

Große Göttinger Chemiker: Wallach, Nernst, Tammann, Zsigmondy, Windaus

JÜRGEN TROE

Der amerikanische Wissenschaftshistoriker John Servos hat in seinem Buch „Physical Chemistry from Ostwald to Pauling. The Making of a Science in America“¹⁾ die Entwicklung des Fachgebiets Physikalische Chemie in Amerika nachgezeichnet. Knapper als mit dem Satz „The Making of a Science“ kann man die verschiedenen Aspekte der Entstehung und Gestaltung einer Wissenschaft nicht beschreiben. Deshalb könnte der folgende Bericht auch den Titel „The Making of Chemistry at Göttingen“ tragen.

Natürlich kann hier aus der reichen Geschichte der Göttinger Chemie nur ein begrenzter Zeitabschnitt betrachtet werden – und das auch nur in unangemessener Kürze. Ausführlichere Darstellungen wurden anlässlich des 250. Geburtstages der Universität Göttingen in den Universitätschriften in zwei Aufsätzen der Brüder Ernst Ulrich und Burchard Franck gegeben, über die Entwicklung der anorganischen und physikalischen Chemie²⁾ und über die Entwicklung der organischen und biologischen Chemie³⁾. Auch enthält der Sammelband „Göttinger Gelehrte“⁴⁾ Lebensbeschreibungen von Mitgliedern der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Darunter finden sich auch die meisten der hier erwähnten Chemiker, und der folgende Bericht stützt sich zu einem guten Teil auf die Darstellungen dieses Bandes.

Der folgende Bericht soll sich im wesentlichen mit dem Zeitraum von 1890 bis 1930 befassen, einer Blütezeit der Göttinger Chemie mit vielen großen Namen. Dazu zählen *Otto Wallach (1847 – 1931)*, *Walther Nernst (1864 – 1941)*, *Gustav Tammann (1861 – 1838)*, *Richard Zsigmondy (1865 – 1929)* und *Adolf Windaus (1876 – 1959)*. Diese Wissenschaftler haben außer Tammann alle einen Nobelpreis bekommen. Aber Tammann hätte ihn ohne Zweifel auch verdient.

I. Vorgeschichte

Die betrachtete Periode 1890 – 1930 war nicht die erste Blütezeit der Chemie in Göttingen. Seit Beginn der „Neuzeit der Chemie“ ist Göttingen stets einer der zentralen Orte dieses Fachgebiets gewesen. Aber wenn man verstehen will, wie es zu der ganz ungewöhnlichen Häufung von herausragenden Erfolgen zu Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Göttingen kam, muss man

auch die Entwicklung davor betrachten. Das soll in kurzer Form zu Beginn dieses Berichts geschehen.

Die Chemie als wissenschaftliches Fachgebiet ist fast so alt wie die Georg-August-Universität und die Göttinger Akademie. In der Mitte des 18. Jahrhunderts wandelte sich die Alchemie allmählich zu einer ernsthaften Wissenschaft. Man kann diesen Umbruch etwa der Zeit um 1770 zuordnen und vor allem den Chemikern Carl Wilhelm Scheele in Schweden, Joseph Priestley in England und Antoine Laurent de Lavoisier in Frankreich zuschreiben. Diese drei Personen gelten als von einander unabhängige Entdecker des Sauerstoffs und seiner Eigenschaften. Mit ihrer Entdeckung trugen sie die „Phlogiston-Theorie“ zu Grabe. Vorher glaubte man an eine mysteriöse Substanz, „Phlogiston“ genannt, die bei der Erwärmung eines Stoffes in ihn einströmt und bei seiner Verbrennung wieder austritt. Dass die Verbrennung einer Oxidation, also einer Reaktion mit Sauerstoff, entspricht, war eine entscheidende und neue Erkenntnis.

An der Universität Göttingen hatten vor dieser Zeit bereits Gerlach Adolph von Münchhausen, der erste Kurator der Universität, und Albrecht von Haller, der erste Präsident der Göttinger Akademie, vorgehabt, die Chemie als selbständiges Fach zu etablieren. Zunächst hatten die Medizinprofessoren der Universität auch Chemievorlesungen gehalten. Aber der erste Gelehrte, den man als Chemiker im eigentlichen Sinne bezeichnen kann, war *Johann Friedrich Gmelin (1748 – 1804)*, der 1778 im Alter von 30 Jahren als Ordinarius für Chemie nach Göttingen berufen wurde⁵⁾.

Gmelin war wie damals üblich Universalgelehrter. Er vertrat die Medizin, Pharmazie, Chemie und Botanik. Speziell für ihn wurde das erste chemische Laboratorium in Göttingen eingerichtet. Dieses war das erste echte Chemielabor in Deutschland überhaupt. Es wurde in einem Gebäude eingerichtet, das bis heute erhalten ist, siehe Abb. 1. Es steht in der Hospitalstraße und ist sehr gut restauriert, wenngleich es heute nicht mehr für die Chemie genutzt wird. Die Marmortafeln erinnern an die vielen Wissenschaftler, die hier geforscht haben.

Gmelin wusste sein Wissen „unter das Volk zu bringen“. Er war ein Vielschreiber. Er verfasste Lehrbücher über Allgemeine Chemie, Analytische Chemie, Chemische Technologie, Bergbauwissenschaft, Metallurgie, Mineralogie und Toxikologie. Es ist nicht klar, ob er noch an das Phlogiston glaubte. In jedem Falle beschäftigte er sich aber - dem Interesse der Zeit folgend - mit dem neu entdeckten Sauerstoff, indem er den Sauerstoffgehalt der Luft an verschiedenen Lokalisationen der Stadt analytisch bestimmte. Er tat dies⁵⁾ „im chemischen Laboratorium, im Kaninchenstall, im Männersaal oder im Weibersaal des medizinisch-chirurgischen Hospitals und in der Luft über der Gosse“. Er war damit wohl einer der ersten Umweltchemiker, der sich mit der Zusammensetzung der Luft befasste. Heute würde man eher nach schädlichen Spurenstoffen in der Luft suchen und weniger nach Sauerstoff. So besaß der Nobelpreisträger für Chemie des Jahres 1995, Sherwood Rowland, eine bedeutende Sammlung

von Luftproben seit etwa 1970, anhand derer er den signifikanten Anstieg der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) im Laufe der Jahre dokumentieren konnte. Auf der Basis auch seiner Untersuchungen und ihrer Deutung durch die Photochemie der FCKWs in der Atmosphäre wurde schließlich im Montreal-Abkommen, das 1989 in Kraft trat, die Verwendung und Freisetzung der FCKWs international begrenzt.

Nach Gmelins Tod im Jahre 1804 wurde *Friedrich Stromeyer (1776 – 1835)* nach Göttingen berufen. Stromeyer stammte aus Göttingen und studierte hier Medizin. Im Jahre 1800 wurde er zum Dr. med. promoviert. Er ging auf Wanderschaft ins Ausland, wo er zur Chemie überwechselte. 1806 trat er schließlich die Nachfolge Gmelins in seiner Heimatstadt an. Stromeyer war ein großer akademischer Lehrer⁶⁾. Er begründete das erste analytisch-chemische Praktikum für Studenten in Deutschland, das in dem Gmelin-Laboratorium in der Hospitalstraße untergebracht war. Stromeyer war zudem ein großer Analytiker, der die Stöchiometrie, also das Elementenverhältnis in den Stoffen, genauestens bestimmte. Dabei entdeckte er auch das Element Cadmium. Er isolierte es aus den Verunreinigungen von gelb gefärbtem Zinkoxid, auf die er bei der Visitation einer Apotheke in Hildesheim aufmerksam geworden war. Cadmium war das einzige chemische Element, das direkt in Göttingen identifiziert wurde, obgleich Göttinger Chemiker an anderen Orten auch weitere Elemente entdeckt haben. So wurden z. B. von Stromeyers Schüler *Robert Wilhelm Bunsen (1811 – 1899)* in Heidelberg die Elemente Rubidium und Cäsium mit Hilfe der von ihm und Gustav Robert Kirchhoff entwickelten Spektralanalyse entdeckt.

Bunsen war einer der ersten „echten“ Physikochemiker, nach dem sich die deutsche physikalisch-chemische Gesellschaft entsprechend „Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie“ nennt⁷⁾. Auch Bunsen, dessen 200. Geburtstag im Jahr 2011 gefeiert wurde, kam aus Göttingen. Er studierte hier und wurde 1831 bei Stromeyer mit einer preisgekrönten Arbeit über Hygrometer promoviert. Er habilitierte sich hier anschließend und vertrat nach Stromeyers Tod kommissarisch dessen Lehrstuhl. 1836 tauschte er den Platz mit Friedrich Wöhler von der Gewerbeschule in Kassel. Nach weiteren, kurzen Stationen an anderen Orten ging er schließlich nach Heidelberg, wo er bis zu seinem Tode forschte und lehrte.

Mit der Berufung von *Friedrich Wöhler (1800 – 1882)* auf den Lehrstuhl für Chemie wurde Göttingen zu einem Mekka der Chemie. Friedrich Wöhler war einer der ganz großen Chemiker. Er arbeitete auf nahezu allen Gebieten der Chemie. Nicht zuletzt aus seiner Zusammenarbeit und Freundschaft mit Justus von Liebig in Gießen erwachsen großartige Entdeckungen. Wöhlers Büste mit dem charakteristischen Lockenschopf ziert den Treppenaufgang zur Göttinger Universitätsaula. Auf Wöhlers Einfluss in der gesamten Chemie⁸⁾ einzugehen, würde den Rahmen dieses Berichts sprengen. Es sei lediglich an den von ihm begründeten Paradigmenwechsel in der Beziehung der anorganischen zur organischen Chemie erinnert. So wie 50 Jahre vorher durch die

Entdeckung des Sauerstoffs die Phlogiston-Theorie ihr Ende nahm, hat Wöhler mit einer einzigen Entdeckung die Zerstörung des Dogmas vom sogenannten „Vitalismus“ eingeleitet. Nach diesem Dogma unterscheiden sich anorganische und organische Substanzen, also „mineralische“ und „Naturstoffe“, dadurch, dass zur Bildung von organischen Naturstoffen eine „Vis Vitalis“, eine Lebenskraft erforderlich ist. Albrecht von Haller und auch Johann Friedrich Blumenbach glaubten noch fest daran. Wöhler hatte sich schon früh für die Chemie der Verdauungsprozesse interessiert, und er untersuchte dabei den Harnstoff, den man seit 1775 aus dem Urin von Lebewesen kristallisieren konnte, der also sicher organischen Ursprungs war. Wöhler konnte nun 1828 den Harnstoff auch aus Ammoniumcyanat, d. h. aus einer rein anorganischen Substanz, darstellen, ohne dass die Niere eines Menschen oder Tieres beteiligt gewesen wäre. Das widersprach dem Vitalismus. Das Ende dieses Dogmas kam endgültig 1840. In diesem Jahr konnte Hermann Kolbe - aus Elliehausen bei Göttingen und ein Schüler Wöhlers - die Essigsäure, also eine rein organische Substanz, im Labor und ebenfalls ohne Vis Vitalis synthetisieren.

Wöhler war einer der letzten Chemiker, der die gesamte Chemie, die anorganische sowie die organische Chemie, in einer Person vertrat⁸⁾. Er las die organische Chemie morgens zwischen 6 und 7 Uhr, und die anorganische Chemie von 9 bis 10 Uhr. Seinem Ansehen war es zu danken, dass für ihn ein neues Laboratorium gebaut wurde, direkt neben Gmelins Laboratorium in der Hospitalstraße, siehe Abb. 2. Dieses Gebäude wurde immer wieder erweitert (siehe Abb. 3) und aufgestockt und diente der Chemie schließlich bis in die 70er Jahre des letzten Jahrhunderts. Es ist traurig, dass das Wöhlersche Labor nicht erhalten werden konnte.

Die Entwicklung der chemischen Grundlagenforschung in Deutschland, angeführt durch Wöhler in Göttingen, Liebig in Gießen, Bunsen in Heidelberg und Kékulé in Bonn, war letztlich der Grund für das Entstehen einer chemischen Großindustrie im Deutschland der Gründerjahre nach 1870. Ausgangspunkt war dabei der Steinkohlenteer, aus dem man eine Vielzahl interessanter organisch-chemischer Kohlenstoffverbindungen gewinnen konnte. Wöhlers Nachfolger *Hans Hübner*⁹⁾ und dann *Victor Meyer*¹⁰⁾ waren entsprechend beide organische Chemiker, die sich intensiv mit den so entdeckten Verbindungen, vor allem Aromaten - also ringförmigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen wie dem Benzol - , beschäftigten. Leider waren beide nur kurz in Göttingen, Hans Hübner starb früh, und Victor Meyer ging 1889 als Nachfolger von Bunsen nach Heidelberg. Aber unter Victor Meyer wurde das chemische Institut in der Hospitalstraße deutlich vergrößert, und im Laufe der Zeit kamen weitere An- und Umbauten dazu. Diese erkennt man auf Abb. 4, einem Foto, das kurz vor dem Abriss des Laboratoriums aufgenommen wurde.

II. Otto Wallach

Als Victor Meyer nach Heidelberg ging, war in Göttingen 15 Jahre lang Aromatenchemie, also die Chemie des Steinkohlenteers, betrieben worden. Mit *Otto Wallach* (1847 – 1931), der 1889 die Nachfolge von Victor Meyer antrat, änderte sich das¹¹⁾. Wallach hatte in Göttingen studiert, habilitierte sich in Bonn und kehrte schließlich mit einem neuen Forschungsgebiet, der Chemie der etherischen Öle, nach Göttingen zurück. Diese Naturstoffe – wie etwa das Rosenöl oder das Lavendelöl – sind komplizierte Gemische einer Vielzahl organisch-chemischer Verbindungen, die nur schwer von einander zu trennen und zu identifizieren sind. Diese Verbindungen sind nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von großem praktischen Interesse, z. B. für die Pharmazie. Sie finden aber auch als Geruchs- und Geschmacksstoffe im täglichen Leben Verwendung. Heute kann man die vielen hundert Substanzen dieser natürlichen Öle vor allem mit den Mitteln der Gaschromatographie von einander trennen und dann mit der kernmagnetischen Resonanz (NMR) ihre Strukturen bestimmen. Diese Hilfsmittel standen Wallach noch nicht zur Verfügung. Er musste versuchen, durch fraktionierte Destillation, durch Aufteilung der erhaltenen Gemische zwischen verschiedenen Lösungsmitteln, und schließlich durch gezielten chemischen Abbau die einzelnen Komponenten von einander zu trennen und dann auf ihre Struktur zu schließen. Die Experimentierkunst der damaligen Zeit ohne die modernen Hilfsmittel kann heute nicht genug bewundert werden. Im Museum für Chemie sind Gerätschaften Otto Wallachs wie optische Refraktometer (Abb. 5) und Sammlungen der von ihm isolierten und dann kristallisierten Substanzen erhalten (Abb. 6). 1895 konnte Wallach die Struktur des α -Terpineols bestimmen. Diese Substanz ließ sich aus dem Harz von Nadelbäumen isolieren. Das α -Terpineol ist unter anderem der Duftstoff des Wacholders und wird heute z. B. in Haushaltsreinigern als Duftstoff und Bakterizid eingesetzt. Wallach erkannte, dass die Klasse der Terpene, zu denen das α -Terpineol gehört, aus Bausteinen mit 5 Kohlenstoffatomen, dem Isopren, aufgebaut ist. Dieses Strukturelement ist weit verbreitet. Z. B. verleiht das aus Isopren-Einheiten aufgebaute Molekül Polyisopren dem Naturkautschuk seine bemerkenswerten Eigenschaften. Wallachs vielfältige Ergebnisse sind in seinem 1909 erschienenen Hauptwerk „Terpene und Campher“ zusammengefasst. Für seine Entdeckungen auf dem Gebiet der Terpene erhielt Otto Wallach 1910 als erster Göttinger Chemiker den Nobelpreis für Chemie. Damit wurden seine „bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiet der alicyclischen Verbindungen“ ausgezeichnet. Abb. 7 zeigt ein Bild Otto Wallachs.

In einem gewaltigen Arbeitsprogramm konnte Wallach die Strukturen verschiedenartigster Terpene aufklären. Er spielte jedoch auch auf anderem Gebiet eine wichtige Rolle. Wallach war sich über die Notwendigkeit des Einsatzes physikalischer Meßmethoden und physikalischer Konzepte auch in der Chemie im Klaren. Deshalb hatte er sich schon vor seinem Amtsantritt mit

dem Göttinger Physiker Eduard Riecke daraufhin verständigt, die Chemie in Richtung der aufstrebenden physikalischen Chemie zu erweitern. Er war damit weitsichtiger als manche seiner Zeitgenossen. Da die präparative organische Chemie großartige Erfolge vorweisen konnte, gerieten sowohl die anorganische Chemie wie auch die mehr theoretisch orientierte physikalische Chemie etwas aus dem Blick, und Chemie war zu Wallachs Zeit vorrangig organische Chemie. So besagte eine Praktikumsanleitung der damaligen Zeit⁷⁾: „Man wird dringend gewarnt, sich beim Beobachten der Erscheinungen, der Ausführung der Analysen und anderer Bestimmungen durch Theorien oder sonstige vorgefasste Meinungen beeinflussen zu lassen“. Gleichzeitig hatte jedoch Robert Wilhelm Bunsen bereits demonstriert, wie fruchtbar die Zusammenarbeit von Chemikern mit Physikern sein kann. Von Bunsen stammt der Ausspruch⁷⁾ „Der Chemiker, der kein Physiker ist, ist gar nichts“.

III. Walther Nernst

Die endgültige Anerkennung der physikalischen Chemie als selbständiges Teilgebiet der Chemie kam Mitte der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts mit den großen Physikochemikern van't Hoff, Arrhenius und Wilhelm Ostwald. Besonders Ostwald, der ein großartiges Organisationstalent besaß, beförderte seine Entwicklung. Seit 1871 besaß Leipzig den ersten und damals auch einzigen Lehrstuhl für Physikalische Chemie. Als Ostwald 1887 diesen Lehrstuhl übernahm, zog es eine Vielzahl von physikalisch-chemisch interessierten Studenten aus aller Welt nach Leipzig, so auch den temperamentvollen und ambitionierten *Walther Nernst (1864 – 1941)*^{12,13)}. Nach 1879 war es – nicht zuletzt durch die Erfindungen von Werner von Siemens – zum Aufblühen der Elektrotechnik gekommen. Zwar wusste man, dass die Elektrizität eine große Rolle auch in der Chemie spielt, z. B. bei der Elektrolyse von Wasser, bei der Bildung von Ionen in flüssigen Lösungen und in elektrischen Batterien, also in galvanischen Elementen. Aber die physikalischen Zusammenhänge der Elektrochemie blieben lange im Dunkeln. Mit der Aufstellung einer Gleichung über die elektrische Spannung einer Batterie in Abhängigkeit von der Art und Konzentration des Elektrolyten – der Nernstschen Gleichung – sorgte nun Nernst in Leipzig für einen Paukenschlag. So war es nicht verwunderlich, dass der Blick des Göttinger Chemikers Otto Wallach und des Göttinger Physikers Eduard Riecke auf den erst 26jährigen Nernst fiel. Riecke konnte ihn 1890 als seinen Assistenten an das Göttinger Physikalische Institut ziehen. Der große Wissenschaftspolitiker Preußens, Friedrich Althoff, war dabei nicht unbeteiligt. Er sorgte mit weitsichtigen und unbürokratischen Methoden dafür, dass Nernst weder nach Gießen, noch nach München ging, sondern in Göttingen bleiben konnte, zuerst auf einem Extraordinariat, dann auf einem Ordinariat für Physikalische Chemie. Nernst erhielt schließlich auch ein eigenes Institutsgebäude in der Bürgerstraße. Das Göttinger Institut war damit nach Leipzig das welt-

weit zweite Institut für Physikalische Chemie. Abb. 8 zeigt ein Bild des Gebäudes aus dem Jahre 1895. Es war durch Umbau einer Villa des Universitätskurators entstanden und stand auf halbem Weg zwischen den chemischen Instituten in der Hospitalstraße und den späteren physikalischen Instituten in der Bunsenstraße. Dies entsprach in übertragenem Sinne auch, heute würde man sagen, der „Mission“ der Physikalischen Chemie, das quantitative, molekulare, physikalische Verständnis der Chemie zu vertiefen, und hierfür hat Nernst, wie seinerzeit auch Bunsen, Großes geleistet. Als Krönung gelang Nernst 1905, nach seiner wiederum von Althoff betriebenen Berufung in die Reichshauptstadt Berlin, die erste Formulierung des Dritten Hauptsatzes der Thermodynamik. Dieser Hauptsatz bildet die vielleicht wichtigste Grundlage der gesamten Chemischen Thermodynamik. Mit dem dritten – und damit letzten – Hauptsatz der Thermodynamik lassen sich chemische Gleichgewichte, also die Gleichgewichte zwischen dem Aufbau und dem Abbau chemischer Substanzen in chemischen Reaktionen, quantitativ durch die Eigenschaften der beteiligten Moleküle beschreiben. Der Hauptsatz wurde im Laufe der Zeit mit den Erkenntnissen der Quantentheorie der Physiker kombiniert, vor allem durch Max Planck. Dieser Hauptsatz gehört heute zum Rüstzeug eines jeden Chemikers.

Abb. 9 zeigt Walther Nernst auf einem Foto von etwa 1900. Über Nernst, der eine überaus schillernde Persönlichkeit war, existiert eine große Anzahl von Anekdoten. So gab er vor, dass ihm 1905 die Idee zum 3. Hauptsatz während einer seiner ersten Berliner Vorlesungen gekommen sei. Entsprechend wurde mit einer Tafel am alten Berliner physiko-chemischen Institut in der Bunsenstraße nahe dem Reichstag dieses Ereignisses gedacht. Ohne Zweifel muss er die Vorbereitung zu dieser epochalen Entdeckung jedoch bereits in Göttingen geschaffen haben, ehe er sie in Berlin – zu einem strategisch geeigneten Moment – publik gemacht hat. Übergroße Bescheidenheit war nicht Walther Nernsts Sache. So bezeichnete er den dritten Hauptsatz auch stets als „mein Wärmesatz“. Veröffentlicht wurde der 3. Hauptsatz 1906 natürlich in Göttingen, in den Nachrichten der Akademie.

Walther Nernst war ein reicher Mann. Er hatte eine Glühlampe entwickelt, die nicht wie Edisons Kohlefadenlampe im Vakuum betrieben werden musste und dabei ein recht kümmerliches Licht abgab, sondern seine Lampe erzeugte ein gleißendes Licht aus einer festen Masse von Yttriumoxid in Zirkonoxid, nachdem man diese Masse zum Start kurz vorgeheizt hatte¹⁵⁾. Die (spätere) AEG hatte schon Edisons Patent gekauft, und sie kaufte auch das Patent der Nernstlampe. Über den Kaufpreis wird nur gemunkelt, aber er muss recht hoch gewesen sein – so hoch, dass Nernst 40000 Goldmark privat in seinen Göttinger Institutsbau stecken konnte. Die AEG ist mit diesem Kauf nicht glücklich geworden. Bald danach brachte General Electric die von Irving Langmuir entwickelten, inertgasgefüllten Metallfadenlampen heraus, die ähnlich hell leuchteten wie die Nernstlampe, aber erheblich bequemer zu handhaben waren. Es sei erwähnt, dass Langmuir, der 1932 den Nobelpreis erhielt, in

Göttingen bei Nernst promoviert wurde. Ob die kürzlich erfolgte Ächtung dieser Glühlampe sich zum Nutzen für Umwelt und Energieverbrauch auswirken wird, ist nach wie vor umstritten.

Über Walther Nernst gibt es – wie erwähnt – viele Anekdoten, die man in dem Buch von Kurt Mendelssohn „Walther Nernst und seine Zeit“¹⁴⁾ nachlesen kann. Mir selbst erzählte man in Argentinien, dass für eine Vorlesungsreihe von Nernst in Buenos Aires im Jahre 1914 extra Salonwagen eingesetzt wurden, die die Hörer aus den Universitäten des Landes heranschafften.

Nernsts Göttinger Zeit ging 1905 zu Ende, als der chemische Lehrstuhl von Hans Heinrich Landolt in Berlin frei wurde. Ein Ruf nach Berlin war zu dieser Zeit sicherlich die Krönung einer Professorenkarriere, und einem solchen Ruf konnte man wohl kaum widerstehen. Als einer der ersten Göttinger, der sich ein Automobil leisten konnte, reiste Nernst mit Kind und Kegel natürlich im eigenen Fahrzeug. Abb. 10 zeigt das bekannte Bild von Nernsts Abreise vor dem Göttinger Institut. Natürlich erhielt auch Walther Nernst den Nobelpreis und zwar im Jahre 1920 für seine Entdeckung des 3. Hauptsatzes. Nernsts Begründung dafür, dass es nur drei Hauptsätze der Thermodynamik geben kann, ist bemerkenswert; der 1. Hauptsatz, der Satz von der Erhaltung der Energie, hatte drei Entdecker: Robert Mayer, James Joule und Hermann von Helmholtz. Der 2. Hauptsatz, der Satz von der Zunahme der Entropie, hatte zwei Entdecker, Sadi Carnot und Rudolf Clausius. Der 3. Hauptsatz hatte nur noch einen Entdecker, Walther Nernst selbst. Wie sollte es da noch einen 4. Hauptsatz geben?

IV. Gustav Tammann

Die große Lücke, die Nernst in Göttingen hinterließ, konnte kaum gleichwertig gefüllt werden. Das Problem konnte man nur durch einen radikalen Richtungswechsel beheben, und das geschah so: 1903 hatte man *Gustav Tammann* (1861 – 1938) aus Dorpat für einen Lehrstuhl für Anorganische Chemie in Göttingen gewinnen können. Nach Wöhler war die anorganische gegenüber der organischen Chemie vernachlässigt worden. Nach der Förderung der physikalischen Chemie und ihren Erfolgen hatte man deshalb vor, auch die anorganische Chemie wieder zu verstärken. Dafür war Tammann die Idealbesetzung. Als Anorganiker hatte er sich mit den Eigenschaften von Metallen und Metalllegierungen befasst¹⁶⁾. Aber sein Wirken auf dem anorganischen Lehrstuhl währte nicht lange, denn man musste schließlich schnellen Ersatz für Nernst finden. Deshalb wechselte Tammann auf Nernsts Lehrstuhl, den er schließlich bis 1929 innehatte. In dieser Zeit erweiterte er seinen Arbeitsbereich vor allem in Richtung auf den Zusammenhang der Eigenschaften von Stoffen mit ihrer Struktur und ihrem Gefüge, wodurch er zum Pionier der Metallkunde, der Metallphysik und schließlich der heutigen Materialwissenschaft wurde. Die Chemie differenzierte sich damals zunehmend, während sie

heute interdisziplinär wieder zusammenwächst. Tammann (Abb. 11) hat als unermüdlicher Wissenschaftler die Entwicklung sehr vieler Teilgebiete der Materialwissenschaften angestoßen. Diese Gebiete sind heute von großer technischer Relevanz. Seine Bedeutung für die angewandte physikalische Chemie, die technische Chemie und technische Physik kann daher nicht hoch genug eingeschätzt werden. Einen Nobelpreis bekam er allerdings nicht, dafür sahen seine Arbeiten vielleicht nicht spektakulär genug aus.

V. Richard Zsigmondy

Mit Tammann hatte man nun zwar einen in jeder Hinsicht adäquaten Nachfolger für Nernst gefunden, jedoch hinterließ sein Überwechseln in die physikalische Chemie eine empfindliche Lücke auf dem frisch etablierten Lehrstuhl für Anorganische Chemie. Die Wahl zum Nachfolger Tammanns fiel schließlich auf *Richard Zsigmondy (1865 – 1929)*¹⁷⁾, den Abb. 12 als jungen Chemiker zeigt. Wie klug diese Entscheidung gewesen ist, erwies sich unter anderem darin, dass auch Zsigmondy 1925 einen Nobelpreis erhielt und zwar „für die Darlegung der Heterogenität der kolloiden Lösungen und für die dabei angewandten Methoden“. Kolloidlösungen sind Lösungen, in denen Zusätze nicht als Moleküle „homogen“ gelöst sind, wie der Chemiker sagt, sondern „heterogen“ als fein verteilte, aber nicht lösbare Aggregate kleiner und kleinster Abmessungen vorliegen. Milch kann z. B. als kolloidale Lösung von Fetttropfchen in Wasser verstanden werden. Zsigmondy arbeitete nach seiner Habilitation zunächst in der Industrie und zwar bei den Glaswerken Schott in Jena über gefärbte Gläser. Er ging der Frage nach, ob die Gläser homogene Lösungen von Farbstoffen in Glas oder heterogene, kolloidale Lösungen waren. Um dieses zu klären, entwickelte Zsigmondy zusammen mit dem Physiker Siedentopf bei Zeiss in Jena ein Ultramikroskop, das schließlich 1912 bei der Firma Winkel in Göttingen patentiert wurde. In diesem Mikroskop kann man in einem Dunkelfeld einzelne Kolloidteilchen bis hinunter zu einem Nanometer Größe als leuchtende Punkte lokalisieren, ohne allerdings viel über die Struktur der Partikel zu erfahren. Das kann man erst mit dem Elektronenmikroskop oder mit der neuen, durch Stefan Hell vor etwa 20 Jahren erfundenen Licht-Nanoskopie.

Hier in Göttingen entwickelte Zsigmondy auch die Membranfilter, also Ultrafeinfilter, mit denen man kolloidale Lösungen in ihre Komponenten trennen kann. Diese Filter wurden und werden noch heute von der Göttinger Firma Sartorius gefertigt und haben zu der führenden Stellung der deutschen Membranfiltertechnologie auf dem Weltmarkt beigetragen mit Anwendungen unter anderem in Biologie und Medizin. Abb. 13 zeigt Zsigmondy - nun als älteren Chemiker - im Labor an einem Mikroskop zusammen mit einem spanischen Kollegen. Zsigmondy hat sich sowohl um die Grundlagenforschung wie um die angewandte Forschung verdient gemacht.

VI. Adolf Windaus

Mit der Emeritierung von Otto Wallach im Jahre 1915 während des ersten Weltkriegs brach eine karge Zeit für die Wissenschaft an, und die Bestellung eines Nachfolgers wurde schwierig. Ein erster Berufungsversuch scheiterte, jedoch war der zweite Versuch erfolgreich. Es konnte *Adolf Windaus* (1876 - 1959) aus Innsbruck gewonnen werden. Ob man sich damals wohl bewusst war, dass man damit einen der ganz großen Chemiker berufen hatte¹⁸⁻²², der obendrein Göttingen bis zu seiner Emeritierung treu blieb? Wie sein Vorgänger Wallach war Windaus Naturstoffchemiker, also einer der Wissenschaftler, die die Vielfalt der von der Natur synthetisierten organisch-chemischen Verbindungen erforschen. Während Wallach diese hauptsächlich aus der Pflanzenwelt bezog, befasste sich Windaus besonders mit Substanzen tierischen oder menschlichen Ursprungs bzw. Substanzen, die auf den menschlichen Organismus wirken. Seine Nähe zur physiologischen Chemie hat er zeitlebens bewahrt, denn schließlich hatte er zunächst Medizin studiert. Die klassische Vorgehensweise des Naturstoffchemikers besteht darin, zunächst eine Substanz in möglichst großer – allerdings leider oft nur sehr geringer – Menge zu isolieren, dann die Zusammensetzung aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und eventuell anderen Elementen zu bestimmen und schließlich die Struktur der Verbindung aufzuklären. Wenn man diese zu Windaus Zeiten noch extrem schwierige Aufgabe gelöst hatte, ging es an den zweiten Teil des Problems, die Synthese. Entweder wurde die Zielsubstanz aus leichter zugänglichen Vorläuferverbindungen hergestellt, oder es wurde – als Krönung des Ganzen – eine Totalsynthese aus den Grundstoffen entwickelt, so dass jeder die Verbindung im Prinzip nachbauen konnte, so auch die chemische oder pharmazeutische Industrie. Während Wallachs Substanzen, die Terpene – wie oben beschrieben – aus Isopren-Einheiten mit 5 Kohlenstoffatomen noch vergleichsweise einfach aussehen, beschäftigte sich Windaus mit der Klasse der Sterine, also Verbindungen, deren Grundgerüst aus drei miteinander verknüpften Sechseringen und einem zusätzlichen Fünfering von Kohlenstoffatomen besteht. So ist z. B. das Cholesterin, mit dem sich Windaus seit seiner Habilitation befasste, ein Sterinderivat, ein Steroid. Über die biochemische Funktion des Cholesterins könnte man ein eigenes Buch schreiben. Hier sei lediglich daran erinnert, dass das Cholesterin eine medizinisch außerordentlich wichtige Verbindung ist, ein Bestandteil der Zellmembran des Menschen und ein Vorläufer von Hormonen und Vitaminen. Es ist faszinierend, welche verschiedenartige Wirkungen die Natur durch geringfügige Änderungen der an das Sterin-Grundgerüst angefügten Molekülgruppen erzielen kann. Um die außerordentliche reichhaltige Sterinchemie aufzuklären, bedurfte es der zähen Arbeit einer ganzen Reihe von genialen Chemikern wie Windaus, die ihre Aufgabe mit bemerkenswerter Meisterschaft und ohne moderne apparative Hilfsmittel gelöst haben. Windaus erhielt angemessener Weise 1928 den Nobelpreis für seine „Untersuchungen über die Konstitution der Sterine und ihre Beziehung zu den Vitaminen“.

Abb. 14 zeigt Windaus im Labor etwa im Jahre 1921. Er arbeitete systematisch und mit unendlicher Ausdauer nach einem genialen inneren Plan. Er sagte von sich²¹⁾: „Ich habe mich nie um praktische Erfolge, sondern nur um wissenschaftliche Erkenntnis bemüht“. Er war also ein echter Grundlagenforscher, dessen Leistungen in der Folge von immenser praktischer Bedeutung wurden. Im Laufe seiner Untersuchungen der Sterine, von denen das Cholesterin die Ausgangssubstanz war, geriet er an das Ergosterin, ein Sterin, das in der Hefe und anderen Pilzen gebildet wird. Windaus erkannte, dass diese an sich unauffällige Verbindung eine Vorstufe des Vitamins D ist und durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht in eine medizinisch höchst wirksame Verbindung überführt werden kann, das Vitamin D. Mit diesem Vitamin konnte die Rachitis, die sogenannte englische Krankheit, die Kinder verkrüppeln lässt, besiegt werden. Die ganze Menschheit hat davon profitiert. Auch über diese Arbeiten wurde zuerst in Göttingen, in einer denkwürdigen Sitzung der Akademie im Jahre 1926 berichtet. Die Schüler von Windaus wie etwa Butenandt haben dann seine Arbeiten fortgesetzt. So konnte die erstaunliche Verwandtschaft zwischen den Vitaminen und den Hormonen, vor allem den Geschlechtshormonen, ebenfalls hier in Göttingen aufgedeckt werden^{18,20)}.

Danksagung

Viele Erinnerungsstücke der beschriebenen großen Zeit der Göttinger Chemie sind im Göttinger Museum der Chemie, um das sich sein langjähriger Leiter Günther Beer große Verdienste erworben hat, aufbewahrt. Seinem Nachfolger Ulrich Schmitt danke ich besonders für seine Hilfe bei der Vorbereitung dieses Berichts, der zwangsläufig nur sehr oberflächlich sein konnte. Die gezeigten Abbildungen stammen aus dem Museum, dessen Besuch allen Interessierten wärmstens empfohlen werden kann.

Literatur

1. J. W. Servos, „Physical Chemistry from Ostwald to Pauling. The Making of a Science in America“ (Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1990).
2. E. U. Franck, „250 Jahre Chemie in Göttingen und ihre Auswirkungen: anorganische und physikalische Chemie. Vom Stoff zur Struktur“ (in „Göttinger Universitätsschriften“, Serie A: Schriften, Band 13, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1988).
3. B. Franck, „250 Jahre Chemie in Göttingen und ihre Auswirkungen: organische Chemie zwischen Biologie und Medizin“ (in „Göttinger Universitätsschriften“, Serie A: Schriften, Band 13, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1988).

4. „Göttinger Gelehrte. Die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen in Bildnissen und Würdigungen. 1751-2001“ (Herausg. K. Arndt, G. Gottschalk, R. Smend, Wallstein Verlag, Göttingen, 2001).
5. O. Glemser in Ref. 4
6. O. Glemser in Ref. 4
7. W. Jaenicke „100 Jahre Bunsen-Gesellschaft 1894-1994“ (Steinkopff, Darmstadt, 1994).
8. H. W. Roesky in Ref. 4
9. L. F. Tietze in Ref. 4
10. E. Winterfeldt in Ref. 4
11. A. Meller in Ref. 4
12. J. Troe in Ref. 4
13. H.-G. Bartel, „Walther Nernst“ (BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1989).
14. K. Mendelssohn, „The World of Walther Nernst“ (MacMillan, London, 1973): „Walter Nernst und seine Zeit“ (Physik Verlag, Weinheim, 1976).
15. H. Schmalzried, „Göttingen: 100 Jahre Physikalische Chemie. Festkörper als Material“ (Bericht zum Festkolloquium im Physikalisch-Chemischen Institut, 27.6. 1996).
16. H. Schmalzried in Ref. 4
17. H. W. Roesky in Ref. 4.
18. H. Hopf in Ref. 4.
19. H. H. Inhoffen, „50 Jahre Sterin-Chemie. Adolf Windaus zum fünfundsiebzigsten Geburtstag“, *Naturwissenschaften* **38**, 553-558 (1951).
20. H. H. Inhoffen, „Adolf Windaus zum Gedächtnis“, *Naturwissenschaften* **47**, 97-99 (1960).
21. A. Butenandt, „Das wissenschaftliche Lebenswerk von Adolf Windaus“ (in „Göttinger Universitätsschriften“, Heft 27, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1960).
22. H. Brockmann, „Adolf Windaus als Akademischer Lehrer“ (Quelle wie Ref. 21).



Abb. 1: Gmelins Chemisches Laboratorium (1783) in der Hospitalstraße.

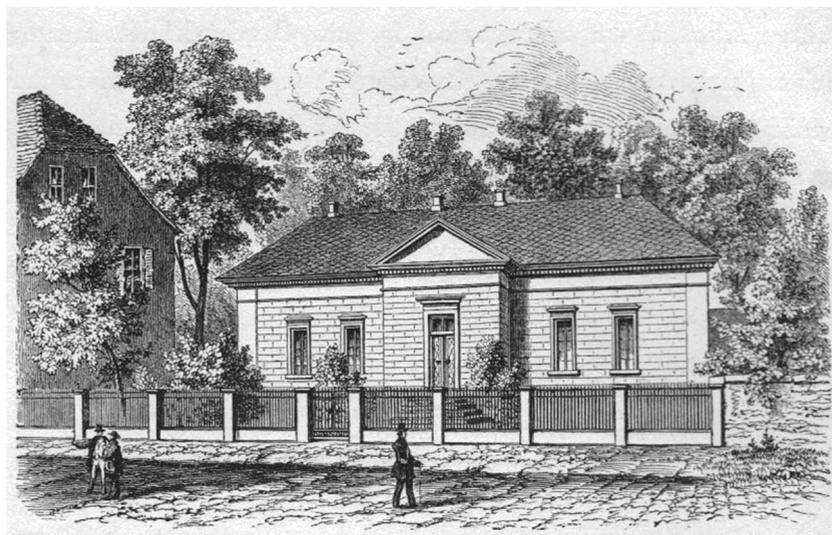


Abb. 2: Wöhlers Chemisches Laboratorium (1842),
links Gmelins Laboratorium (siehe Abb. 1).



Abb. 3: Erweitertes Wöhlersches Laboratorium (1860),
links erstes Wöhlersches Laboratorium (1842, siehe Abb. 2).



Abb. 4: Chemische Institute kurz vor dem Abriss 1970,
am linken Rand das bis heute erhaltene
Gmelinsche Laboratorium (siehe Abb. 1).

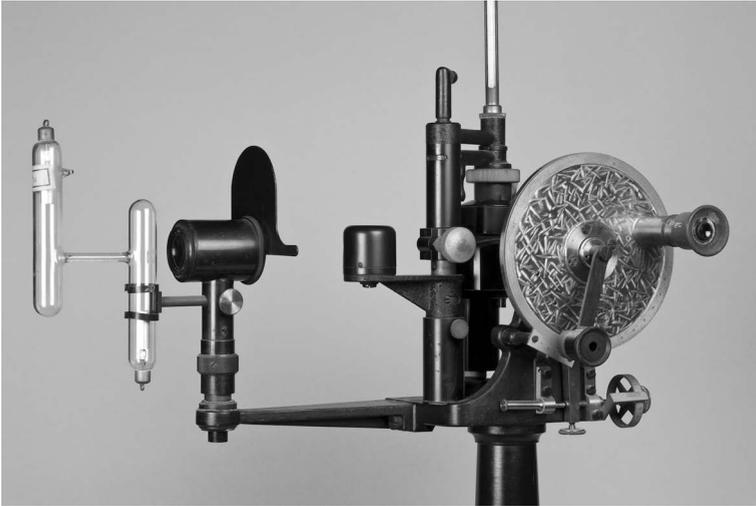


Abb. 5: Wallachsches Refraktometer (Zeiss 1895).

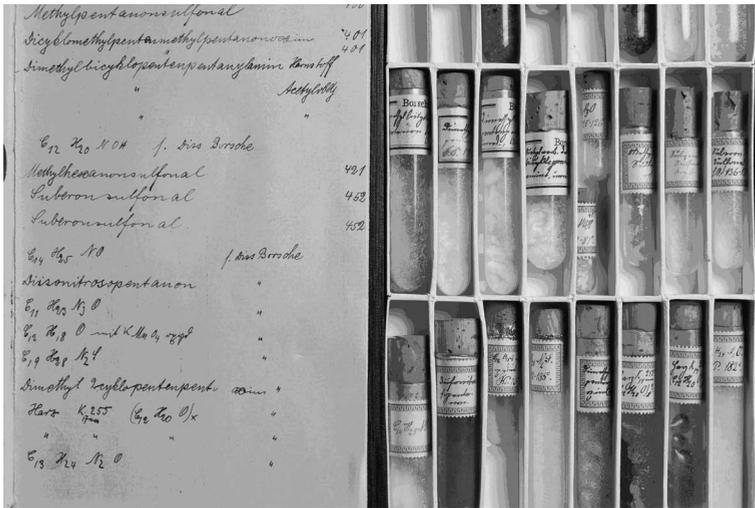


Abb. 6: Sammlung von Wallachschen Arbeitsproben.

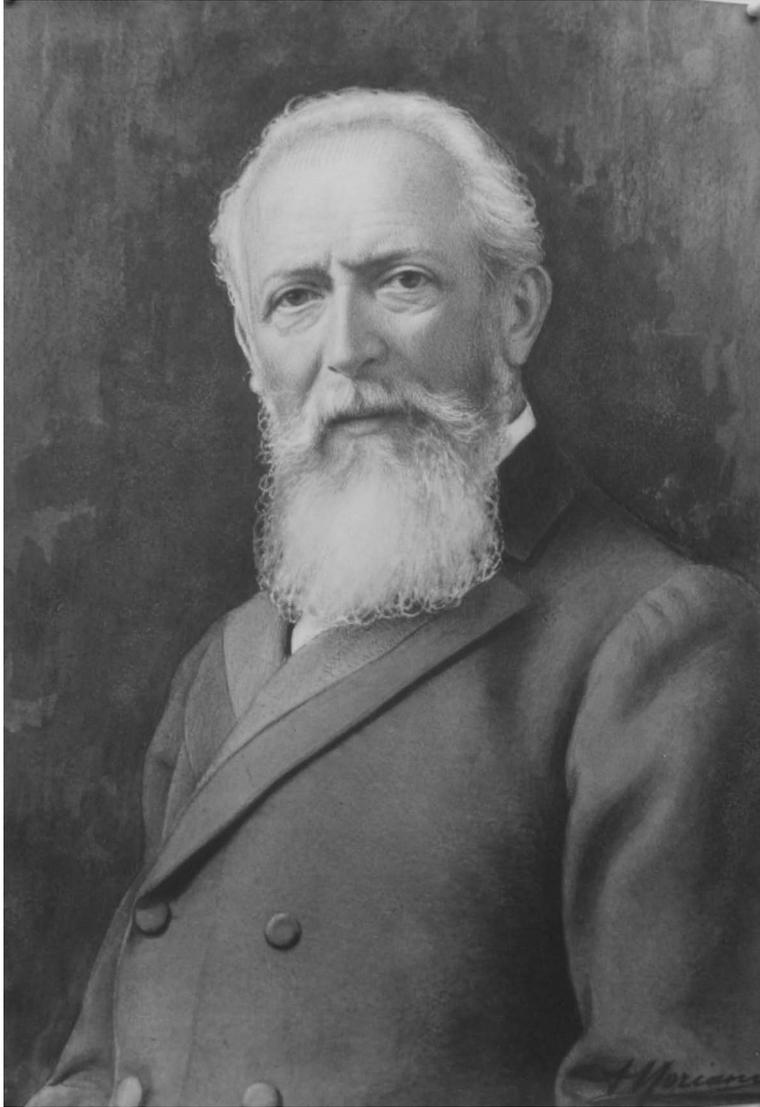


Abb. 7: Otto Wallach.



Abb. 9: Walther Nernst (ca. 1890).



Abb. 8: Physikalisch-chemisches Institut (1895).



Abb. 10: Walther Nernsts Abreise von Göttingen nach Berlin (1905, vor dem physikalisch-chemischen Institut).



Abb. 11: Gustav Tammann.

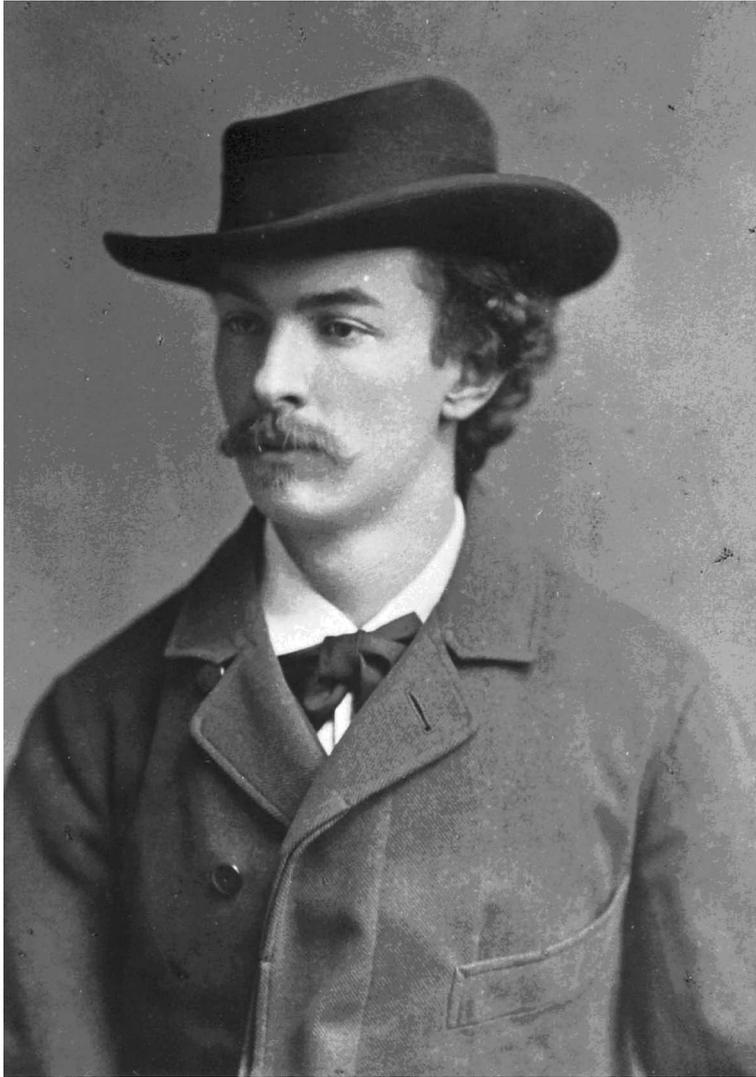


Abb. 12: Richard Zsigmondy.



Abb. 13: Richard Zsigmondy mit Antonio Roccasolano (Zaragossa 1920).

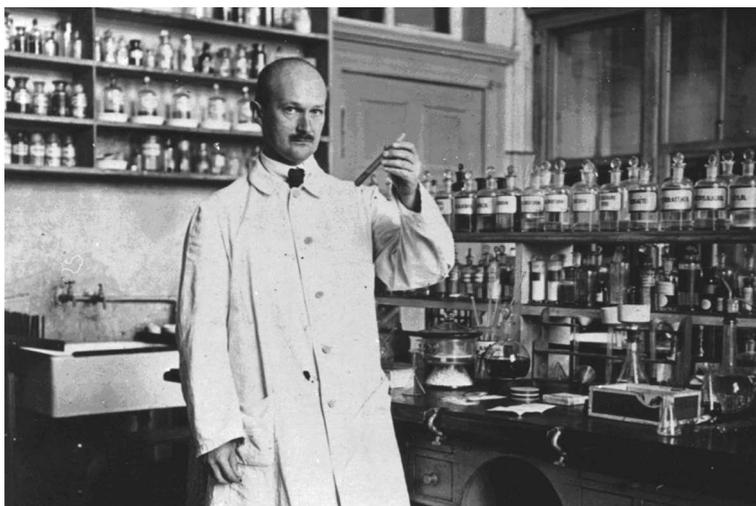


Abb. 14: Adolf Windaus im Labor (1921).

