

126. Volkmar Kohlschütter †

1874—1938.

(14. VIII. 39.)

Am 10. September 1938 starb nach schwerem Leiden *Volkmar Kohlschütter*, Ordinarius für allgemeine und anorganische, sowie physikalische Chemie und Direktor des Chemischen Institutes der Universität Bern. Mitten aus arbeitsfrohem Schaffen, von dem ihn auch die schleichende Krankheit nicht abzuhalten vermochte, wurde er abberufen. Fast 30 Jahre hat er in Bern gewirkt, und was er während dieser Zeit als Lehrer und Forscher geleistet hat, wird von bleibendem Werte sein.

V. Kohlschütter ist als Pfarrerssohn in Forchheim im sächsischen Erzgebirge geboren. Auf der Fürstenschule St. Afra in Meissen genoss er eine ausgezeichnete humanistische Erziehung (1888—1894). Er erwarb sich umfangreiche Kenntnisse der alten Sprachen; diese sind ihm stets wertvoll geblieben und haben ihm bei der Formulierung der Ergebnisse seiner Forschungen zweifellos später auch gute Dienste geleistet.

Nach Absolvierung der Fürstenschule wählte er, seinen naturwissenschaftlichen Neigungen folgend, Chemie als Studienfach und verbrachte sein erstes Semester in Freiburg im Breisgau. Nach seiner Militärzeit in Freiberg i. Sa. besuchte er einen Ferienkurs im Institut von *Wilhelm Ostwald* in Leipzig. Wohl erkannte er die grosse Bedeutung der hier gelehrtten physikalischen Chemie, doch lag ihm die ganze Geistesrichtung *Ostwald's* nicht, und so entschloss er sich, seine Studien an der Universität München im Laboratorium *Adolf von Baeyer's* fortzusetzen (1895). Zwei Jahre später wurde er Unterrichtsassistent in der anorganischen Abteilung bei *K. A. Hofmann*, und obschon er so nicht zum engern Kreise der Schüler *Baeyer's* zählte, hat ihm dieser geniale Forscher doch nachhaltigen Eindruck gemacht. Seine Dissertation über anorganische Hydroxylaminverbindungen führte er unter *Hofmann's* Leitung aus.

Kurz nach seiner Habilitation ging er mit *Johannes Thiele* nach Strassburg und leitete dort, zuerst als Privatdozent, später als ausserordentlicher Professor den anorganisch-chemischen Unterricht. Nach seinen Aussagen bilden diese Jahre einen besonders glücklichen Abschnitt seines Lebens. In diese Zeit fällt auch ein Ferienaufenthalt im Laboratorium von *Arrhenius* in Stockholm.

Im Herbst 1909 wurde V. Kohlschütter an Stelle von *C. Friedheim* als Ordinarius für allgemeine und anorganische Chemie an die Universität Bern berufen. Hier entwickelte er eine ausserordentlich

fruchtbare Lehr- und Forschungstätigkeit, die lediglich durch die Kriegsjahre unterbrochen wurde. Im Lehrer und im Forscher spiegelte sich seine ganze Persönlichkeit wieder. Die Frage der Vereinigung von Lehr- und Forschungspflicht war auch für ihn ein tragischer Zwiespalt; er hat es aber verstanden, das Doppelziel des akademischen Unterrichts, soweit das möglich ist, zu verwirklichen.

Sehr rasch gewann er seine eigene selbständige Einstellung zur Chemie und es ist erstaunlich, wie viele der auch in späteren Jahren im Unterricht wegleitenden Gesichtspunkte sich im Keime schon in den ersten Arbeiten finden. Dabei war Chemie für ihn kein abgegrenztes Gebiet, sie war Wissenschaft unter Wissenschaften. Er pflegte die Beziehungen zu den Schwester-Naturwissenschaften wie zu den Geisteswissenschaften und dieser weitumfassende Blick gestaltete seinen Unterricht so ausserordentlich anregend.

V. Kohlschütter nahm die Lehrpflicht nicht leicht, in der Vorlesung so wenig wie im Laboratorium. Die Grundlage des Unterrichtes war die grosse Hauptvorlesung, die er mit grosser Hingebung ausarbeitete und immer wieder neu gestaltete. Im Laboratorium nahm er sich aller Studierenden in gleicher Weise an. Den Anfängerunterricht pflegte er mit besonderer Sorgfalt und deshalb gab er auch den von *Fritz Haber* im deutschen Sprachgebiet eingeführten propädeutischen Kurs von *Alexander Smith* in umgearbeiteter Form neu heraus. Er pflegte die Studenten in Gruppen um den Laboratoriumstisch zu besammeln und in diesen Besprechungen wurden die wertvollsten Anregungen empfangen. In der Vorlesung wie im Laboratoriumsunterricht ging V. Kohlschütter von der Erscheinung aus und leitete ausgehend vom Einzelfall die allgemeinen Prinzipien und Gesetzmässigkeiten ab. Er legte Wert auf Anschaulichkeit und war jedem Formalismus abhold.

Ein besonders enges Verhältnis verband ihn mit seinen Doktoranden, die er als seine Mitarbeiter betrachtete. Bei diesen konnte er sein Ideal des Laboratoriumsbetriebes am besten verwirklichen, den Schülern die

„Tatsachen und das Handwerk durch die Methode der Forschung beizubringen und in den Schülern Hände und Augen für die Durchführung umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchungen zu gewinnen“.

Um seinen Mitarbeitern auch persönlich näher zu kommen, schuf er den Doktorandenstammtisch, an dem über Arbeiten aus Gebieten, die seiner Forschungsrichtung verwandt waren, referiert und diskutiert wurde. Hier am Wirtshaustisch bei Wein oder Bier löste sich bei manchem sonst verschlossenen oder zurückhaltenden Studenten die Zunge. Im Sommer wurde der Stammtisch in einen Landgasthof verlegt, in der näheren oder weiteren Umgebung der Stadt; zuweilen fuhr man sogar ins Emmental, und dann kam es vor,

dass ob des schönen Sommerabends die Wissenschaft vergessen und nur die Geselligkeit gepflegt wurde.

Als V. Kohlschütter nach Bern kam, fand er dort ein verhältnismässig neues und recht grosszügig gebautes Institut. Dagegen war, abgesehen vom täglichen Handwerkszeug des Chemikers, fast nichts an apparativen Einrichtungen vorhanden. V. Kohlschütter hat es verstanden, durch genaue Planung und vorsichtiges Haushalten auch mit dem bescheidenen ihm zur Verfügung stehenden Kredit die apparativen Einrichtungen des Institutes auszubauen und stets soweit wie möglich den modernen Anforderungen anzupassen. So gelangte beispielsweise Bern als eines der ersten chemischen Laboratorien in den Besitz einer Röntgeneinrichtung. Das anorganische Laboratorium wurde allmählich zu einem anorganisch- und physikalisch-chemischen Institut erweitert.

Bei dem grossen Ansehen, das V. Kohlschütter als Forscher und Lehrer genoss, ist es verständlich, dass er verschiedentlich Gelegenheit gehabt hätte, von Bern wegzugehen. Am verlockendsten waren eine Berufung zum Leiter der wissenschaftlichen Laboratorien eines grossen chemischen Industrieunternehmens und ein Ruf als Nachfolger von *K. Freudenberg* als Direktor des Chemischen Institutes der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Er lehnte in beiden Fällen ab, weil er es vorzog, sich der reinen wissenschaftlichen Forschung zu widmen, und weil er sich der Universität als Idee zu sehr verbunden fühlte.

Die letzten Jahre waren überschattet von der langsam heraufziehenden Krankheit, die seine Arbeitskraft behinderte. Zwar widmete er sich stets mit gleichem Eifer dem Unterricht und den mannigfachen Pflichten, die die Leitung des Chemischen Institutes nach sich zog, das nach der Vereinigung der beiden Abteilungen unter seiner Direktion stand. So war es die wissenschaftliche Arbeit, die eingeschränkt werden musste und deshalb wurde in den letzten Jahren die Zahl der Publikationen spärlicher. Eine Operation, der er sich im Herbst des vorletzten Jahres unterzog, schien ihm zunächst Heilung zu bringen und wenige Wochen nachher machte er sich wieder mit neuem Eifer an die Arbeit. Schon nach einigen Monaten verstärkte sich indessen das Leiden wieder, aber bis wenige Tage vor dem Tode schleppte er sich, von Schmerzen gepeinigt, ins Institut, um zum Rechten zu sehen.

V. Kohlschütter ist während der fast 30 Jahre seines Aufenthaltes in der Schweiz seiner Heimat treu geblieben. Er liebte sein Land, er wusste aber auch, was er dem Gastlande schuldig war. Er verstand es, der Pflicht dem Lande seiner Herkunft und der Pflicht dem Lande seiner Tätigkeit gerecht zu werden. Er zeigte grosses Verständnis für schweizerische Eigenart und achtete eine andere Überzeugung.

Mit seinen schweizerischen Freunden, Kollegen und Schülern fühlte er sich immer aufs engste verbunden.

Die wissenschaftlichen Arbeiten von V. Kohlschütter behandeln die verschiedensten Probleme der anorganischen Stoffwelt. Sie verraten alle einen selbständigen Forscher und Denker, der vielfach ganz eigene Wege gegangen ist. Ausgangspunkt aller Untersuchungen waren Beobachtungen im Laboratorium und bei vielen lassen sich die Fäden zurückverfolgen bis zu seiner Doktordissertation und von dieser führt eine konsequente Entwicklung bis zu den letzten Arbeiten. Wie es eine besondere Gabe von V. Kohlschütter war, Zusammenhänge zwischen scheinbar Fernliegendem zu finden, so sind auch alle Arbeiten durch eine bindende Idee verknüpft.

Immerhin lassen sich, mehr oder weniger scharf, einzelne Gebiete abgrenzen. Zwischen ihnen bestehen Übergänge und zeitlich überschneiden sie sich meistens, da Fortschritte auf dem einen auch die Entwicklung der anderen förderte.

1. Die ersten Arbeiten befassen sich mit der Konstitution anorganischer Verbindungen. Sie schliessen sich an die Dissertation an, die er, wie schon erwähnt, unter *K. A. Hofmann* ausführte, und zwar über „unorganische Hydroxylaminverbindungen“. Er zeigte darin, dass Hydroxylamin mit den Säuren der Metalle der sechsten Gruppe des periodischen Systems, vor allem mit Molybdänsäure, Wolframsäure und Uransäure Verbindungen eingeht, wobei das Hydroxylamin verhältnismässig stark sauren Charakter annimmt.

Die Dissertation wurde Ausgangspunkt für die Untersuchung weiterer Uranverbindungen, zunächst der Verbindungen der Uransäure mit der schwefligen Säure. Im Gegensatz zu den von anderer Seite auf Grund physikalisch-chemischer Messungen vertretenen Ansicht, dass es sich dabei um Uranyl-sulfite mit dem Ion UO_2 handle, fasste V. Kohlschütter auf Grund seiner präparativ-chemischen Versuche diese Verbindungen als „kondensierte Säuren“ auf. Sehr bezeichnend ist dabei seine Einstellung zur physikalischen Chemie, eine Einstellung, die er auch in spätern Jahren vertreten hat. So schreibt er:

„Bei aller Hochachtung vor den Erfolgen der physikalisch-chemischen Forschung glaube ich doch, dass eine derartige Untersuchung, solange nicht eine gründliche chemische Durchforschung des Gebietes vorangegangen ist, nicht die erhofften Früchte bringen kann.“

Bei diesen Untersuchungen über die Verbindungen der Uransäure mit der schwefligen Säure stiess er auf eine schon seit längerem bekannte eigentümliche Verbindung des Urans, das Uranrot. Durch eine sorgfältig präparativ-analytische Arbeit gelang es ihm, die Zusammensetzung dieser nur im festen Zustand existierenden Verbin-

dung zu ermitteln. Auf Grund der Zusammensetzung betrachtete er diese Verbindung als ein Salz der „Persulfo-para-uransäure“; er machte auch auf die Analogie zum Ultramarin aufmerksam.

Eine weitere Untersuchung über die Oxaluranverbindungen führte über zu den komplex-chemischen Arbeiten. Im Bestreben, weiteres Tatsachenmaterial zur Stütze der *Werner'schen* Auffassung der Doppelsalze als Verbindungen mit komplexem Anion zu beschaffen, speziell um die damals noch in geringer Anzahl bekannten derartigen Verbindungen mit verschiedenen Säureresten besser kennen zu lernen, untersuchte er Doppelsalze von Cadmium und Quecksilber, die an das Zentralatom Oxalat- neben Chlor- bzw. Brom- bzw. Nitrition gebunden enthalten.

Weiter untersuchte er komplexe Kupferverbindungen, so die Kupferchloridkomplexe, die Kupferammoniakate und die Thioharnstoffcuprosalze; bei letztern fand er einen der seltenen Fälle von Komplexverbindungen mit der Koordinationszahl 3. Diese Verbindungen führten ihn aber auch zu den Grenzen der Anwendbarkeit der Koordinationslehre und er schreibt am Schlusse seiner Arbeit über diesen Gegenstand:

„Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass die Koordinationszahl nicht alle tatsächlich existenzfähigen Verbindungen zu umfassen gestattet, wenn man nicht zu gekünstelten und damit unvorteilhaften Schematisierungen kommen will.“

Vor allem schien ihm, dass für „hochmolekulare Assoziationsprodukte“ noch keine Konstitutionsvorstellungen oder auch nur zahlenmässige Beziehungen zu gewinnen waren. Die weitere Entwicklung hat ihm hierin vollkommen recht gegeben, indem sie zeigte, dass bei diesen Produkten, die man heute zu den „Festkörperverbindungen“ zählen wird, andere Bauprinzipien herrschen.

Die letzten Arbeiten aus dem Gebiete der Komplexchemie betreffen die Metallnitrosoverbindungen. Im Anschluss an die Untersuchung der Cuprichloridkomplexe wurde die Stickoxydaufnahme konzentrierter Kupfer(II)-chloridlösungen studiert und die Anlagerung von Stickoxyd an anionische Kupferkomplexe zu Cupritrosoverbindungen festgestellt. Die Untersuchungen wurden später auf andere Metallnitrosoverbindungen übertragen und wesentliche Beiträge zur Aufklärung der für die analytische Chemie bedeutungsvollen Ferronitrosoverbindungen geliefert.

Die Untersuchungen der Verbindungen des Urans wurden weiter Ausgangspunkt zu einem ganz andern Forschungsgebiet. Zur Klärung der Frage, in welcher Weise Helium und der dieses stets begleitende Stickstoff in den Uranmineralien gebunden sind, untersuchte er das chemische Verhalten von Stickstoff und Helium zu Uran und Thorium und stellte fest, dass unter den Bedingungen, unter denen sich diese Mineralien bilden, die entsprechenden Metalle Nitride bilden können. Eine Helidbildung konnte zwar nicht festgestellt

werden, doch schien es damals nicht ausgeschlossen, dass auch Helium in den Mineralien chemisch gebunden sei.

Die bald darauf entdeckte Bildung des Heliums beim radioaktiven Zerfall der Bestandteile der Uranmineralien liess allerdings eine solche Auffassung nicht mehr gerechtfertigt erscheinen. V. Kohlschütter suchte deshalb nach einer andern Erklärung und glaubte, eine ähnliche Erscheinung bei den Zersetzungsprodukten von uransaurem Hydroxylamin beobachtet zu haben. Die bei der erwähnten Zersetzung entstehenden Uranoxyde schliessen nämlich beträchtliche Mengen indifferenten Gase, zur Hauptsache elementaren Stickstoff und Stickstoffoxydul ein, die beim Lösen in Säuren oder beim Erhitzen im Vakuum abgegeben werden. Die eingehende Untersuchung dieses Phänomens führte zu der Auffassung, dass diese Gase beim Zersetzen des Hydroxylamins entstehen und im Zersetzungsprodukt in „homogener Mischung“ vorhanden sind, allerdings in keinem Gleichgewichtszustand. Über das Zustandekommen dieser Mischung schreibt er:

„Die Herstellung der festen Lösung wird hier nur dadurch ermöglicht, dass Gas im Innern des festen Stoffes gewissermassen zwischen den Molekülen des Lösungsmittels erzeugt wird.“

Das Ergebnis wurde zur Deutung des Vorkommens des Heliums in den Uranmineralien herangezogen. Diese Arbeit gewinnt heute an Interesse im Hinblick auf die neuen Versuche zur Deutung der Tatsache, dass beim Zersetzen fester Verbindungen, bei denen Gase entstehen, z. B. von Hydroxyden, die letzten Gasreste nur sehr schwer abgegeben werden.

2. Diese Arbeiten über den Gasgehalt der Uranmineralien gaben Anlass zur Aufnahme eines weiteren Forschungsgebietes, das der Kathodenzerstäubung und der chemischen Wirkung von Kanalstrahlen. Bei der spektroskopischen Untersuchung der Gasabgabe beobachtete V. Kohlschütter, dass Aluminiumkathoden in Argon verhältnismässig stark zerstäubten, während bis dahin bei diesem Metall in Luft keine Zerstäubung festgestellt worden war. In Verfolgung dieser Beobachtung fand er auch bei andern Metallen eine starke Abhängigkeit der Zerstäubung von der Gasart, wobei sich die Edelgase durch die Fähigkeit auszeichneten, eine besonders starke Zerstäubung hervorzurufen. Damit schien es V. Kohlschütter, dass diese bis dahin ausschliesslich von Physikern untersuchte Erscheinung unter einem mehr chemischen Gesichtspunkt zu betrachten sei. Da die Edelgase ein besonders starkes Zerstäubungsvermögen zeigten, ergab sich die Möglichkeit, eine chemische Reaktionsfähigkeit dieser Elemente festzustellen. Damit wurde ein Gedanke aufgegriffen, den er schon früher verfolgt hatte.

Die Bedingungen für die Entstehung von Edelgasverbindungen, die zweifellos endotherm sein mussten, waren bei der Glimmentladung besonders günstig, da die mit grosser Geschwindigkeit auf die Kathode auftreffenden Ionen oder Atome eine Quelle grosser Energie darstellen. V. Kohlschütter entwickelte die Vorstellung, dass die Kathoden bei der Glimmentladung dadurch angegriffen werden, dass endotherme flüchtige Metall-Gasverbindungen entstehen, die nachher unter Abscheidung von Metall wieder zerfallen.

Er stellte, z. T. unterstützt von Mitarbeitern, ausgedehnte Versuche an, die wertvolles Tatsachenmaterial über die Abhängigkeit der Kathodenzerstäubung von den verschiedenen massgebenden Faktoren beibrachten. Dieses entsprach dem, was aus der oben erwähnten Vorstellung gefolgert werden musste. Für eine chemische Deutung sprach vor allem auch, dass die verschiedenen Metalle unter sonst gleichen Bedingungen im Verhältnis von Äquivalentgewichten zerstäuben.

Diese chemische Theorie der Kathodenzerstäubung wurde von verschiedener Seite bekämpft. V. Kohlschütter hat sich später den Anschauungen von *J. Stark* angeschlossen, der den Vorgang wie folgt deutete: die auf die Oberfläche auftreffenden Atomstrahlen geben ihre kinetische Energie an die Atome des festen Materials ab und bewirken so die Aussendung sekundärer Atomstrahlen.

V. Kohlschütter schloss seine Untersuchungen über dieses Gebiet mit einer zusammenfassenden Darstellung im Jahrbuch für Radioaktivität und Elektronik ab. Er zeigte aber weiter Interesse für die Fortentwicklung dieses Forschungszweiges und kam in andern Zusammenhänge auf chemische Erscheinungen bei der Glimmentladung zurück, hat auch später weitere Untersuchungen über den Angriff von Metallen durch Kanalstrahlen angeregt¹⁾.

Eine vollständig befriedigende Deutung der ganzen Erscheinung des Angriffs von Metallen durch Atomstrahlen existiert auch heute noch nicht, trotz einer grössern Zahl weiterer experimenteller und theoretischer Arbeiten. Vor allem vermögen auch die neuern Theorien, die im wesentlichen auf die Vorstellungen *Stark's* zurückgehen, den ganz spezifischen Einfluss der Gasart nicht zu erklären, der nicht einfach durch die Masse bestimmt wird, wie dies bei einer rein mechanischen Ablösung der Metallatome der Fall wäre. Es ist deshalb die Grundvorstellung von V. Kohlschütter, wonach chemische Vorgänge bei der Kathodenzerstäubung von Bedeutung sind, heute wiederum durchaus diskutabel, zumal nachgewiesen ist, dass Edelgase im angeregten Zustand Verbindungen eingehen.

3. Diese Untersuchungen über die Kathodenzerstäubung wurden aber zum Ausgangspunkt für weitere Arbeiten, ja

¹⁾ Vgl. *Feitknecht*, Helv. 7, 825 (1924); *Laubmeyer*, Diss. Bern (1926).



V. Kohlschütter

Nach „Volkmar Kohlschütter zum 60. Geburtstag“, Koll. Z. **68**, 129 (1934)
mit freundl. Erlaubnis des Verlags *Theodor Steinkopff*, Dresden.

für die ganze spätere Forschungsrichtung überhaupt. Auf der Suche nach Reaktionen, die der Kathodenzerstäubung ähnlich waren, stiess V. Kohlschütter auf eine Literaturangabe, wonach bei der Einwirkung von Wasserstoff auf Silberoxyd Silber bei Zimmertemperatur „verflüchtigt“ werden sollte. Die eingehende Untersuchung der Reaktion führte zur Deutung des Phänomens. Ferner zeigte es sich, dass bei der Reduktion einer wässrigen Suspension von Silberoxyd eine Lösung von kolloidem Silber entsteht. Bildungsbedingungen und Eigenschaften der so erhaltenen Silbersole wurden näher geprüft. Auffallend war, dass die Reduktion an der Gefässwand erfolgte und die Eigenschaften der Sole von der Natur und der Beschaffenheit der Unterlage bestimmt wurden.

Damit betrat Kohlschütter das Gebiet der Kolloidchemie, auf dem er sich schon mit dieser ersten Veröffentlichung einen bedeutenden Namen machte. Die nach seiner Methode gewonnenen Silberlösungen sind auch später verschiedentlich zum Objekt kolloidchemischer Untersuchungen gemacht worden. Die spezifisch kolloidchemischen Arbeiten von V. Kohlschütter selber sind nicht sehr zahlreich. Denn er erkannte sehr bald, dass die Kolloidchemie nicht im engen Rahmen einer Lehre des kolloiden Zustandes betrieben werden kann, dass sie vielmehr ein Teilgebiet einer viel weiter gefassten „physikalisch-chemischen Morphologie“ ist. Seine ganze Veranlagung verhinderte ihn auch, in einen wenig fruchtbaren Formalismus zu verfallen, wie viele andere Kolloidforscher.

So gehen von dieser ersten kolloidchemischen Arbeit Fäden nach den verschiedensten Forschungsrichtungen aus, zu den Untersuchungen über die Herstellung kolloider Lösungen, über disperse Stoffe in gasförmigen Medien, über Bildungsformen der Stoffe, speziell auch der elektrolytisch gefällten Metalle, über topochemische Reaktionen und zu den Untersuchungen über die Prinzipien der genetischen Stoffbildung.

Bei der Frage nach den Bedingungen für die Entstehung kolloider Lösungen stiess V. Kohlschütter in der Literatur auf Angaben über ein „wasserlösliches“ Thoriumoxyd, das entsteht, wenn Thoriumoxalat thermisch zersetzt wird. Es wird von verdünnten Säuren zu einer trüben Flüssigkeit gelöst, also peptisiert. V. Kohlschütter erblickte in diesem Thoriumoxyd eine besondere „Bildungsform“, an der sich allgemeinere Aufschlüsse über die Bildung kolloider Lösungen durch Zerteilung dichter Materie gewinnen liessen. Eine nähere Untersuchung des Peptisationsvorganges und der dabei entstehenden kolloiden Lösungen führte zu der folgenden Auffassung: Molekeln, die sich im Verbande der Teilchen befinden, reagieren chemisch, ohne sich aus dem Verbande zu lösen, die dabei entstehende Verbindung dissoziiert nachher und verschafft dem Teilchen die Ladung, die es zur kolloiden Zerteilung bedarf.

Voraussetzung für die Kolloidisierbarkeit ist eine hinreichend feine Zerteilung, die durch die Bildungsreaktion erreicht wird. Die oberflächliche Reaktion entspricht einer beginnenden Auflösung.

Beobachtungen, die er bei der Herstellung kolloider Kupferlösungen für präparative Zwecke machte, führte zur Ausarbeitung einer neuen Methode der elektrischen Kolloidsynthese, die er als Entladungselektrolyse bezeichnete. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrolytischer Vorgang mit der schwingenden Entladung eines Kondensatorkreises kombiniert wird.

Ausgehend von der schon bei der Thoriumoxydarbeit angeschnittenen Frage, inwieweit sich zwischen die Bildung einer echten Lösung eine kolloide Zwischenstufe einschieben kann, veranlasste V. Kohlschütter, die Hydratation von Calciumoxyd und die damit verbundenen Begleiterscheinungen, sowie das Verhalten von gelöschtem Kalk zu studieren. Im Verlaufe der recht ausgedehnten Untersuchungen rückte er mehr und mehr von der ursprünglichen Problemstellung ab und verfolgte, angeregt auch durch die auf anderem Gebiete gesammelten Erfahrungen, vielmehr die beiden getrennten Ziele: einerseits „ein individuelles Objekt von auffälligem Verhalten und praktischer Wichtigkeit rationell zu beschreiben“, andererseits sollte an diesem Beispiel das allgemeine Verhalten bestimmter disperser Systeme studiert werden. V. Kohlschütter hat damit das Studium der sog. „kompaktdispersen“ Stoffe angebahnt. Diesen Untersuchungen ist auch von technischer Seite grosses Interesse entgegengebracht worden, zeigten sie doch, wie das dem Techniker geläufige, komplizierte Verhalten des chemisch so einfachen und definierten Systems Calciumoxyd/Wasser wissenschaftlich bearbeitet und gedeutet werden kann.

Eine weitere grössere Zahl von Untersuchungen über Herstellung und Eigenschaften kolloider Lösungen, die er veranlasst hat, liegen nur als Dissertationen vor und sind nicht in extenso in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert.

V. Kohlschütter's Beschäftigung mit dispersen Stoffen in gasförmigen Medien geht teilweise direkt auf die Untersuchungen über Kathodenzerstäubung zurück. Die Beobachtung, dass die Niederschläge der zerstäubten Metalle in verschiedenen Gasen ganz verschiedenes Aussehen haben, führte zur Untersuchung des dispersen Zustandes der so erhaltenen Metallfilme und des Einflusses des Füllgases auf den Dispersitätsgrad. Die hier gewonnenen Resultate waren im Einklang mit den Ergebnissen über Versuche über Kondensation von Metalldämpfen, die unternommen wurden, um unter einfachsten Verhältnissen Zusammenhänge zwischen Bildungsform und Bildungsvorgang aufzudecken. Bei diesen Versuchen ergaben sich einfache Beziehungen zwischen Teilchengrösse der Metallkonden-

sate, dem Molekulargewicht und dem Druck des Gases, in dem Kondensation stattfand.

Viele der Einzelergebnisse seiner ausgedehnten Untersuchungen über den Gegenstand hat V. Kohlschütter nicht publiziert. Ausführlich beschrieb er eine allgemein anwendbare Methode zur Herstellung disperser Stoffe in gasförmigen Medien, die er gemeinsam mit *Tüscher* ausarbeitete. Diese Methode führte zur präparativen Darstellung solcher Substanzen und ist später von der Technik übernommen worden¹⁾. V. Kohlschütter verwertete die Erfahrungen, die er im Umgang mit diesen Systemen gewonnen hat, verschiedentlich in zusammenfassenden Vorträgen und Aufsätzen, die vor allem auch dem Rauch und seiner Bekämpfung galten.

4. Wie schon erwähnt, betrachtete V. Kohlschütter die kolloid-dispersen Zerteilungen fester Stoffe als spezielle Formarten unter den vielen möglichen „natürlichen“ Formen. Die Grosszahl der Chemiker stand damals — z. T. ist diese Einstellung auch heute noch vorhanden — der unmittelbaren Erscheinungsform der Stoffe mit einer gewissen Gleichgültigkeit gegenüber. Diese Einstellung hat V. Kohlschütter gelegentlich selber wie folgt charakterisiert²⁾:

„Der Inbegriff des Wesens eines Stoffes ist die chemische Formel; wenn die Form, in der er auftritt, auch nicht gerade für etwas Zufälliges oder willkürlich Erteilbares gehalten wird, so erscheint sie doch als etwas Akzessorisches und Nebensächliches, das sich über die chemische Natur lagert.“

Bei Stoffen, bei denen bei gleicher Zusammensetzung verschiedene Formen mit allzugrossen Unterschieden in den Eigenschaften auftreten, wurden diese als besondere chemische Individuen, als verschiedene Modifikationen aufgefasst. Die ältere chemische Literatur wimmelt deshalb von solchen α -, β -, γ -Modifikationen.

Bei der Bearbeitung der verschiedenen dispersen Formen des Silbers ergab sich, dass die bei der Bildung herrschenden äusseren chemischen und physikalischen Bedingungen massgebend für die Entstehung einer bestimmten Form sind. Diese „Bildungsformen“ sind demnach nicht zufällige Formen und die Frage nach dem Zusammenhang mit den Bildungsbedingungen wird deshalb zu einer chemischen Angelegenheit. Als besondern Antrieb zur Ausführung derartiger Untersuchungen bezeichnet V. Kohlschütter die Erwägung,

„dass man, indem man einen Stoff auf seinem Wege vom allgemein chemischen Zustand zur Form, in der er uns entgegentritt, verfolgt, notwendig nicht nur prinzipielle Dinge im Wesen des festen Zustandes, sondern auch Elemente der Morphologie natürlicher Bildungen berühren muss“³⁾.

¹⁾ Vgl. *Schertel*, Koll. Z. **68**, 147 (1934).

²⁾ *V. Kohlschütter*, Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. **1922**, 110.

³⁾ A. **387**, 86 (1912).

Die hauptsächlichsten Fragen, die sich V. Kohlschütter im Hinblick auf eine solche „physikalisch-chemische Morphologie“ zunächst aufdrängten, waren:

„1) Worin bestehen die Unterschiede der einzelnen Formen chemisch identischer und nicht polymorpher Stoffe?

2) Welche Faktoren, die bei der Bildungsreaktion in Tätigkeit treten, wirken formbestimmend und im einzelnen Falle ausschlaggebend für die Form?“

Eine Beantwortung dieser Fragen wurde auf zwei Wegen angestrebt. Einerseits wurde versucht,

„Verdichtungsvorgänge der molekular zerteilten Materie zu verfolgen und den Einfluss festzulegen, den einzelne definierbare Faktoren auf die schliessliche Form des Produktes haben. Der andere Weg bestand darin, dem Wesen und Werden charakteristischer Bildungsformen nachzugehen, um an der besonderen Form allgemein gültige Prinzipien der Formgebung aufzufinden“¹⁾).

Als Material für eine derartige Untersuchung schien das Silber besonders geeignet. Einige besondere Formen waren V. Kohlschütter schon von frühern Untersuchungen her bekannt, einige weitere hatten ihrer spezifischen Eigenschaften wegen die Aufmerksamkeit der Chemiker und Mineralogen wie auch der Techniker auf sich gezogen.

So wurden von V. Kohlschütter die folgenden Formen des Silbers im einzelnen näher untersucht.

1) Kolloide Silberlösungen, wie sie speziell bei der Reduktion von Silberoxyd entstehen.

2) Die bei der Kathodenzerstäubung entstehenden dispersen Silberschichten.

3) Die glänzenden Silberspiegel, wie sie sich bei der Reduktion gewisser Silberlösungen durch geeignete Reduktionsmittel an den Glaswänden abscheiden, eine Bildungsform des Silbers von grösserem praktischen Interesse, mit der sich schon *Liebig* befasst hatte.

4) Das Haar-Silber, wie es vielfach an natürlich vorkommendem gediegenem Silber beobachtet wird und künstlich durch Reduktion von Silbersulfid leicht hergestellt werden kann.

5) Die dispersen Silbermassen, wie sie bei der Reduktion von festen Silberverbindungen entstehen.

6. Die lockeren Silberformen, die bei der Verdrängung des Silbers durch ein anderes Metall aus dem Ionenzustand auftreten.

7) Die verschiedenen Formen, in denen das Silber bei der elektrolytischen Abscheidung auftreten kann; unter diesen lassen sich einige besonders charakteristische Typen abgrenzen, so das schwarze Silber; die grobkrystallinen Formen, wie sie bei der Elektrolyse einfacher Salzlösungen auftreten, und die zusammenhängenden glänzenden Schichten, die sich aus Lösungen komplexer Salze bilden.

¹⁾ Koll. Z. 12, 286 (1913).

In einer grösseren Zahl umfangreicher Arbeiten gelang es V. Kohlschütter gemeinsam mit seinen Mitarbeitern, die Eigentümlichkeiten der einzelnen Formen zu deuten und mit den bei der Bildung mitwirkenden chemischen und physikalischen Faktoren in Zusammenhang zu bringen. Es kann nicht im einzelnen auf die Ergebnisse eingegangen werden; V. Kohlschütter hat sie in der Kolloid-Zeitschrift zusammenfassend dargestellt¹⁾. Es sei nochmals betont, dass er mit diesen Versuchen am Silber bezweckte, allgemeine Verhältnisse aufzuklären. Er bemerkte aber selber, dass Erfahrungen, die an einem Metall gemacht werden, nicht immer ohne weiteres durch Analogieschluss auf ein anderes übertragbar sind.

Ein weiteres Element, bei dem eine grosse Zahl von Formen bekannt war, ist das Arsen. Bei diesem verzeichnet die ältere Literatur neben den zwei Formen, dem gelben und dem metallischen, die zweifellos als allotrope Modifikationen anzusprechen sind, eine Anzahl weiterer, von denen das graue und das braune Arsen häufig auch als verschiedene Modifikationen betrachtet wurden. Die Analyse des Bildungsvorganges ergab, dass es sich bei beiden um Bildungsformen des metallischen Arsens handelt. Speziell beim grauen konnte nachgewiesen werden, dass es sich stets nur aus der gelben Modifikation bildet, also bei Umwandlung eines festen Stoffes.

Noch viel mannigfaltiger als beim Arsen sind die Formverhältnisse beim Phosphor. Hier lagen auch schon eine grosse Zahl von Arbeiten vor, aus denen zu schliessen war, dass es sich bei vielen der verschiedenen roten Formen um Bildungsformen handelt. V. Kohlschütter verwirklichte den Gedanken, den Verdichtungsvorgang des molekular zerteilten Phosphors unter verschiedenen definierten Bedingungen zu rotem zu verfolgen, in der Weise, dass er eine ihm geläufige Methode dazu heranzog, nämlich die Wirkung einer Glimmentladung. Es konnten in dieser Weise durch Variation von Gasfüllung und Entladungsbedingungen Produkte erhalten werden, die alle Farbabstufungen von Hellrot bis zu Schwarz zeigten, und es wurde die Auffassung ausgesprochen, dass es sich bei allen um disperse Formen des *Hittorf'schen* Phosphors handelte, und es liessen sich eindeutige Zusammenhänge zwischen Bildungsvorgang und Form festlegen.

5. Beim Studium der Formen des Silbers hatte V. Kohlschütter auch die elektrolytischen Formen in den Kreis seiner Betrachtungen miteinbezogen. Die Form der kathodischen Niederschläge weisen bekanntlich eine sehr grosse Mannigfaltigkeit auf und bieten, ganz abgesehen von der praktischen Bedeutung, grösseres morphologisches Interesse. Man hat es bei der elektrolytischen Metall-

¹⁾ Koll. Z. **12**, 286 (1913).

abscheidung mit einem scheinbar einfachen Vorgang zu tun, bei dem die massgebenden Faktoren leicht kontrollierbar sind. Im Grunde genommen handelt es sich um einen Krystallisationsprozess mit dem Wechselspiel von Keimbildung und Krystallwachstum. Ausgehend von solchen Erwägungen nahm V. Kohlschütter das Studium der Formen elektrolytischer Metallniederschläge wiederum auf, und zwar am Beispiel des Nickels. Das Nickel bot deshalb besonderes Interesse, weil es eine ausgesprochene Tendenz zur Bildung glatter zusammenhängender Überzüge hat. In der Eigentümlichkeit dieser Nickelniederschläge, sich zu kontrahieren, erkannte V. Kohlschütter eine Eigenschaft, die geeignet war, den Bildungsvorgang näher zu ergründen. In einer Reihe von Arbeiten verfolgte er mit einigen Mitarbeitern die Zusammenhänge zwischen Abscheidungsbedingungen, Polarisation und Struktur der Niederschläge. Charakteristisch ist, dass in den ersten Stadien eine zusammenhängende Schicht von hochdisperssem Metall entsteht und Strukturänderungen dieser Schicht für die erwähnten Kontraktionen verantwortlich sind.

Durch eine ultramikroskopische Spezialuntersuchung konnte andererseits nachgewiesen werden, dass nicht, wie verschiedentlich angenommen wurde, sich vor der Kathode, frei beweglich, kolloides Metall bildet; die Bildung von hochdisperssem Metall erfolgt vielmehr auf der Kathode, örtlich gebunden in einem Film von Fremdmaterial. Als Dispersionsmittel nahm V. Kohlschütter ursprünglich einen Film von Wasserstoff an, gelangte aber in spätem Untersuchungen zur Überzeugung, dass Hydrolysenprodukte der Nickelsalzlösungen von grösserer Bedeutung sind.

6. Bei den oben besprochenen Arbeiten über Bildungsformen fiel auf, dass häufig eine spezifische Form dadurch bedingt ist, dass die Reaktion, die dazu führt, irgendwie lokalisiert ist. Als Beispiel seien nochmals hervorgehoben: die Bildung der Silbersole, die durch Zersetzen von festen Silberverbindungen erhaltenen Silberformen, das Spiegelsilber, das graue Arsen, die elektrolytischen Metallabscheidungen. Bei all diesen Bildungsreaktionen kam offenbar als bindendes Moment ein gemeinsames Prinzip zur Auswirkung.

„Dieses liegt darin, dass die Vorgänge im Gegensatz zu solchen zwischen gasförmigen oder gelösten Stoffen sich auf einem engen Raume abspielen, und dies soll herausgehoben werden, wenn Reaktionen der hier ins Auge gefassten Art als „topochemische“ bezeichnet werden, und ihr gemeinschaftliches Merkmal darin gesehen wird, dass Verlauf und Ergebnis durch die örtliche Festlegung des chemischen Prozesses bestimmt wird“¹⁾.

V. Kohlschütter hat in der folgenden Zeit an einer Reihe sehr verschiedener Gegenstände derartige topochemische Vorgänge vor

¹⁾ Z. anorg. Ch. 105, 1 (1919).

allem im Hinblick auf ihr morphologisches Interesse verfolgt. Er erkannte von vornherein, dass

„die Topochemie eine allgemeine Methode zur Synthese beliebiger Formen bietet und so hilft, bestimmte technische Forderungen zu erfüllen, indem sie z. B. gestattet, einen Stoff in willkürlich beeinflussbarer physikalischer Beschaffenheit, chemischer Reaktionsfähigkeit, katalytischer Wirksamkeit zu erhalten. Andererseits führt sie in manche Gebiete natürlicher Erscheinungen, da ja häufig, wie bei gewissen Wachstums- und Erneuerungsvorgängen im tierischen und pflanzlichen Organismus, oder bei den Umbildungsprozessen und pseudomorphen Umwandlungen im Mineralreich, ein neues chemisches Produkt seine Form nur dadurch erhält, dass es an der Stelle und im Raum seiner Muttersubstanz auftritt“.

Wegen der Komplexität der Vorgänge und der dadurch bedingten Schwierigkeiten einer exakten Erfassung, strebte V. Kohlschütter zunächst mehr eine qualitative Orientierung an, die schon mit verhältnismässig einfachen Hilfsmitteln auskam.

Einer der ersten Gegenstände, die er unter diesem Gesichtspunkt behandelte, waren die Formen des graphitischen Kohlenstoffs. Diese Untersuchungen schliessen direkt an diejenigen über die Bildungsformen der Elemente an. Sie führten auf ganz anderem Wege zu dem zu gleicher Zeit von *Debye* und *Scherrer* röntgenographisch nachgewiesenen Resultat, dass „amorphe“ und graphitische Kohle der gleichen Modifikation angehören.

„Was wir Graphit nennen, stellt eine spezifische Erscheinungsform innerhalb alles dessen dar, was man als ‚schwarzen Kohlenstoff‘ zusammenfassen und als einzige allotrope Modifikation dem farblosen Kohlenstoff Diamant gegenüberstellen muss“¹⁾.

Eine nähere Betrachtung aller Methoden, die zu Graphit führen, ergab als gemeinsames Moment, dass die Kohlenstoffabscheidung nicht räumlich frei, sondern lokalisiert, vor allem bei vorwiegend flächenhafter Ausgestaltung des Reaktionsortes stattfindet, und dass sie möglichst wenig durch ein Dispersionsmittel beeinflusst und durch Adsorptionsvorgänge gestört wird. Dagegen entsteht „amorpher“ Kohlenstoff, etwa Russ, bei Verdichtung aus molekularer Verteilung im freien Gasraum. Der Graphit verdankt demnach seine Bildung einer ausgesprochen topochemischen Reaktion.

Diese Auffassung wurde durch Untersuchung der Umsetzung von Kohlenmonoxyd zu Kohlendioxy und Kohlenstoff an Metallkontakten weiter gestützt; die Form des entstehenden Kohlenstoffs erwies sich dabei stark abhängig von der chemischen Natur des Metalls und seiner Ausbildungsform, mit abnehmender Lokalisierung der Reaktion ergaben sich Übergänge zu „amorphen“ Kohlenstoffformen.

Eine weitere Bestätigung ergab sich aus der Untersuchung der Umsetzung von Graphit zu Graphitsäure und deren Rückverwandlung in Graphit. Damit wurde die Aufmerksamkeit auf einen besondern Reaktionstyp gelenkt, nämlich auf die „topochemischen Reaktionen schichtgitterartig aufgebauter Stoffe“. Die

¹⁾ Z. anorg. Ch. 105, 35 (1919).

spättern eingehenden Untersuchungen von *U. Hofmann* und Mitarbeitern haben unter Heranziehung röntgenographischer Methoden die Auffassung von *V. Kohlschütter* voll bestätigt und weitgehend spezifizierte Auskunft über Grösse und Form der Krystallite der verschiedensten Bildungsformen des schwarzen Kohlenstoffes gegeben, sowie die Konstitution der Graphitsäure und ihre Bildung aus dem Graphit aufgeklärt.

Weitere „topochemische Umsetzungen fester Stoffe mit schichtgitterartigem Aufbau“ sind in letzter Zeit verschiedentlich untersucht worden; es seien hier nur erwähnt die Arbeiten über Siloxen und seine Derivate¹⁾, über Quellung und Basenaustausch bei Tonen²⁾, über laminardisperse Hydroxyde und basische Salze³⁾.

Als weiteres Beispiel einer topochemischen Reaktion untersuchte *V. Kohlschütter* die Herstellung von Aluminiumhydroxyd durch Umsetzen fester Aluminiumsalze, vor allem Alaun und Aluminiumsulfat mit Lösungen von Ammoniak. Die Reaktion spielt sich dabei in einer schmalen Zone an der Oberfläche des festen Salzes ab und führt zu einem dispersen Hydroxyd, das noch die äussere Form des Ausgangsmaterials hat, also pseudomorph ist. Je nach der Konzentration der Lösung und der Löslichkeit des Salzes ist die Reaktionszone mehr oder weniger schmal, die Reaktion also mehr oder weniger streng topochemisch. Physikalische Beschaffenheit, so beispielsweise die Lockerheit der Körner des Hydroxyds und chemische Reaktionsfähigkeit, z. B. die Peptisierbarkeit oder Löslichkeit in Salzsäure stehen in enger Beziehung zu den Darstellungsbedingungen.

Noch tiefern Einblick in die Zusammenhänge zwischen topochemischer Bildung einerseits, physikalischer Beschaffenheit und chemischer Reaktionsfähigkeit andererseits wurden beim Studium von Kupferhydroxyd erhalten. Neben der Darstellung durch Umsetzung fester Kupfersalze mit Natronlauge wurde dieses hauptsächlich nach der Methode von *Lorenz* durch anodische Auflösung von Kupfermetall in Kaliumnitrat gewonnen. Durch Variation der Stromdichte und der Konzentration der Lösung lässt sich eine „homologe Reihe“ von Bildungsformen erhalten. Durch weitere topochemische Umsetzungen entstehen daraus neue Verbindungen, und zwar wiederum in einer homologen Reihe von Bildungsformen, die der ersten „substituiert“ ist, was sich darin äussert, dass sich die Eigenschaften in gleicher Weise abstufen wie bei der Ausgangsreihe. Als derartige Reaktionen wurden verfolgt die Umwandlung von Hydroxyd in Oxyd, die Überführung in Kupfer(II)-sulfid und Kupfer(I)-sulfid, die Reduktion zu Kupfer(I)-oxyd, die Umsetzung in basisches Chlorid.

¹⁾ Vgl. z. B. *Kautsky* und *Gambatz*, Z. anorg. Ch. **191**, 387 (1930).

²⁾ *U. Hofmann* und *W. Bilke*, Koll. Z. **77**, 238 (1936).

³⁾ *Feitknecht*, Z. angew. Ch. **52**, 202 (1939), sowie diese Zeitschr.

Schliesslich wurden in einer weiteren Arbeit die Entstehungsbedingungen der Formen des Bleioxyds untersucht. Bei dieser Verbindung stehen die gelben und roten Formen im Verhältnis der Polymorphie zueinander, wobei die rote bei gewöhnlicher Temperatur die stabile Modifikation ist. Es erwies sich aber, dass rotes Bleioxyd stets nur durch Umsetzung von festem Hydroxyd bestimmter Dispersität entsteht. Es liegt also hier der Fall topochemischer Reaktionslenkung vor.

Topochemische Methoden haben für die präparative Herstellung speziell von Hydroxyden und Oxyden grosse Bedeutung erlangt und haben so bei der Fortentwicklung dieses Gebietes der anorganischen Chemie eine wesentliche Rolle gespielt¹⁾.

Bei der Aufklärung der Ursachen für das verschiedene chemische Verhalten verschiedener Formen disperser Oxyde und Hydroxyde, speziell der aktiven Formen, haben wiederum die röntgenographischen Methoden grosse Fortschritte gebracht²⁾. Es ist aber nicht zu übersehen, dass die röntgenographischen Methoden nur über Strukturgrösse und Form der „Primärteilchen“ Aufschluss zu geben vermögen, nicht aber über Art und Weise ihres Zusammenschlusses zu grösseren Strukturelementen. Für die Form eines Stoffes und für sein chemisches Verhalten sind aber auch die letzteren Faktoren von Bedeutung, was V. Kohlschütter stets besonders betont hat. Es bleibt der Topochemie nach dieser Richtung hin noch ein weites Arbeitsgebiet offen.

Der Begriff „topochemisch“ hat rasch weitverbreiteten Eingang in die chemische Literatur gefunden, und zwar in die anorganische und organische. Dabei wird er nicht immer im gleichen Sinne gebraucht; nicht selten wird er auch missverstanden angewendet. V. Kohlschütter³⁾, vor allem aber auch H. W. Kohlschütter⁴⁾, haben sich verschiedentlich über Sinn und Bedeutung des Begriffs geäussert. Topochemie kennzeichnet heute jene Forschungsrichtung der Chemie der Festkörperverbindungen, welche nicht so sehr auf die Festlegung von Gleichgewichten oder die Herausschälung der Elementarprozesse ausgeht, sondern welche die ganze Komplexität des Ablaufs chemischer Reaktionen an der Grenzfläche oder im Innern fester Stoffe zu erfassen sucht, einer Komplexität, die verursacht wird durch das Ineinandergreifen der Wirkungen der festen Ausgangs- und Endstoffe.

7. V. Kohlschütter hat sich in seinen folgenden Arbeiten wiederum mehr mit Problemen befasst, bei denen die äussere Form der

¹⁾ Vgl. z. B. *Fricke* und *Hüttig*, Hydroxyde und Oxyhydrate, ferner *Feitknecht*, Z. angew. Ch. **52**, 202 (1939).

²⁾ Vgl. z. B. *Fricke*, Z. angew. Ch. **51**, 863 (1938).

³⁾ *Helv.* **12**, 512 (1929).

⁴⁾ Z. angew. Ch. **47**, 753 (1934); **52**, 197 (1939).

Objekte im Vordergrund des Interesses stand. Schon frühe wurde seine Aufmerksamkeit auf eine Gruppe natürlich geformter Gebilde gelenkt,

„die zwar vielfach beachtet und auch schon öfters umständlich beschrieben, deren Entstehungsweise und Formbeziehungen jedoch noch nicht in genügend bestimmte physikalisch-chemische Zusammenhänge gebracht wurden“¹⁾.

Man beobachtet sie bei der Natur entnommenen wie bei präparativ gewonnenen Präparaten, und zwar bei einfacher anorganischer wie organischer Substanz, und sie fallen durch

„ihre individuelle Begrenzung, zierliche Unterteilung und symmetrische Gestaltung“

auf. Es gehören dazu die als „Spärolithe“, „Globulite“, „Margarite“, „Longulite“ usw. bezeichneten Bildungen. Als erster hatte sich *H. Vogelsang* eingehender mit der ganzen Körperklasse befasst und dafür die Namen „Krystallite“ oder „Krystalloide“ eingeführt, Namen, die aber inzwischen für Objekte anderer Art in Anspruch genommen worden sind. Um die individuelle abgeschlossene Körperlichkeit zu betonen, hat sie *V. Kohlschütter* „somatoide Bildungsformen“ später auch kurz „Somatoide“ genannt.

Es ist in dieser Zeitschrift verschiedentlich über Wesen und Entstehung dieser Gebilde berichtet worden; kurze Zusammenfassungen haben vor einiger Zeit *K. Huber*²⁾ und ganz kürzlich *V. Kohlschütter*³⁾ selber gegeben. In diesem Zusammenhang soll deshalb nur kurz die historische Entwicklung dieses Gebietes geschildert werden.

V. Kohlschütter hat das Problem in der Weise angegangen, dass er an einer für den Zweck günstig erscheinenden Verbindung, nämlich am Calciumcarbonat, die genetische Entwicklung solcher Somatoide studierte. Es wurden, ausgehend von Bedingungen, unter denen eine reine Krystallisation erfolgte, systematisch Störungsfaktoren eingeführt, und die Beziehungen zwischen Abscheidungsbedingungen und Abscheidungsform ermittelt. Dabei ergab sich, dass u. U. bei ein und demselben Zusatz durch allmähliche Steigerung des Zusatzes die ganze Skala von Störungsformen von leichter Habitusbeeinflussung über die Hydratbildung bis zu den somatoiden Formungen durchlaufen werden konnte. Die Entstehung somatoider Formen war an die Anwesenheit kolloider Formungsstoffe geknüpft. Weiteren Einblick in das Wesen der Somatoide gewährte die zeitliche Verfolgung ihrer Entwicklung in einer bestimmten Lösung; dabei wird eine ganze Reihe von Formen durchlaufen, die miteinander in genetischem Zusammenhang stehen.

Schon in der ersten Mitteilung, die erst nach etwa zehnjähriger Beschäftigung mit dem Gegenstand erfolgte, sind die massgebenden Bedingungen für die Entstehung, die wichtigsten Züge des Wesens,

¹⁾ Helv. **8**, 457 (1925).

²⁾ Helv. **18**, 858 (1935).

³⁾ Helv. **22**, 277 (1939).

sowie die allgemeinere Bedeutung der Somatoidenbildungen klar herausgearbeitet. So wurde vor allem betont, dass es sich um organisierte Gebilde, „anorganische Organismen“, handelt, in denen nicht alle Teile gleichartig geformt sind und daher nicht gleiche Funktionen haben, z. B. chemisch nicht gleich reagieren. Ferner wurde erkannt, dass eine enge Beziehung zwischen Somatoiden und Micellen kolloider Lösungen besteht, indem es sich auch bei diesen um komplexe Gebilde handelt, die somatoiden Formen aber andererseits bis an die Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit verfolgt werden können.

V. Kohlschütter hat in späteren Arbeiten meistens im Zusammenhang mit andern Fragestellungen weiter wichtige Beiträge zum Problem der somatoiden Bildungsformen geliefert. Besonders instruktiv waren die Erfahrungen, die beim Aluminiumhydroxyd gesammelt wurden, weil hier die Entstehung und die Weiterentwicklung der Somatoide sehr schön verfolgt werden konnte. Weiteres Beobachtungsmaterial ergab sich bei Untersuchungen über Calcium- und Kupferoxalat.

In einigen seiner letzten Arbeiten befasste sich V. Kohlschütter mit dem Auftreten und der Bedeutung, die somatoiden Formen im Verbands grösserer Körper zukommt, und zwar an Beispielen elektrolytischer Metallniederschlägen. Gerade so wie Einzelsomatoide treten somatoide Strukturelemente in elektrolytischen Metallniederschlägen dann auf, wenn die normale Krystallisation durch einen schwerlöslichen nicht metallischen „Formungsstoff“ beeinflusst wird.

8. Bei der Bildung krystalliner Niederschläge, besonders bei schwerlöslichen Substanzen, treten die Stoffe meistens nicht in Form schön ausgebildeter Einzelkrystalle auf, sondern entweder als Somatoide oder noch häufiger in Form von Krystallaggregationen. Die bekannten mikrochemischen Tafeln mit Abbildungen krystalliner Niederschläge können als Beleg angeführt werden. Diese „krystallinen Aggregationsformen“ sind einerseits häufig stoffspezifisch und können aus diesem Grunde unter Umständen in der Mikrochemie verwertet werden, andererseits werden sie durch die Bildungsbedingungen stark beeinflusst. Sie sind oft charakteristisch gestaltete Individuen und sind als Formen zwischen die Einzelkrystalle einerseits und die Somatoide andererseits einzureihen.

Besonders charakteristische Aggregationsformen findet man bei der elektrolytischen Metallabscheidung. Sie besitzen hier auch praktisches Interesse. Im Anschluss an frühere Arbeiten hat V. Kohlschütter das Studium der „Chemie der krystallinen Aggregationsformen“ an diesem Objekte aufgenommen. Die Reaktion der Metallabscheidung erfolgt topochemisch gebunden; durch Varia-

tionen der Strombedingungen kann die Abscheidungsgeschwindigkeit bequem beeinflusst werden.

Zur Untersuchung gelangte einerseits die Bildung lockerer Niederschläge bei Blei, Cadmium, Zinn, Zink, Silber und Thallium, andererseits wie früher die Entstehung dichter disperser Abscheidungen bei den Eisenmetallen, Silber, Zink und Blei.

Eine Vergleichung der verschiedenen Metalle zeigte, dass jedes Metall Abscheidungsformen liefert, die als Ganzes einen bestimmten morphologischen Typ verkörpern. Die einem Metall zugehörige Form wird durch die Abscheidungsbedingungen modifiziert, behält aber ein spezifisches Gepräge.

Die Faktoren, die durch ihr Zusammenwirken und durch ihre Überlagerung die Form des Niederschlages zur Hauptsache bedingen, sind Keimbildung und Krystallwachstum und die Art der Angliederung neuer Keime an bestehende Krystalle. Diese Grössen werden ihrerseits durch Faktoren wie Stromdichte, Elektrolytkonzentration, Temperatur und Lösungsgenossen beeinflusst.

„Auch die scheinbar regellosen Aggregationsformen sind keine Zufallsbildungen, sondern Produkte des Zusammenwirkens innerer und äusserer Faktoren der Krystallisation, d. h. sie hängen ab vom Kraftfeld am Krystall und im Elektrolyten“.

Hochdisperse Metallabscheidungen werden erhalten, wenn sich kolloide diaphragmenartige Überzüge über der Kathode bilden. Aber auch im Gebiet dichter disperser Niederschläge ist dem einzelnen Metall eine typische Ausbildungsweise eigen.

Um den Einfluss der Lösungsbestandteile auszuschalten, hat V. Kohlschütter später auch die Metallabscheidungen bei der Elektrolyse fester Salze untersucht. In diesem Falle ergibt sich ein enger Zusammenhang zu den Krystalleigenschaften des festen Elektrolyten. Bei Krystallen mit ausgeprägtem vektoriellem Bau wie bei Bleichlorid entsteht eine lockere dentrische, deutlich nach dem festen Salz orientierte Ausscheidung, während auf der andern Seite bei α -Silberjodid, mit dem im Gitter der Jodionen statistisch verteilten Silberionen, das Metall in Form eines körnigen Niederschlages ausgeschieden wird, der keine krystallographisch bevorzugte Richtungen aufweist.

Eine andere Stoffklasse, die V. Kohlschütter zum Eindringen in die Chemie der krystallinen Aggregationsformen heranzog, sind die basischen Salze des Kupfers. Hierbei stellte er sich die allgemeine Aufgabe,

„1) Nach den Grundlagen des Zustandekommens typischer Aggregationsformen zu suchen; 2) Die Aggregationsformen im Einzelfalle zu charakterisieren und als Folge bestimmter Wirkungsfaktoren zu beschreiben; 3) Zusammenhänge zu finden zwischen den Aggregationsformen in ihrer typischen individuellen Gestaltung und einerseits der Stoffart, andererseits der Bildungsbedingungen.“

Es wurde wiederum die genetische Betrachtungsweise gewählt, und die Ausbildungsformen der oben erwähnten Gruppe vergleich-

barer Verbindungen unter gleichartigen Bildungsbedingungen studiert. Ähnlich wie bei den elektrolytischen Metallabscheidungen zeigt jede Verbindung Aggregationsformen, die für sie typisch sind, es ist also die Art, sich zu grösseren Aggregaten zu vereinigen, ebenso eine charakteristische Stoffeigenschaft, wie die Krystallstruktur und die damit zusammenhängende Ausbildungsform der Einzelkrystalle. Ähnlich wie letztere lässt sie sich durch die äusseren Bildungsbedingungen innerhalb bestimmter Grenzen abwandeln.

Diese Untersuchungen über die Aggregationsformen der basischen Kupfersalze sind als ein erster Versuch zu bewerten, in dieses Gebiet einzudringen, das, wie schon erwähnt, auch von einiger Bedeutung für die Mikrochemie ist. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die dabei von V. Kohlschütter angebahnte Betrachtungsweise zur theoretischen Grundlage dieses Teiles der Mikrochemie zu werden verspricht.

In einer seiner letzten Arbeiten hat V. Kohlschütter die Frage nach der Entstehung von Aggregationsformen unter erweiterten Gesichtspunkten wiederum aufgenommen und unter möglichst einfachen Verhältnissen, nämlich bei der Ausscheidung aus der Gasphase, verfolgt. Die beobachteten Erscheinungen lassen sich in diesem Falle im wesentlichen auf das Zusammenwirken und Überlagern von Keimbildung und Krystallwachstum zurückführen.

9. Wie schon öfters betont, war es V. Kohlschütter auch bei der Bearbeitung von Einzelfällen hauptsächlich darum zu tun, allgemeine Züge und Gesetzmässigkeiten der Bildung und Formung fester Stoffe aufzudecken. Es liegt in der Natur der Dinge, dass sich dabei die Resultate nicht in kurze mathematische Formeln fassen liessen. Dagegen erwiesen sich mit der Zeit einige Reaktionsprinzipien von allgemeiner Gültigkeit und Bedeutung. V. Kohlschütter hat die wichtigsten wie folgt gekennzeichnet:

1) „Topochemische Reaktionsweise“. 2) „Diachrone Stoffbildung“. 3) „Verteilung der Reaktion auf kleine begrenzte Räume“.

1) Das Wesen und die Bedeutung der topochemischen Reaktionsweise im Hinblick auf die Erzielung bestimmter Bildungsformen ist schon ausführlich diskutiert worden.

2) „Mit dem Ausdruck diachrone Stoffbildung soll die Besonderheit bezeichnet werden, dass der Reaktion die Komponenten nur nach und nach, aber mit geregelter Geschwindigkeit, in das System geliefert werden, daher auch die Angliederung der Substanz zum geformten Körper nur schrittweise, aber stetig vor sich geht¹⁾.“

Der formbestimmende Einfluss dieses Prinzips tritt beispielsweise bei der elektrolytischen Metallabscheidung deutlich zutage. Bei einem gegebenen Versuch ist die Geschwindigkeit der Stoffzufuhr zur Kathode konstant und durch die Stromstärke bestimmt. Sie bedingt eine charakteristische Ausbildungsform; eine Änderung

¹⁾ Helv. 13, 929 (1930).

in der Abscheidungsgeschwindigkeit ändert auch die Form des Niederschlages. In ähnlicher Weise erfolgt die Bildung von Metallhydroxyd nach der früher erwähnten Methode von *Lorenz* diachron und Variation der Stromstärke führt hier zu einer homologen Reihe von Bildungsformen.

3) „Der Ablauf einer Reaktion im kleinen begrenzten Raum bringt Besonderheiten für die Dynamik der Vorgänge und die Gestaltung der Produkte mit sich“¹⁾.

Es treten andere Erscheinungen auf, als wenn sich die Reaktion frei in einem grossen Raum abspielt. Es äusserte sich dies beispielsweise schon bei der Untersuchung des Verhaltens von Calciumoxyd zu Wasser. Der Reaktionsablauf und die Eigenschaften der Reaktionsprodukte hingen ab von der Grösse und Beschaffenheit der als „Reaktionskleinräume“ wirkenden Oxydkörner. Dieses „Kleinraumprinzip“ tritt ferner bei der Bildung und Umwandlung von Somatoiden in Erscheinung.

Wie im Vorhergehenden verschiedentlich betont wurde, ist eine bestimmte Bildungsform nicht einfach aus der Summierung von Einzeltatsachen oder Elementarprozessen zu verstehen, weil sich bei ihrem Zustandekommen die Teilerscheinungen gegenseitig bestimmen und tragen.

„Man sieht sich vor einen Erscheinungstypus gestellt, der neuerdings als Problem der „Gestalt“ in einem prägnanten Sinne und unter erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten und auf den verschiedensten Gebieten Bedeutung gewonnen hat“²⁾.

Der Begriff der „Gestalt“ im oben angedeuteten Sinne ist von *W. Köhler* in die Physik eingeführt worden und bezeichnet das allgemeine Phänomen, dass auch im Bereich der reinen Physik bei zahlreichen Vorgängen und Zuständen die charakteristischen Wirkungen und Eigenschaften nicht additiv aus Einzelwirkungen oder -Eigenschaften zusammenstellbar sind. Neben *V. Kohlschütter* hat vor allem *A. Mittasch* darauf hingewiesen, dass auch in der Chemie derartige „Gestalten“ gefunden werden.

10. *V. Kohlschütter* hat in seinen spätern Arbeiten, die er unter dem allgemeinen Titel „Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung“ publizierte, an weitem typischen Fällen die Auswirkung dieser Prinzipien aufgezeigt. Dabei wählte er wiederum hauptsächlich Beispiele, die wegen ihres theoretischen oder praktischen Interesses besondere Beachtung verdienten.

Der Einfluss der Gitterkräfte der Ausgangs- und Endprodukte auf den Reaktionsablauf macht sich am unmittelbarsten bemerkbar, wenn ein fester Stoff eine polymorphe Umwandlung erleidet oder unter Gasabgabe in einen andern festen Stoff zerfällt. Unter diesem Gesichtspunkt war schon früher eine Arbeit über polymorphe Umwandlungen von Quecksilber(II)-jodid und

¹⁾ Helv. **13**, 929 (1930).

²⁾ Helv. **14**, 3 (1931).

Schwefel angeregt worden¹⁾). Derartige Überlegungen gaben später Veranlassung zur Aufnahme einer Reihe von Untersuchungen über die thermische Zersetzung von Kupferverbindungen. Erfahrungen über den Gegenstand lagen schon von den früheren Arbeiten über die Zersetzung von Silberverbindungen und über die Herstellung und Eigenschaften der verschiedenen Formen des Calciumoxyds vor. Bei den neuern Untersuchungen wurde die Zersetzung hauptsächlich an Einzelkrystallen unter Zuhilfenahme des Mikroskopes verfolgt. Zusammenhänge mit der Gitterstruktur des Ausgangsmaterials liessen sich aus der Form und Orientierung der Zersetzungsfiguren erschliessen. Die Tatsache, dass häufig regelmässige Zersetzungsfiguren einheitlicher Grösse entstehen, wurde auf das „Prinzip der Verteilung der Reaktion auf kleine begrenzte Räume“ zurückgeführt.

Besonders eingehend wurde die Zersetzung des Kupfervitriols untersucht. Diese Reaktion war von anderer Seite kinetisch verfolgt worden und bot besonderes Interesse, weil daran demonstriert werden konnte, wie erst eine erweiterte topochemische Betrachtungsweise die Erscheinungen ganz zu deuten vermag. Das „Gestalthafte“ der Zersetzungs Vorgänge beim Kupfervitriol äussert sich darin, dass sie

„durch ein geregeltes Zusammenwirken verschiedenartiger Faktoren zustande kommen, und dementsprechend nur zu begreifen sind, wenn die Bedingungskomplexe, die sich in den spezifischen Effekten äussern, als Einheiten erfasst werden.“

Noch deutlicher trat dies bei den wesentlich komplizierteren Zersetzungs Vorgängen von Kupferformiat zutage.

V. Kohlschütter hat von jeher als Ziel seiner morphologischen Studien hingestellt, die in der belebten wie der unbelebten Natur auftretenden Formen fester Stoffe auf physikalisch-chemischer Grundlage zu deuten. Von einfachen anorganischen Stoffen, die als Ausscheidungen in Pflanzenzellen wegen ihrer Ausbildungsart für anatomische Betrachtung seit langem eine Rolle spielen, steht Calciumoxalat an erster Stelle. Seine Ausscheidungsform steht in auffälliger Beziehung zu bestimmten Organen wie auch zu der Art der Pflanze. Dies war mitbestimmend bei der Wahl des Calciumoxalates als weiteres Beispiel zur Untersuchung der Abhängigkeit der Formbildung von übersehbaren physikalisch-chemischen Bedingungen. Dabei wurde nicht einfach angestrebt, die in der Natur vorkommenden Formen nachzubilden, es wurde vielmehr die Abwandlung der Formen in Abhängigkeit von Ausscheidungsbedingungen genetisch verfolgt. Dabei führte die Anwendung des „Prinzips der diachronen Stoffbildung“ zu einem neuen instabilen Hydrat des Calciumoxalates. Die zeitlich geregelte Erzeugung von Calciumoxalat erfolgte in der Weise,

¹⁾ H. W. Kohlschütter, Koll. Beih. **24**, 319 (1927).

dass zu einer der beiden Reaktionskomponenten die andere langsam und mit konstanter Geschwindigkeit zugeführt wurde.

Die Umwandlung dieser instabilen Form, die im Raum des Krystalls topochemisch erfolgen kann, führt zu somatoiden Bildungsformen, deren Gestalt aber weitgehend vom Ausgangskrystall bestimmt ist. Die so entstehenden Gebilde zeigen Formen, wie sie häufig bei Ausscheidungen in Pflanzenzellen auftreten, so dass sich die Möglichkeit für die Deutung dieser sonst rätselhaften Gebilde ergibt.

„Die auffällige Erscheinung, dass in den Zellen häufig nur ein entwickelter Krystall oder ein typisch geformtes Aggregat aus wenig Individuen vorliegt, findet vermutlich ihre Erklärung eben darin, dass sich das Oxalat in einer diachronen „Kleinraumreaktion“ gebildet hat, bei der die Keimbildung ein relativ seltener Vorgang ist.“

Das Beispiel des Calciumoxalates zeigt, dass die diachrone Reaktionsweise nicht nur zu Bildungsformen mit bestimmten charakteristischen Eigenschaften führen kann, sie liefert unter Umständen auch neue Verbindungen.

Ein weiterer Fall, bei dem dieses Prinzip bei der Hervorbringung eines Stoffes mit spezifischen Eigenschaften eine wichtige Rolle spielt, ist das Bleiweiss. Bleiweiss ist seiner chemischen Zusammensetzung nach basisches Bleicarbonat. Nicht jedes basische Bleicarbonat besitzt aber die für die Farbe „Bleiweiss“ geforderten Eigenschaften, trotz gleicher chemischer Zusammensetzung. Es ist vielmehr bekannt, dass zur Herstellung von Bleiweiss ganz bestimmte, zum Teil recht umständliche Verfahren eingeschlagen werden müssen. Bleiweiss ist also eine besondere Bildungsform des basischen Bleicarbonats, wobei die nach den verschiedenen Verfahren gewonnenen Sorten noch bestimmte Differenzierungen aufweisen.

Eines dieser Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass im Wasser aufgeschlammtes Bleioxyd geeigneter Dispersität durch einen Gasstrom mit nicht zu hohem Kohlendioxydgehalt zur Reaktion gebracht wird. Die Analyse dieses auch technisch interessanten Falles hat gezeigt, dass die spezifische Form dadurch zustande kommt, dass sich die Reaktion in Kleinraumsystemen abspielt, die sich um die Oxydteilchen entwickeln und dass die Kohlensäure diachron zugeführt wird. Nur eine geeignete Dispersität des Bleioxyds, die die Ausbildung entsprechender „Kleinräume“ bedingt und die im richtigen Tempo nachgelieferte Menge Kohlendioxyd führt zu einer Bildungsform mit den gewünschten Eigenschaften.

Die Beispiele, in denen das Prinzip der „Diachronie“ bewusst oder unbewusst in den Dienst der präparativen Herstellung bestimmter Formen fester Stoffe gestellt wird, liessen sich beliebig vermehren. Hier sei nur noch auf eine weitere Arbeit aus dem Berner Institut hingewiesen, in der es sich bei der Gewinnung von

Eisen(III)-hydroxyd mit bestimmten Eigenschaften von Bedeutung erwies¹⁾.

Die Auswirkung der Verteilung der Reaktion auf kleine begrenzte Räume und die Beziehung dieses „Kleinraumprinzips“ zu den somatoiden Bildungsformen ergab sich sehr deutlich bei der weitem Verfolgung der Herstellung und der Reaktionsweise von Kupfer(II)-hydroxyd aus festen Kupfer(II)-verbindungen.

Unter erweiterten Gesichtspunkten wurde auch die Chemie des Aluminiumhydroxyds neu bearbeitet. Hier war es vor allem die Komplexität, das „Gestalthafte“ des ganzen Fragenkreises, die V. Kohlschütter zu einer Bearbeitung unter Beziehung der oben erläuterten Prinzipien veranlassten.

Bei den krystallinen Formen des Aluminiumhydroxyds vermochte die röntgenographische Methode in den Händen von J. Böhm und anderen eine Reihe verschiedener Hydratstufen und polymorpher Modifikationen festzustellen und zum Teil auch deren Struktur klarzulegen. Nebst dem existieren aber auch amorphe oder unvollkommen krystallisierte Formen. Es ist das grosse Verdienst Willstätter's und seiner Mitarbeiter, nachgewiesen zu haben, dass das verschiedene Verhalten verschiedener Präparate von amorphem Hydroxyd chemisch konstitutionell und nicht rein kapillarchemisch zu deuten ist. Er gab auch Methoden an, um Präparate zu gewinnen, die innerhalb bestimmter Grenzen konstante und reproduzierbare Eigenschaften aufweisen, und die er als einheitliche Verbindungen auffasste.

Die Verfolgung der Entstehung und Umwandlung dieser geförmigen Hydroxyde führte demgegenüber V. Kohlschütter zu der Vorstellung, dass wohl darin definierte Verbindungen auftreten, $\text{Al}(\text{OH})_3$ in den frisch gefällten α -Präparaten, ein durch Kondensation daraus entstandenes „Metahydroxyd“, mit möglicherweise kettenförmigen Molekeln in β -Präparaten, ferner röntgenographisch als „Bayerit“ identifizierbares krystallines Hydroxyd in den γ -Präparaten. Im allgemeinen liegen nun in den unter bestimmten Bedingungen erhaltenen Produkten diese Verbindungen als „Mischkörper“ vor. Diese Mischkörper sind aber nicht etwa als Zufallsprodukte zu werten, sondern es handelt sich um Produkte, die als Individuen genommen werden müssen; sie besitzen selbständige Eigenschaften, die sich nicht additiv aus denjenigen der Einzelbestandteile ergeben.

Ein solches uneinheitliches System mit einer gewissen Selbständigkeit der Eigenschaften ist der „ (α/β) -Mischkörper“, der als erstes Alterungsprodukt von frischem α -Hydroxyd erhalten wird. Er besitzt die Eigenschaft, sich zu runden Gebilden formen zu können.

¹⁾ H. Nitschmann, Helv. 21, 1609 (1938).

Aus diesen Geltropfen bilden sich, ausgehend von einem spontan gebildeten Keim von Bayerit, durch Umwandlung des α -Hydroxyds in einer ausgesprochenen Kleinraumreaktion Somatoide, die ihrerseits Mischkörper von krystallisiertem Bayerit und amorphem β -Hydrat sind. Ebenfalls Mischkörper von Bayerit und β -Hydroxyd sind die γ -Hydroxydgele. Es liegt auf der Hand, den Micellen von peptisiertem γ -Hydroxyd einen ähnlichen Bau zuzuschreiben, wie den Somatoiden, deren Grösse im Gebiet mikroskopischer Sichtbarkeit liegt.

Die Arbeiten über das Aluminiumhydroxyd weisen einen Weg zu einer sinngemässen Behandlung der Chemie der Festkörperverbindungen. Es kommt dabei nicht allein darauf an, die einzelnen chemischen Individuen zu isolieren und ihre Konstitution zu ermitteln; diese Stoffe sind vielmehr in ihrer ganzen Wandelbarkeit und in ihrem ganzen Formenreichtum zu betrachten. Diese Betrachtungsweise hat heute vielerorts Eingang gefunden, man denke etwa an die Chemie der Hydroxyde und Oxyhydrate, oder die Chemie der basischen Salze.

11. V. Kohlschütter ist bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten verschiedentlich auf Probleme der angewandten Chemie gestossen. Ein wichtiges Teilgebiet der angewandten Chemie, bei dem topochemische Reaktionen von grosser Bedeutung sind, ist die Metallkorrosion. Von Korrosionsforschern wurde verschiedentlich auf die Bedeutung der topochemischen Betrachtungsweise der Korrosionsvorgänge hingewiesen¹⁾.

Schon in der ersten Phase seiner Beschäftigung mit topochemischen Fragen hat sich V. Kohlschütter mit dem Angriff von Metallen durch Halogene und den dabei sich bildenden festen Schichten, also im Grunde genommen mit einem Problem von Metallkorrosion befasst. Später kam von aussen her der Anstoss, sich eingehender mit dem ganzen Fragenkomplex zu beschäftigen. In einem Vortrag hat er vor einiger Zeit zusammenfassend „topochemische Züge in den Korrosionserscheinungen“ geschildert. In einer Reihe von Untersuchungen hat er hierauf einige Einzelfragen weiter bearbeitet, doch war es ihm nicht vergönnt, diese Untersuchungen zu einem Abschluss zu bringen.

12. V. Kohlschütter hat sich verhältnismässig wenig rein literarisch betätigt. Die Herausgabe eines Praktikumbuches zur Einführung in die Chemie ist schon erwähnt worden. Sein umfangreichstes Werk, das 1917 erschien und einen kurzen Überblick über den damaligen Stand der Kolloidchemie gibt, ist betitelt „Die

¹⁾ Vgl. z.B. H. Stäger, Koll. Z. **68**, 137 (1934); U. R. Evans, ebenda **68**, 133 (1934).

Erscheinungsformen der Materie“. Es spiegelt klar die persönliche Einstellung von V. Kohlschütter zur Kolloidchemie wieder, eine Einstellung, die sich zwar im Laufe der Zeit in verschiedenen Punkten nicht unwesentlich modifiziert hat.

Seiner Einstellung zu den Naturwissenschaften im allgemeinen und der Chemie im speziellen hat er gelegentlich in Vorträgen Ausdruck verliehen. Ein vor Gymnasiasten gehaltener Vortrag gab Veranlassung zur Niederschrift der Broschüre „Vom Beruf des Chemikers“. In dieser schildert er, für den Laien verständlich, Ziel und Aufgabe sowie die speziellen Methoden der Chemie.

Besondere Beachtung hat seine Rektoratsrede über „Fachgeist und Universitätsleben“ gefunden, in der er sich mit der Stellung der Chemie als Wissenschaft im Rahmen der Universität auseinandersetzt.

Das wissenschaftliche Werk von V. Kohlschütter zeigt eine eigene Prägung. Er hat sich in einer Zeit, die einer immer weitergehenden Spezialisierung und Zersplitterung der Wissenschaften huldigt, den Blick für die allgemeinen Zusammenhänge bewahrt. Er hat der Tendenz der immer weitergehenden Auflösung naturwissenschaftlicher Vorgänge in Einzelphänomene und Elementarprozesse eine Betrachtungsweise entgegengestellt, die diese Vorgänge als Ganzes zu erfassen versucht.

W. Feitknecht.

Bern, Chemisches Institut der Universität.

Verzeichnis der wissenschaftlichen Arbeiten von V. Kohlschütter.

- 1898 K. A. Hofmann und V. Kohlschütter, Unorganische Hydroxylaminverbindungen, Z. anorg. Ch. **16**, 463.
- 1899 V. Kohlschütter und K. A. Hofmann, Unorganische Hydroxylaminverbindungen. A. **307**, 314.
- 1900 V. Kohlschütter, Über die Verbindungen der Uransäure mit schwefliger Säure. A. **311**, 1.
- 1901 — Über das Uranrot. A. **314**, 311.
— Über das Vorkommen von Stickstoff und Helium in Uranmineralien. A. **317**, 158.
— Über Oxalouranverbindungen. B. **34**, 3619.
— und Rossi, Über die Uranooxalsäure. B. **34**, 1472.
- 1902 — Über die Doppelsalze des Cadmiums und Quecksilbers. B. **35**, 483.
- 1903 — Zur Kenntnis der Thioharnstoffmetallsalze. B. **36**, 1151.
- 1904 — und Pudschies, Über komplexe Kupferverbindungen. B. **37**, 1153.
— und Kutscherow, Metallnitroverbindungen. B. **37**, 3044.
— Einwirkung von Stickoxyd auf Chromsalze B. **37**, 3053.
- 1905 — und Vogdt, Feste Lösungen indifferenten Gase in Uranoxyden. B. **38**, 1419.
— — Feste Lösungen indifferenten Gase in Uranoxyden, II. B. **38**, 2992.

- 1906 — und *Brittlebank*, Über Thioharnstoffcuprosalze. A. **349**, 232.
 — und *Müller*, Über kathodische Verstäubung von Metallen in verdünnten Gasen. Z. El. Ch. **12**, 356.
 — Zur Kenntnis der kathodischen Metallverstäubung in verdünnten Gasen. Z. El. Ch. **12**, 869.
- 1907 — und *Kutscherow*, Notiz über Ferronitrosoverbindungen. B. **40**, 873.
- 1908 — und *Goldschmidt*, Über kathodische Zerstäubung von Metallen in verdünnten Gasen. Z. El. Ch. **14**, 221.
 — Über kathodische Zerstäubung von Metallen in verdünnten Gasen. 4. Mitt. Z. El. Ch. **14**, 417.
 — Bemerkung zu der Arbeit der Herren *Fischer* und *Hähnel*: Über die Zerstäubung der Kathoden in verdünnten Gasen. Z. El. Ch. **14**, 437.
 — Chemische oder physikalische Theorie der Zerstäubungserscheinungen? Z. El. Ch. **14**, 681.
 — Über Reduktion von Silberoxyd durch Wasserstoff und kolloides Silber. Z. E. Ch. **14**, 49.
- 1909 — Über die kathodische Zerstäubung von Metallen. 5. Mitt. Die Zerstäubungsreihe der Metalle und der Einfluss des Gases auf die Zerstäubbarkeit. Z. El. Ch. **15**, 316.
 — Über Kathodenzerstäubung, 6. Mitt. Z. El. Cl. **15**, 930.
- 1911 — und *Sazanow*, Zur Kenntnis der Metallnitrosoverbindungen. B. **44**, 1423.
 — Chemische Wirkungen von Kanalstrahlen, Z. El. Ch. **17**, 393.
- 1912 — Einfluss der Gasart auf die Zerstäubung durch Kanalstrahlen. Z. El. Ch. **18**, 837.
 — Die Zerstäubung durch Kanalstrahlen, Jb. Rad. u. Elektronik **9**, 355.
 — und *Ehlers*, Versuche über Kondensation von Metalldämpfen. Z. El. Ch. **18**, 373.
 — und *Noll*, Über feine Metallzerteilungen. Z. El. Ch. **18**, 419.
 — und *Fischmann*, Über Bildungsformen des Silbers. I. Mitt. Über das Spiegelsilber. A. **387**, 86.
 — und *Eydmann*, Über Bildungsformen des Silbers. 2. Mitt. Das Haarsilber. A. **390**, 340.
- 1913 — — Über Bildungsformen des Silbers. 3. Mitt. Das aus festen Verbindungen abgeschiedene Silber. A. **398**, 1.
 — Die Formen des Silbers. Studien zur physikalisch-chemischen Morphologie. Koll. Z. **12**, 285.
 — , *Frank* und *Ehlers*, Die Formen des Arsens, 1. Mitt. Über das graue und braune Arsen. A. **400**, 268.
 — und *Toropow*, Zur Kenntnis der Formen elektrolytisch gefällter Metalle. I. Über das schwarze Silber. Z. El. Ch. **19**, 161.
 — , *Toropow* und *Pfander*, Zur Kenntnis der Formen elektrolytisch gefällter Metalle. II. Über das durch Metalle gefällte Silber. Z. E. Ch. **19**, 169.
 — und *Schacht*, Zur Kenntnis der Formen elektrolytisch gefällter Metalle. III. Über den Einfluss von Fremdstoffen auf die Abscheidung von Silber. Z. El. Ch. **19**, 172.
 — Zur Kenntnis der Formen elektrolytisch gefällter Metalle. Die Abscheidung des Silbers aus Lösungen komplexer Salze. Z. El. Ch. **19**, 181.
- 1914 — und *Frumkin*, Zur Kenntnis der Formen des Phosphors. I. Mitt. Über die Umwandlung von Phosphordampf in der Glimmentladung. Z. El. Ch. **20**, 110.
 — — Über die Bildung von rotem Phosphor durch Oxydation von Phosphordampf. B. **47**, 1088.
- 1916 — und *Frey*, Über die Kolloidisierung des festen Thoriumoxyds. Z. El. Ch. **22** 145.

- 1918 — und *Vuilleumier*, Über Kathodenvorgänge bei der Metallabscheidung. Z. El. Ch. **24**, 300.
- 1919 — Über Entladungselektrolyse. Zur Kenntnis der elektrischen Kolloidsynthese. Z. El. Ch. **25**, 309.
- und *Walther*, Zur Kenntnis des Kalkmörtels. Über Auflösung und Kolloidierung fester Stoffe. Z. El. Ch. **25**, 159.
- Über den graphitischen Kohlenstoff, Z. anorg. Ch. **105**, 35.
- und *Vuilleumier*, Über Kathodenvorgänge bei Metallabscheidung. Metall **1919**, 173 und 231.
- Über disperses Aluminiumhydroxyd, Z. anorg. Chem. **105**, 1.
- und *Haenni*, Zur Kenntnis des graphitischen Kohlenstoffs und der Graphitsäure. Z. anorg. Chem. **105**, 35.
- 1920 — Löschkalk und Kalkmilch (Bemerkung zur Arbeit von *B. Kosmann*). Z. El. Ch. **26**, 181.
- Über die Natur der spontanen Strukturänderungen von Nickelniederschlägen. Helv. **3**, 614.
- und *Tüscher*, Zur Kenntnis topochemischer Reaktionen, Über Bildung und Verhalten des Kupferhydroxyds, Z. anorg. Ch. **111**, 193.
- 1921 — — Über Darstellung disperser Substanzen in gasförmigen Medien. Z. El. Ch. **27**, 225.
- und *Stäger*, Zur Kenntnis der Elektrodenvorgänge. Kontraktometrische Beobachtungen an Anoden. Helv. **4**, 821.
- und *Nägeli*, Zur Kenntnis topochemischer Reaktionen. Über die Bildung von Kohlenstoff an Kontaktsubstanzen. Helv. **4**, 45.
- und *d'Almeida*, Über topochemische Reaktionsbeeinflussung und Formentwicklung. B. **54**, 1961.
- 1922 — und *Schödl*, Über die Struktur elektrolytisch abgeschiedenen Nickels. Helv. **5**, 490.
- — Über den Einfluss von Wechselstromüberlagerungen auf das Abscheidungs- und Auflösungspotentials des Nickels. Helv. **5**, 593.
- und *Steck*, Zur Kenntnis topochemischer Reaktionen. Über die Krystallbildung in kolloiden Metallen. Z. El. Ch. **28**, 554.
- Die natürliche Form der Stoffe als physikalisch-chemisches Problem. Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. 110.
- Kolloidchemie und Elektrochemie, Koll. Z. **31**, 263.
- 1923 — Die physikalisch-chemische Erforschung des Rauches als Grundlage seiner Bekämpfung und Verwertung. Metall u. Erz, **20**, 345.
- und *Feitknecht*, Über das Verhalten von Calciumoxyd zu Wasser. Helv. **6**, 337.
- und *Neuenschwander*, Zur Kenntnis des chemischen Verhaltens disperser Substanzen. Über disperses Aluminiumhydroxyd II. Z. El. Ch. **29**, 246.
- und *Sedelinowitsch*, Zur Kenntnis topochemischer Reaktionen. Über homologe und substituierte Bildungsformen. Z. El. Ch. **29**, 30.
- und *Krühenbühl*, Zur Morphologie fester Reaktionsschichten an Metallen. Z. El. Ch. **29**, 570.
- und *Roesti*, Zur Kenntnis topochemischer Vorgänge: Über die Entstehungsbedingungen der Formen des Bleioxyds. B. **56**, 275.
- Form der Stoffe im chemischen Vorgang. Naturwiss. **2**, 865.
- 1924 — Ultramikroskopische Elektrodenvorgänge. Z. El. Ch. **30**, 164.
- Die Beziehung zwischen Polarisation und Struktur bei der elektrolytischen Abscheidung von Metallen. Tr. Electrochem. Soc. **45**, 229.
- und *Uebersax*, Über die elektrolytische Krystallisation des Bleis. Z. El. Ch. **30**, 72.
- , *Scherrer* und *Bosshardt*, Die Entscheidung der Polymorphiefrage bei den Formen des Bleioxyds. Helv. **7**, 337.

- 1925 — Über die Vorgänge beim Ablösen und Abbinden des Kalkes. Niederschrift der Tagung des Fachausschusses Industriekalk (Kalkverlag 1925).
 — und *Egg*, Über somatoide Bildungsformen. Helv. **8**, 457.
 — — Über Änderungen des Habitus und der Modifikation von Calciumcarbonat durch Lösungsgenossen. Helv. **8**, 470.
 — — Über Wirkung von Farbstoffzusätzen auf die Krystallisation des Calciumcarbonats. Helv. **8**, 697.
 — , *Bobtelsky* und *Egg*, Über Bedingungen und Grundlagen der Bildung somatoider Formen. Helv. **8**, 703.
- 1926 — Über den Bleibaum, Festschrift *Alexander Tschirch* 1926, 435.
 — Aus der Chemie fester Körper: Einiges zur Morphologie des Kohlenstoffs. Z. angew. Ch. **39**, 345.
- 1927 — Über Aerosole. Koll. Z. **42**, 223.
 — Über elektrolytische Krystallisationsvorgänge I. Z. El. Ch. **33**, 272.
 — und *Good*, Über elektrolytische Krystallisationsvorgänge. II. Die Aggregationsformen lockerer Metallniederschläge. Z. El. Ch. **33**, 277.
 — und *Jakober*, Über elektrolytische Krystallisationsvorgänge. III. Bildung und Eigenschaften zusammenhängender Metallschichten. Z. El. Ch. **33**, 290.
 — Über topochemische Reaktionsn. Koll. Z. **42**, 254.
- 1929 — Topochemische Reaktionen, Helv. **12**, 512.
 — und *Labanukrom*, Zur Chemie krystalliner Aggregationsformen. Untersuchungen an basischen Kupferverbindungen. Koll. Beih. **29**, 80.
- 1930 — und *Marti*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung I. Über Bildungsformen des Calciumoxalates. Helv. **13**, 929.
 — und *Lüthi*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung II. Zur Kenntnis des Verlaufs chemischer Reaktionen in Krystallen I. Versuche an Kupferverbindungen. Helv. **13**, 978.
 — Vom Atom zur Gestalt, Koll. Z. **50**, 1.
- 1931 — , *Beutler*, *Sprenger* und *Berlin*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung III. Zur Chemie und Morphologie des Aluminiumhydroxyds, 1. Teil. Helv. **14**, 3.
 — und *Beutler*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung IV, Zur Chemie und Morphologie des Aluminiumhydroxyds, 2. Teil. Helv. **14**, 305.
 — — Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung V, Zur Chemie und Morphologie des Aluminiumhydroxyds, 3. Teil. Helv. **14**, 330.
 — und *Nitschmann*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung VI, Über Kleinraumreaktionen. Versuche mit Kupferverbindungen. Helv. **14**, 1215.
 — — Beobachtungen am Kupfervitriol. Zur Kenntnis des Verlaufs chemischer Reaktionen in Kristallen II. Z. physikal. Ch., *Bodenstein*-Festband, 494.
- 1932 — , *Torricelli* und *Good*, Über elektrolytische Krystallisationsvorgänge IV. Versuche über Einzelkrystallbildung. Z. El. Ch. **38**, 213.
 — und *Hostettler*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung VII. Carbonatisierung von Bleioxyd. Zur Chemie und Morphologie des Bleiweisses. Helv. **15**, 1425.
- 1934 — und *Christen*, Untersuchungen über Prinzipien der genetischen Stoffbildung VIII. Zur Kenntnis des Verlaufs chemischer Reaktionen in Krystallen III. Thermische Zersetzung von Kupferformiat. Helv. **17**, 1094.
- 1935 — Über somatoide Strukturelemente in elektrolytischen Metallüberzügen. Faraday **31**, 1182.
- 1936 — Topochemische Züge in den Korrosionserscheinungen. Korr. u. Metallschutz **12**, 120.

- 1938 *H. Wildbolz, V. Kohlschütter und K. Huber*, Über Selbstertrümmerung der Blasensteine. Schweiz. med. Wochschr. **68**, 872.
- 1939 *V. Kohlschütter* †, Die chemische Bedeutung somatoider Körper. Helv. **22**, 277.
— und *Eggenberger*, Bildung somatoider Strukturelemente bei der elektrolytischen Metallabscheidung. Helv. **22**, 283.
— und *Dürrenmatt*, Prinzipien der genetischen Stoffbildung IX. Stoff-Formung im Gasmedium. Helv. **22**, 457.
— und *Stocker*, Kathodische Metallabscheidung in festen Elektrolyten. Helv. **22**, 869.

In Buchform.

- 1897 *V. Kohlschütter*, Ernst Florens Friedrich Chladni (Hamburg).
- 1911 — Forschung und Erfindung in der Chemie (Bern).
- 1917 — Die Erscheinungsformen der Materie (Leipzig).
- 1918 — Nebel, Rauch und Staub (Bern).
- 1922 — Vom Beruf des Chemikers (Bern).
- 1928 — Universitätsgeist und Fachleben (Bern).
- 1928 — *Smith-Haber's* praktische Übungen zur Einführung in die Chemie. Unter Mitarbeit von *W. Feitknecht* und *H. W. Kohlschütter* neu herausgegeben von *V. Kohlschütter* (3. Auflage).
- 1930 — Dasselbe (4. Auflage).

127. Beitrag zur mikro-gasanalytischen Bestimmung des Stickstoffgehaltes organischer Verbindungen

von **H. Gysel**.

(18. VIII. 39.)

Die quantitativen Stickstoffbestimmungen gehören in den analytischen Laboratorien zu den meistverlangten Elementaranalysen. Aus diesem Grunde ist das Bedürfnis, die gebräuchlichen Methoden zu verbessern und leistungsfähiger zu gestalten, besonders gross.

Die vorliegende Arbeit beschreibt nun eine Modifikation der mikro-gasanalytischen Methode von *Pregl*¹⁾, den Stickstoffgehalt organischer Verbindungen zu ermitteln. Die modifizierte Apparatur zur Verbrennung der Substanzen und die verbesserte Arbeitsweise ermöglichen es, die Stickstoffbestimmungen in einer zwei- bis dreimal kürzeren Zeit, das heisst in 35—45 Minuten effektiver Arbeitszeit und zudem genauer, leichter und zuverlässiger auszuführen. Dies wird hauptsächlich durch Abänderung der *Pregl'schen* Rohrfüllung und durch die Vermeidung der Zeitverluste für das Abkühlen und erneute Aufheizen der Glühkörper zwischen zwei Stickstoffbestimmungen erreicht. Die Glühöfen werden nicht mehr mit Gas, sondern erstmals elektrisch geheizt.

¹⁾ *Fritz Pregl*, Die quantitative organische Mikroanalyse, 4. Aufl., Seite 84.