die Begriffe Koordinationszahl, Koordinationszentrum und koordinierte Gruppen und zeigte, dass die sog. Komplexsalze bestimmte räumliche Strukturen besitzen, die von der Koordinationszahl und der Natur des Koordinationszentrums abhängig sind. Schon in seiner ersten, 1893 erschienenen Abhandlung über den Bau der anorganischen Verbindungen sah er richtig voraus, dass 6 koordinierte Gruppen zu einer oktaedrischen Ausbildung des Komplexes führen, während 4 koordinierte Gruppen tetraedrisch oder plan um das Koordinationszentrum angeordnet sein können. Durch sehr zahlreiche Untersuchungen verschiedenster Komplexsalze wurde diese Theorie später bestätigt, wobei die wichtige Entdeckung der Zerlegbarkeit gewisser Verbindungen dieser Art in rechts- und in linksdrehende Formen besonders bedeutsam war. WERNER widmete ferner den sog. mehrkernigen Komplexsalzen ein intensives Studium, d. h. Verbindungen, in deren Molekülen 2 bis 5 Koordinationszentren auftreten. — Die Koordinationslehre hat auch verschiedene andere Naturwissenschaften befruchtet, so die Mineralogie, welche im Bau der Kristalle verwandtschaftliche Züge mit dem Bau der Koordinationsverbindungen auffand, ferner die Physiologie, die wichtige Naturstoffe, wie Hämin, Chlorophyll und Cytochrome als «innere» Komplexsalze erkannte, die analytische Chemie, die sich bei qualitativen und quantitativen Trennungsvorgängen verschiedener Komplexsalze bedient, und die Chemie der technischen Farbstoffe, indem

Metallkomplexsalze vieler organischer Verbindungen heute als besonders echte und widerstandsfähige Pigmente Verwendung finden. Am experimentellen Ausbau der Koordinationslehre hat sich auch P. PFEIFFER beteiligt, der u. a. die komplexen Chromsalze eingehend studierte.

Zu den in Zürich entstandenen neuen stereochemischen Erkenntnissen gehören auch die weiter oben schon erwähnten Arbeiten RUZICKA's über grosse Kohlenstoffringe. Während man früher geglaubt hatte, dass bei etwa 8 bis 9 C-Atomen die Grenze der existenzfähigen Kohlenstoffringe erreicht sei, wurde durch die genannten Untersuchungen gezeigt, dass auch Ringe mit viel mehr Ringgliedern, bis über 30 C-Atome, hergestellt werden können und beständig sind. Dies lässt sich durch die Annahme einer besonderen räumlichen, nicht ebenen Anordnung der Ringglieder verstehen.

Schliesslich wären hier noch die Arbeiten P. KARRER's und seiner Mitarbeiter über die Konfiguration der Eiweissaminosäuren anzuführen, durch die bewiesen wurde, dass alle natürlichen Aminosäuren der gleichen sterischen Reihe angehören, d. h. dieselbe Konfiguration besitzen.

Seit der Gründung des Eidgenössischen Polytechnikums waren Technologie und technische Chemie in Zürich ebenfalls beheimatet. Wenn diese auch nur wenige besonders hervortretende Einzelleistungen und kaum irgendwelche grundlegende technische Pionierverfahren hervorbrachten, so bewegten sie sich, als Ganzes betrachtet, zeitweise doch auf einem hohen Stand; vor allem hatten die Zürcher Technologen einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Entwicklung der schweizerischen chemischen Industrie, einerseits, indem sie die jungen Chemiker technologisch schulten, andererseits durch direkte Beratung der aufstrebenden chemischen Fabriken. BOLLEY, EMIL KOPP und besonders GEORG LUNGE hat die schweizerische chemische Industrie in ihren ersten Entwicklungsstadien sehr viel zu danken. LUNGE's sorgfältige analytisch-technische Untersuchungen, die er auf zahlreichen Gebieten vornahm, sind für die chemische Industrie grundlegend gewesen; diese verdankt ihm wichtige Verfahren zur Werkbestimmung von Rohstoffen und technischen Produkten. Sehr bekannt wurden LUNGE's Untersuchungen über die Sodaindustrie, die verwickelten Vorgänge bei der Schwefelsäurefabrikation, über die Teerverarbeitung und die Herstellung von Nitrozellulosen. Die gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen legte LUNGE in verschiedenen Lehr- und Handbüchern über diese sog. Schlüsselindustrien nieder (Handbuch der Sodaindustrie; Steinkohlenteer und Ammoniak; Chemisch-technische Untersuchungsmethoden; Taschenbuch für die chemische Grossindustrie), die seinen Einfluss auf das technologische Denken und die chemische Technik in ganz Europa zur Geltung brachten. In den letzten Jahrzehnten hat H. E. FIERZ die Technologie der organischen Farbstoffe durch zahlreiche Untersuchungen gefördert und einige wertvolle Monographien über grundlegende Operationen der Farbenchemie, künstliche organische Farbstoffe u. a. m. veröffentlicht, die von den grossen technischen Erfahrungen des Autors Zeugnis ablegen.

Die physikalische Chemie wurde zuerst an der Eidg. Technischen Hochschule und erst später (seit 1920) an der Universität in Zürich gepflegt. Der erste Vertreter dieses Faches an der E.T.H. war R. LORENZ, der sich vor allem der Erforschung der Salzschnmelzen widmete. Hier ist die Verifikation des FARADAY'schen Gesetzes an Salzschnmelzen zu nennen. LORENZ konnte zeigen, dass die bis anhin beobachteten Abweichungen durch die Bildung von Metallnebeln verursacht waren. Daran knüpften sich ultramikroskopische Untersuchungen über Pyrosole. Sein Nachfolger BREDIG verbrachte nur wenige Jahre in unserer Stadt. In dieser Zeit führte er eine interessante Arbeit über eine durch Katalyse bewirkte asymmetrische Synthese der Mandelsäure durch, in der er zeigte, dass bei der Anlagerung von Cyanwasserstoff an Benzaldehyd bei Gegenwart von Chinin oder Chinidin als Katalysatoren optisch aktive Benzaldehydcyanhydrine gewonnen werden können; die beiden Alkaloide ersetzen somit bei dieser Reaktion das Ferment Emulsin. E. BAUR studierte u. a. die Frage der Existenz nicht umkehrbarer chemischer Gleichgewichte.

Der bedeutendste Vertreter der physikalischen Chemie in Zürich war VICTOR HENRI, der den Lehrstuhl an der Universität als erster innehatte. Er ist der Begründer der quantitativen Spektrographie, und er hat diese von ihm entwickelte Methodik mit grossem Erfolg zur Erforschung von Konstitutionsfragen verwandt. Wichtig sind insbesondere auch seine Arbeiten über die Gasspektren, aus denen u. a. der Begriff der Prädissoziation der Molekel hervorging, eine Erscheinung, die nach ihm viele Fachgenossen weiter studiert haben. Diese spektrographischen Bestimmungsmethoden sind später von H. VON HALBAN, seinem Nachfolger, weiterentwickelt und noch erheblich verfeinert worden, so dass Zürich an der heute für viele Gebiete (organische Chemie, physikalische Chemie, forensische Chemie usw.) sehr wichtigen quantitativen Spektrographie ein bedeutender Anteil zufällt.

Auf den Grenzgebieten zwischen physikalischer, organischer und analytischer Chemie bewegen sich Arbeiten G. SCHWARZENBACH's über Aciditätskonstanten und intramolekularen Atomabstand, Analyse von Substituenteneinflüssen auf die Acidität, über Mesomerie, Erweiterung des p_H -Begriffes auf übersaure und überalkalische Lösungen und über die Enol-keton-gleichgewichte. Sie führten zu einer Reihe neuer Erkenntnisse, die auch auf theoretische Vorstellungen befruchtend wirkten.

Agrikulturchemie und Kolloidchemie. Diese beiden Forschungsrichtungen haben in Zürich im Landwirtschaftlichen Institut der E.T.H. eine Heimstätte gefunden. Schon SCHULZE hatte seine pflanzenchemischen Forschungen, über die wir weiter oben berichteten, im Zusammenhang mit praktischen agrikulturchemischen Fragen ausgeführt. Viel enger mit der Praxis verknüpft waren aber die bedeutenden Arbeiten von GEORG WIEGNER. Er gehört zu den Begründern der modernen Kolloidchemie des Bodens und der Bodenkunde in ihren gesamten Aspekten. Durch Untersuchungen an Tonen, Permutiten, Metallsolen, kolloiden Hydroxyden und Humusdispersionen erforschte er die Gesetze der Koagulation, des Ionen-

austausches, der Alterung und der Sedimentationsvorgänge und wandte die gewonnene Erkenntnis zur Deutung der Eigenschaften und der Vorgänge im Boden an. Die Landwirtschaft, insbesondere auch diejenige unseres Landes, hat daraus Nutzen gezogen. Ebenfalls führend war WIEGNER auf dem Gebiet der Fütterungslehre. Hier studierte er Fragen der Futtergewinnung, Futterkonservierung, der Verdaulichkeit der Futterkomponenten und gelangte dadurch zu einer Theorie der Fütterung und zu einer Bewertung der Futtermittel auf energetischer Grundlage. Unsere einheimische Landwirtschaft hat diese für sie grundlegenden Forschungen durch weitgehende Unterstützung und Zusammenarbeit anerkannt. Sie wurden später von WIEGNER's Schüler PALLMANN fortgesetzt.

Die chemische Forschung hat im letzten Jahrhundert und besonders in den letzten 60 Jahren in Zürich einen Stand erreicht und Erfolge gezeitigt, die erheblich über das hinausgehen, was eine mittlere Universitätsstadt gewöhnlich zu geben in der Lage ist. Grundlegende Entdeckungen unserer Wissenschaft werden immer mit dem Namen unserer Stadt verbunden bleiben. Der Dank dafür gilt den Forschern, die sich die Förderung der wissenschaftlichen Erkenntnis zum Ziel setzten, aber auch den Behörden, welche sehr häufig die richtigen Männer auf die verantwortungsvollen Lehrstühle beriefen. Dass der hohe Stand wissenschaftlich-chemischer Forschung, den die beiden Hochschulen in unserer Stadt erreichten, einen wesentlichen Teil des Fundaments bildet, auf dem eine leistungsfähige schweizerische chemische Industrie aufgebaut werden konnte, ist ein Ergebnis, das der Allgemeinheit zugute kam.

Mineralogie und Petrographie

Von

PAUL NIGGLI

Seit den dreissiger Jahren des letzten Jahrhunderts steht die Naturforschende Gesellschaft in Zürich in enger Verbindung mit der kantonalen Universität und seit den fünfziger Jahren mit dem eidgenössischen Polytechnikum, bzw. der Eidgenössischen Technischen Hochschule. ALBERT MOUSSON (1805—1890), ARNOLD ESCHER VON DER LINTH (1807—1872) und OSWALD HEER (1809—1883) haben als 30- bis 50jährige diese natürliche Umwandlung vollzogen, ohne aus der Gesellschaft der Naturfreunde eine reine Gelehrtenakademie zu formen. Wollen wir im Überblick erörtern, wie sich die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Fachgebietes in den letzten hundert Jahren im wissenschaftlichen Leben Zürichs wider-