

Ordnung in die Anorganik

Nachdruck aus: *Nachrichten aus der Chemie* 2013, 61 [Oktober], 1013

Ferdinand Wild, Irene Studer-Rohr, Oliver Zerbe*, and Roger Alberto

*Correspondence: Prof. Dr. O. Zerbe, Institut für Chemie, Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich. E-mail: oliver.zerbe@oci.uzh.ch

Abstract: Im Dezember jährt sich die Verleihung des Chemienobelpreises an Alfred Werner zum hundertsten Mal. Wer war der Mann, der die theoretischen Grundlagen der anorganischen Koordinationschemie legte?

Keywords: University of Zurich · Werner, Alfred

Das wissenschaftliche Werk Alfred Werners ist in Übersichtsartikel detailliert beschrieben.^[1–12] George B. Kauffman verdanken wir eine ausgezeichnete Biographie.^[13] Werner hatte seine revolutionären Ideen über die Struktur anorganischer Verbindungen in sehr jungen Jahren formuliert. Die wissenschaftliche Gemeinschaft erkannte seine Forschung eher zögerlich an.



Alfred Werner (1866–1919).
(Fotos: Archiv der Zentralbibliothek der Universität Zürich)

Robert Hubert schreibt in seinem Nachruf in der *Schweizerischen Chemischen Zeitung* 1920:^[14] „Wir wissen aus Werners eigenem Mund, dass die Erleuchtung ihm blitzartig kam. Morgens um zwei schreckte er aus dem Schlaf auf, die von seinem Gehirn schon lange gesuchte Lösung hatte sich eingestellt. ... Abends um fünf Uhr war die dritte theoretische Arbeit ... in ihren wesentlichen Teilen abgeschlossen.“ Diese Arbeit kennen wir als „Beitrag zur Konstitution anorganischer Verbindungen“,

und sie erschien im Jahr 1893 in der *Zeitschrift für Anorganische Chemie*. Diese Publikation bildet die Grundlage der modernen Komplexchemie.

Werner war bei der Veröffentlichung noch keine 27 Jahre alt, aber bereits ausserordentlicher Professor für organische Chemie an der Universität Zürich. Erst im Jahr 1902 wurde ihm von der kantonalen Erziehungsdirektion das Recht zur Vorlesung über anorganische Chemie zuerkannt. Dazu schreibt Paul Karrer 1920 in einem Nekrolog auf Alfred Werner in der *Helvetica Chimica Acta*:^[12] „Es war jene Zeit, in der die organische Chemie in einer einzigartigen stürmischen Entwicklung begriffen war, und durch ihre glänzenden Erfolge die anderen Zweige unserer Wissenschaft in den Schatten drängte. ... [Werner] zog es zwar innerlich mehr zur anorganischen Forschung, die aber damals kaum solche Erfolge versprach, und bei weitem nicht so allgemein interessierte, wie die organische Richtung.“ Sein Kollege August Bischler bestärkte Werner jedoch hinreichend, sich der Anorganik zuzuwenden. Nach 1900 finden sich keine Publikationen Werners mehr zur organischen Chemie.



Alfred Werner mit seinem Arbeitskreis um das Jahr 1910. Ganz links ist Paul Karrer zu sehen, Nachfolger von Werner und später ebenfalls Nobelpreisträger. Rechts von Werner steht seine Doktorandin Chana Weizmann, die Schwester von Chaim Weizmann (ebenfalls Chemiker und erster Staatspräsident Israels).

Während in der organischen Chemie die dreidimensionale Beschreibung der Moleküle sich bereits durchgesetzt hatte, fehlte in der anorganischen Chemie eine tragfähige Theorie zur Struktur. Werners Erkenntnis zur tetraedrischen Struktur des Stickstoffes beschrieb erstmalig die Stereochemie am Stickstoff korrekt. Die dominierende Anschauung zu jener Zeit war durch die Kettentheorie Christian Wilhelm Blomstrands geprägt. Für ihn konnte Ammoniak lange Molekülketten bilden, analog zur

Methylengruppe in der organischen Chemie. Diese Theorie platzierte beispielsweise bei der Verbindung $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ (hier in moderner Schreibweise formuliert) die sechs Ammingruppen kettenförmig zwischen Cobalt- und Chloratomen. Werner störte insbesondere die Fünffachkoordination des Stickstoffes. Er führte den Begriff der Nebenvalenz ein, was ihm erlaubte, die Zahl der Liganden unabhängig von der Oxidationszahl zu wählen. Damit war der Weg frei, die sechs Aminogruppen in die Ecken eines Oktaeders zu platzieren, in dessen Zentrum das Metallatom als Zentralatom stand. Zu diesem Zeitpunkt verfügte Werner kaum über eigene experimentelle Daten. Diese Schwachstelle kreidete ihm der überragende Experimentator Sophus Mads Jørgensen an, und diese Auseinandersetzung überschattete viele Jahre die Laufbahn und den Alltag Werners. Der Disput wurde letztlich mit der erfolgreichen Enantiomerentrennung des $[\text{Co}(\text{en})_2(\text{NH}_3)\text{Cl}]^{2+}$ zu Werners Gunsten entschieden. Letzte Zweifler, die auch im genannten Molekül die optische Aktivität auf die Anwesenheit des organischen Ethylendiamins zurückführten, verstummen nach der erfolgreichen Enantiomerentrennung des rein anorganischen Metallkomplexes $[\text{Co}[(\mu\text{-OH})_2\text{Co}(\text{NH}_3)_4]_3]\text{Br}_6$. Werner hatte endgültig die räumliche Anordnung um das zentrale Kobaltatom als stereochemisches Zentrum bewiesen.

Werdegang

Alfred Werner wurde im Jahr 1866 in Mülhausen im Elsass als jüngstes von vier Kindern der Eheleute Jean-Adam und Salomé Jeanette Werner (geb. Tesché) geboren.^[14] Nach dem Deutsch-Französischen Krieg von 1870/71 wurde das Elsass deutsches Reichsgebiet. Alfred Werners Vater war Dreher und arbeitete als Vorarbeiter in einer Fabrik. Zusätzlich bewirtschafteten seine Eltern einen Bauernhof. Dort richtete sich der Schüler Alfred ein kleines Chemielabor in einem Schuppen ein.^[14]

Alfred Werner trat seinen Militärdienst als Einjährig-Freiwilliger im Badischen Leibgrenadierregiment 109 in Karlsruhe an. Scherzhaft bemerkte Werner später, dass er in Karlsruhe den Palast, in dem die schwedische Königin als damalige Prinzessin Victoria von Baden aufgewachsen war, bewacht hatte. Ihr Gemahl, König Gustav V., übergab Werner im Jahr 1913 den Nobelpreis.^[1] Der Dienst als einjährig Freiwilliger verkürzte die Militärzeit von drei Jahren auf nur ein Jahr.

Der Freiwillige musste aber auf Sold verzichten und seinen Lebensunterhalt selbst bestreiten. Offensichtlich verfügte Werners Familie über einen gewissen finanziellen Rückhalt, denn auch sein Studium in Zürich wurde von seinen Eltern finanziert. Werner hätte sich auch an der École de Chimie in Mülhausen einschreiben können, das dortige Institut war ihm jedoch zu technisch ausgerichtet.^[13]

Bereits während seiner Militärzeit war Alfred Werner als Gasthörer an der Universität Karlsruhe immatrikuliert. Anschliessend wechselte Werner an das eidgenössische Polytechnikum nach Zürich, wo er sich im Jahr 1887 für das Fach Chemie einschrieb. Dort schloss er seine Dissertation im Labor von Arthur Hantzsch „über die räumliche Anordnung von Stickstoffatomen in Molekülen“ an. Werner musste seine Doktorprüfung am 13. Oktober 1890 aber an der Universität Zürich ablegen, da das Polytechnikum damals noch nicht das Promotionsrecht besass.

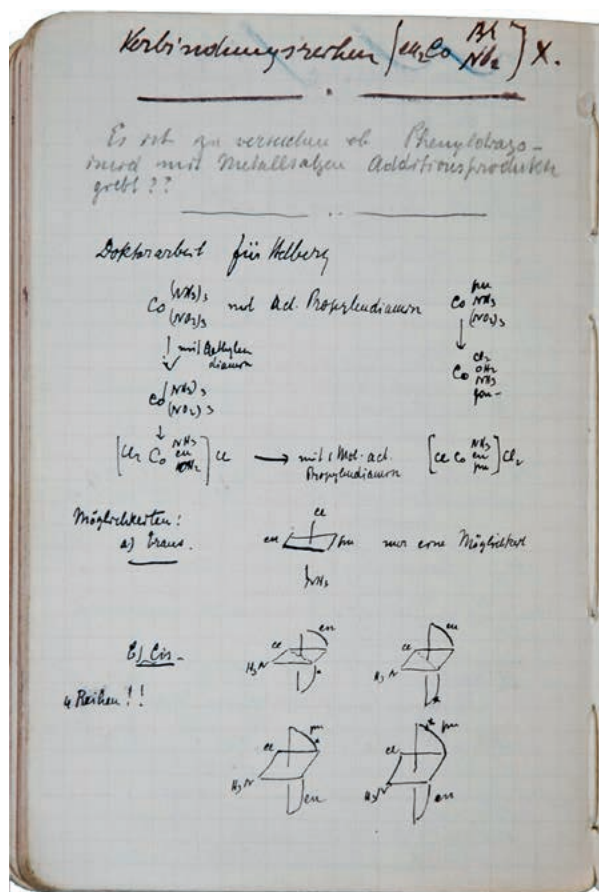
Professor mit 26

Nach einem mehrmonatigen Aufenthalt im Labor von Marcellin Berthelot in Paris kehrte Werner zur Habilitation an das Polytechnikum nach Zürich zurück, die er 1892 nach nur einem Jahr mit Auszeichnung beendete. Anschliessend wurde er mit 26 Jahren am 31. August 1893 ausserordentlicher Professor für organische Chemie an der Universität Zürich, und zwei Jahre später Ordinarius. Werner trug zu diesem Zeitpunkt einen Vollbart, um sich von den Studenten zu unterscheiden. Seiner unorthodoxen

Art entsprach es auch, mit dem Fahrrad ans Institut zu kommen, um Zeit zu sparen.

Wie darf man sich das akademische Leben in Zürich zu diesem Zeitpunkt vorstellen? Werner war Mitglied der studentischen Verbindung Stella, deren Leitspruch „Labor omnia vincit“ – Arbeit bezwingt alles – ideal zu Werners Arbeitsmoral passte. Er galt als ruheloser Schaffer, getrieben von einer unersättlichen wissenschaftlichen Neugierde. Er war sehr selbstbewusst, so schrieb er einem Dr. Sperber in Zürich in einem Brief „ihre letzte Meinungsäusserung hat mich davon überzeugt, dass Sie über die Begriffe Atomgewicht und Valenz noch vollständig im Unklaren sind, und ich kann Ihnen deshalb nur den Rat geben, für Ihre Spekulationen etwas einfachere Probleme zu wählen.“^[13,16]

Als Lehrer war er beliebt, und so fanden sich schnell doppelt so viele Zuhörer in seinen Vorlesungen ein, wie der Hörsaal Plätze hatte. Die Qualitätsanforderungen waren hoch: „Die eingereichte Arbeit des Herren Kandidaten genügt unseren Promotionsanforderungen in keiner Weise...“^[16] oder „Sehr geehrter Herr Professor, ... ich glaube nicht, dass beim heutigen experimentellen Material bei irgendeiner Diskussion über Diazokörper noch neue Gesichtspunkte aufgedeckt werden könnten und schlage Ihnen vor, diese Frage, auch unter uns, auf sich beruhen zu lassen.“^[16] Doch setzte er sich auch in vielfältiger Hinsicht für seine Studenten ein, etwa indem er besorgte Väter beruhigte: „...die von ihrem Sohn gemachten Angaben sind richtig, bis zum Doktordiplom kann er keine [weiteren] Zeugnisse vorlegen“^[16] oder wenn er mitteilte „die Gläubiger ihres Sohnes drohen, denselben, wenn nicht wenigstens eine Anzahlung geleistet werde, einkerkern zu lassen. Ich muss Ihnen natürlich vollständig überlassen in der Angelegenheit nach Ihrem Gutdünken zu handeln. Ich bin jedoch der Meinung, dass der vollständig unhaltbaren Situation nur dadurch ein Ende gemacht werden kann, dass eine richtige Anzahlung geleistet wird, zum Beispiel von 500 Franken.“^[16]



Eine Seite aus dem Notizbuch Alfred Werners.

Für damalige Zeiten in der Chemie ungewöhnlich hatte er auch Doktorandinnen – Edith Humphrey war sogar die erste Doktorandin am chemischen Institut.

Entspannung von der Arbeit am Institut fand Werner auf Wanderungen in den Bergen. So wartete er die Entscheidung über die Besetzung der Professur, auf die er sich beworben hatte, in Zermatt ab. Über Jahre hinweg verbrachte er seine Ferien in Gaflei, Liechtenstein.^[13] Ähnlich wie Richard Feynman, der in den Kneipen zur Entspannung trommelte, verbrachte Werner seine Abende in Gesellschaft mit anderen Chemikern in Kneipen beim Jassen oder Schachspiel oder wissenschaftlichen Diskussionen. So berichtet Karrer, dass die Zürcher Chemische Gesellschaft in ihren Statuten festhielt, dass nach 10 Uhr abends keine neuen Vorträge mehr begonnen werden dürfen.^[1] In diesem Zusammenhang sind auch Skizzen von Werner interessant, in denen er Art, Umfang und Beladung zweier Weinregale für ungefähr 400 Flaschen für sein Heim entwirft.

Bürokratie vor 100 Jahren

Aus Aufzeichnungen und Korrespondenzbüchern wissen wir, dass die Chemikaliengebühr 100 Franken im Semester betrug, während das Monatsgehalt eines Oberassistenten im Jahr 1898 zirka 80 Franken betrug. Werners erstes Professorengehalt waren 210 Franken im Monat; es wurde durch Vorlesungsgelder in mindestens der gleichen Grössenordnung ergänzt. Später verfügte Werner über ein substanziell besseres Gehalt, das aber deutlich zurückging, als wegen seiner einsetzenden Krankheit die Hörer und damit ihre Gebühren ausblieben.^[16] Interessanterweise weisen die Rechnungsbücher im Kantonsarchiv das Durchschnitts- und das Mediangehalt in den Geisteswissenschaften in den Jahren bis 1910 um 70 Franken höher als in den Naturwissenschaften aus.

Auch die Kosten wurden damals sehr genau überwacht. In einem Brief an einen Amtmann rechtfertigt Werner den hohen Gasverbrauch von 2464 m³ monatlich, was 512 Franken



Alfred Werner abseits des Labors.
(Datierung unklar, vermutlich vor 1905)

entsprach.^[16] Anlässlich der Nobelpreisverleihung 1913 ist der Beschluss des Regierungsrates dokumentiert, „wonach Herrn Professor Alfred Werner der erbetene Urlaub für die Reise nach Stockholm zu gewähren sei“, nachdem er zugesichert hatte, „dass er die ausgefallenen Vorlesungen nachholen wird, und in allen anderen Belangen Professor Pfeiffer ihn vertreten“.

Verhältnis zu Jørgensen

Das Verhältnis zu seinem grossen wissenschaftlichen Widersacher Sophus Mads Jørgensen beruhte wohl auf einer tiefen gegenseitigen Abneigung. Der pedantische Jørgensen war ein überragender Experimentator ohne Sympathien für den jungen, selbstbewussten und lebensfrohen Werner. Beide warfen sich vor, die experimentellen Ergebnisse falsch zu deuten, respektierten die jeweiligen wissenschaftlichen Leistungen des anderen aber durchaus.^[17] Werner wollte Jørgensen auf der Reise zur Nobelpreisfeier unterwegs in Kopenhagen treffen. Er hielt dort auch einen Vortrag; das Manuskript zur Kopenhagener Rede am 6. Dezember 1913 ist erhalten. Jørgensen war aber schon schwer krank (er starb kurz darauf im Jahr 1914), so dass dieses Treffen nicht zustande kam. Alfred Werner überlebte seinen Widersacher nur um wenige Jahre. Bereits 1915 musste er seine Lehrtätigkeit an der Universität Zürich wegen geistiger Absenzen einschränken. Er wurde mehrfach beurlaubt, bis er am Ende in die psychiatrische Universitätsklinik eingewiesen werden musste. Er starb am 15. November 1919.

Feiern zum Jubiläum

Mit mehreren Veranstaltungen ehrt die Universität Zürich ihren ersten Chemie-Nobelpreisträger. Unter anderem würdigt eine Ausstellung – konzipiert und erstellt von Anna Bot und Noah Geistlich – im Rahmen ihrer Maturarbeit am *Liceo Artistico* in Zürich – noch bis zum 22. November Leben und Werk Alfred Werners. Die Ausstellung zeigt viele persönliche und wissenschaftliche Exponate, insbesondere kann durch Vermittlung der Universität und des Schweizer Landesmuseums die Nobelpreis-Medaille im Original ausgestellt werden. Dazu dient ein Tresor aus der Zeit Alfred Werners, in dem früher die Platintiegel des Chemischen Instituts verwahrt wurden.^[1]

Zum Abschluss der Feierlichkeiten findet am 22. November ein Symposium statt. Vortragende sind unter anderem Barbara Albert, Ben L. Feringa, Ernst Peter Kündig, Jean-Marie Lehn und James Fraser Stoddart.

Die Teilnahme ist kostenfrei, Registrierung unter: www.alfred-werner.uzh.ch.

Danksagung

Wir danken Dr. Christian Remenyi für die Erlaubnis, diesen Nachdruck zeitgleich mit dem Erscheinen der Originalpublikation abdrucken zu dürfen.

- [1] P. Karrer, *Helv. Chim. Act.* **1920**, *3*, 196–224.
- [2] K. Bowman-James, *Acc. Chem. Res.* **2005**, *38*, 671–678.
- [3] E. C. Constable, C. E. Housecroft, *Chem. Soc. Rev.* **2013**, *42*, 1429–1439.
- [4] K. H. Ernst, F. R. Wild, O. Blacque, H. Berke, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, *50*, 10780–10787.
- [5] K. H. Ernst, H. Berke, *Chirality* **2011**, *23*, 187–189.
- [6] G. Schwerzenbach, *Helv. Chim. Acta* **1967**, *50*, 38–63.
- [7] H. Berke, *Chimia* **2009**, *63*, 541–544.
- [8] G. B. Kauffman, *J. Chem. Educ.* **1966**, *43*, 155–156.
- [9] G. B. Kauffman, *Isis* **1973**, *64*, 78–95.
- [10] L. H. Gade, *Chem. Unserer Zeit* **2002**, *36*, 168–175.
- [11] P. Pfeiffer, *Zeitschrift Angew. Chem.* **1920**, *33*, 37–40.
- [12] H. Werner, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, *52*, 6146–6153.
- [13] G. B. Kauffman, 'Alfred Werner', Springer-Verlag, **1966**.
- [14] R. Huber, *Schweizer Chemikerzeitung* **1920**, *7*, 73–80.
- [15] H. Kragh, *Brit. J. Hist. Sci.* **1997**, *30*, 203–219.
- [16] Nachlass von Alfred Werner in der Zentralbibliothek der Universität Zürich.
- [17] Unterlagen zu Alfred Werner aus dem Zürcher Rektoratsarchiv.