

Alfred Werner und die Kraft der Intuition

Als Professor am Anorganisch-Chemischen Institut der Universität Zürich (heute Institut für Chemie), hatte ich das Werk Alfred Werners (1866 – 1919) in Lehre und Forschung tagtäglich vor Augen. Zudem verwalteten die chemischen Institute der Universität Zürich als Nachfolgeorganisationen des ehemaligen Werner-Instituts seine Hinterlassenschaften. Die Idee lag nahe, ein vollständigeres Bild von Werners Wirken mit «Nachuntersuchungen» an solchen bisher weitgehend unbekanntem Zeugnissen zu zeichnen. Eine Auswahl von teils bekannten und teils bisher unbekanntem Geschichten und Anekdoten sind in diesem Artikel zusammengefasst.

Alfred Werner in Zürich

Alfred Werner lehrte und forschte als Professor für Chemie an der Universität Zürich (Abb. 1). An der ETH Zürich hatte er bei Professor Hantzsch eine Dissertation angefertigt, hatte sich dort habilitiert und als Privatdozent wissenschaftlich ausgezeichnet. Seine Berufung auf eine Professur an die Universität Zürich erfolgte 1893, die er bis zu seinem Tod 1919 innehatte. Den Nobelpreis für Chemie bekam er 1913.

Zürich war zu Werners Zeiten «die Kapi-tale der klugen Köpfe» (NZZ 13. 6. 2015) und Zürich



Abb. 1: Alfred Werner am Schreibtisch seines Büros. (Bild Universität Zürich)

war für ihn *genius loci*. So war er beseelt vom besonderen wissenschaftlichen Geist dieser Stadt. Die Zeit um die Jahrhundertwende wurde in der Wissenschaft oft als das «Zeitalter der Intuition» bezeichnet. Albert Einstein, ein Zürcher Zeitgenosse Werners, sagte einmal dazu: «*Intuition is based on imagination, inspiration and knowledge*». Nicht nur Einsteins, sondern auch Werners wissenschaftliches Wirken war von der Kraft der Intuition geprägt.

Als geselliger Mensch liebte es Werner, anregend zu diskutieren und nicht selten auch zu streiten. Mit seinen Kollegen am Eidgenössischen Polytechnikum (heute ETH Zürich) traf er sich hauptsächlich in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Von 1906 bis 1908 war er Vorsitzender dieser Gesellschaft. Ausserdem traf man sich in der Zürcher Chemischen Gesellschaft. Beide Gesellschaften waren Foren der wissenschaftlichen Diskussion, nicht selten im Beisein von auswärtigen Besuchern, so dass sich ein überregionaler oder sogar internationaler Gedankenaustausch ergab.

Zu den wertvollsten Hinterlassenschaften Werners zählt, zumindest aus Sicht eines Chemikers, die Werner-Sammlung von mehreren Tausend Proben originaler Koordinationsverbindungen (Abb. 2). Sie sind ein wesentliches Zeugnis seiner wissenschaftlichen Arbeit. Viele, wenn nicht die meisten, der in den Schubladen enthaltenen Verbindungen sind übrigens nicht publiziert.

Alfred Werners wissenschaftliche Arbeit Werners Buch «*Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der Anorganischen Chemie*» war ein grosser Erfolg und erlangte grosse Bedeutung. Es war seiner Zeit weit voraus und erreichte bald grosse Beliebtheit, so dass es schliesslich in fünf Auflagen verlegt wurde.

2007 wurde es mit dem selten vergebenen *Chemical Break-through Award* der American Chemical Society ausgezeichnet. Praktisch aus dem Nichts hatte Werner eine neue Theorie für Koordinationsverbindungen, heute auch Komplexe genannt, formuliert, welche die



Abb. 2: Schublade der Alfred Werner-Sammlung, die von Alfred Werner als Katalog bezeichnet wurde. Hier eine der Schubladen mit Cobalt-Verbindungen.

Phänomene der Koordinationschemie gut erklären konnte. In bahnbrechender Weise hatte er eine neue Vorstellung entwickelt und damit ein realistischeres Bild dieser chemischen Verbindungsklasse aus Metallzentren (Ionen oder neutrale Atome) und angelagerten chemischen Teilen (Liganden) entworfen. Es wird berichtet, dass die zugrundeliegende geniale Idee in einer Nacht im späten 1892 als «Geistesblitz» über Werner kam, als er um zwei Uhr morgens mit

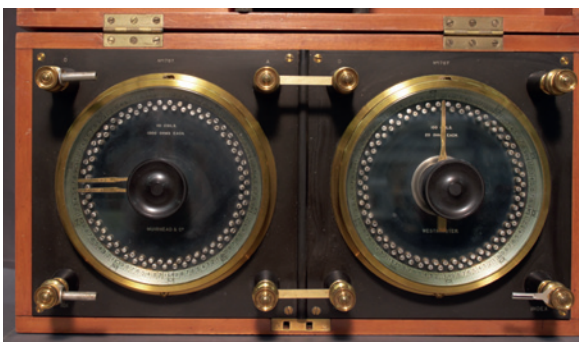


Abb. 3: Historisches Konduktometer, wahrscheinlich dasjenige, das Werners Arbeitsgruppe benutzte.

der Lösung zur «Konstitution der molekularen Verbindungen» erwachte und zu schreiben begann und um fünf Uhr nachmittags des gleichen Tages seine Nobelpreis-würdige Theorie als Publikation formuliert hatte: «Beitrag zur Konstitution von Anorganischen Verbindungen» (Zeitschrift für Anorganische Chemie 1893, 2, 267).

Zum Geist, der Werner antrieb, trugen auch viel neues Wissen und frühe Forschungserfahrungen bei, die er teilweise bereits vor seiner Berufung an die Universität Zürich gemacht hatte. Zu den frühen Erfahrungen zählen analytische Werkzeuge, wie zum Beispiel die Verbrennungsanalyse und die Konduktometrie (Leitfähigkeitsmessungen) von Koordinationsverbindungen. Diese Werkzeuge halfen, solche Verbindungen in Elementzusammensetzungen und der ionischen Konstitution zu charakterisieren.

In wässriger Lösung zerfallen viele Koordinationsverbindungen in positiv und negativ geladene Ionen, deren Anzahl pro Metallatom mit Hilfe der Leitfähigkeit «gezählt» werden kann. Die Konduktometrie entwickelte Werner zusammen mit einem Freund, Arturo Miolati aus Mailand, der dafür nach Zürich gekommen war. Ein historisches Konduktometer befindet sich heute im Physik-Institut der Universität Zürich (Abb. 3).

Mit seinem guten Gespür für das, was dem Fortschritt der Koordinationschemie dienen könnte, ergänzte Werner sein Repertoire an analytischen Methoden durch Polarimetrie und UV-vis-Spektroskopie, wobei die Methode der UV-vis-Spektroskopie, welche die Farbigkeit chemischer Verbindungen über den ganzen Spektralbereich unseres Sonnenlichts nachweist, in Werners Gruppe eher ein «Mauerblümchendasein» fristete, weil diese Methode damals sehr zeitaufwändig und schwierig war.

Dagegen wurde die Polarimetrie (Abb. 4) in Werners Forschung viel eingesetzt, um die Drehung der Ebene von polarisiertem Licht durch chirale (händige) Verbindungen zu analysieren. Chirale Verbindungen existieren als Bild und Spiegelbild, einem Phänomen, das von Louis Pasteur 1848 am Weinsäuremolekül entdeckt worden war. Zusammen mit seinen Doktoranden konnte Werner zeigen, dass sich auch Koordinationsverbindungen wie Bild und Spiegelbild verhalten können und in Bild und Spiegelbild



Abb. 4: Eines der Polarimeter von Alfred Werner.

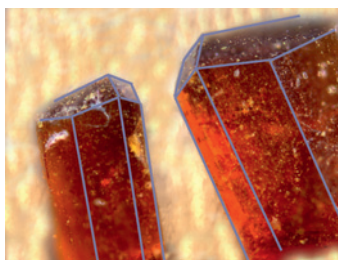


Abb. 5: Bild und Spiegelbild von zwei Kristallen, die von Edith Humphrey hergestellt wurden.

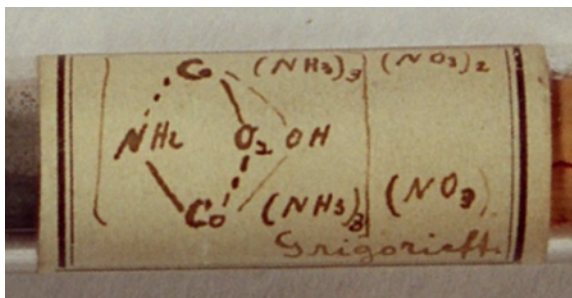


Abb. 6: Etikett der Reagenzglas-Probe von Scanavy-Grigorieff. Klar erkennbar ist das Sauerstoff-Molekül fixiert zwischen zwei Cobaltatomen.

nach Werners Terminologie sogar «spaltbar» sind. In der Werner-Sammlung befindet sich eine grosse Anzahl «gespaltener» Koordinationsverbindungen. Es ist in diesem Zusammenhang fast als ein Wunder zu bezeichnen, dass ein Polarimeter von Werner nach über 100 Jahren heute noch im chemischen Grundpraktikum der Universität Zürich in Betrieb ist.

Die Werner-Sammlung ist eine Fundgrube von vielen Koordinationsverbindungen, oft mit ungewöhnlichen Eigenschaften. Nach langer Suche sind wir auf eine Probe gestossen, die eine extrem seltene Naturerscheinung zeigt: Sie wurde von der Doktorandin Edith Humphrey vor ca. 100 Jahren hergestellt und hatte spontan Kristalle aus Bild und Spiegelbild ausgebildet (Enantiomorphie). Bei aufmerksamer Kristallsichtung hätten Werner und Humphrey Bild- und Spiegelbildkristalle mit dem blossen Auge erkennen können. Es war eine verpasste Chance (Abb. 5).

Wir fanden auch, dass viele Koordinationsverbindungen der Werner-Sammlung in ihrer Struktur sehr kompliziert sind. Sie bestehen zum Beispiel aus mehreren Metallzentren (mehrkernige Verbindungen genannt) oder haben ungewöhnliche, unerwartete Liganden. Mit modernen analytischen Methoden haben wir daher auch solche Verbindungen «nachuntersucht» und in den allermeisten Fällen die Korrektheit der Werner'schen Strukturvorschläge

bestätigen können, so auch bei einer zweiker-nigen Cobalt-Koordinationsverbindung, die bei der Synthese spontan ein Sauerstoffmolekül (O_2) aus der Luft «eingefangen» hatte.

Werner und seine Mitarbeiterin Scanavy-Grigorieff hatten diese Struktur in der Tat als Sauerstoff-Koordinationsverbindung erkannt (Abb. 6); eine aussergewöhnliche Leistung, denn solche Verbindungen waren damals noch nicht bekannt.

Heinz Berke

Der Autor war von 1988 bis 2012 ordentlicher Professor für Anorganische Chemie an der Universität Zürich.

Dank

Prof. Clive Kuenzle, vormals Prorektor der Universität Zürich, danke ich für die Genehmigung von Probenahmen aus der Werner-Sammlung; Prof. Karl-Heinz Ernst, Empa Dübendorf, für die Zusammenarbeit bei Publikationen zur Chiralität; und Prof. Bernhard Spingler und meinen früheren Mitarbeitern Dr. Ferdinand Wild, Dr. Olivier Blacque und Dr. Thomas Fox für ihre Beiträge zu verschiedenen Publikationen über Alfred Werner.