

## RICHARD ZSIGMONDY

(1865–1929).

Österreich hat gar manchen Physiker und Chemiker von hohem Range hervorgebracht: Es sei hier nur an Männer, wie Loschmidt und Boltzmann, an Stefan und Auer von Welsbach erinnert. Die Eigenschaften freilich, die man als ausgeprägt österreichische zu bezeichnen geneigt ist, besitzen die bedeutenden Vertreter ihres Landes nur in geringem Maße oder gar nicht. Sie sind nicht weltläufig und leichtlebig, sondern weit eher weltfremd, scheu, selbst schwermütig. Und doch kühn, eigenartig und von den gerade herrschenden Richtungen des Tages unabhängig auf den Wegen ihres Forschens, so daß sie oft zu schwer erklimmbaren Standpunkten und überraschenden Ausblicken gelangen. Kennzeichnend für sie ist auch nicht selten die Fähigkeit zu scharfer schöpferischer Kritik und das Bedürfnis einer bis zum Pedantischen gesteigerten Genauigkeit. Läßt man eine solch allgemeine Charakteristik gelten, die gewiß stets etwas Gewagtes an sich hat, so wird man zugestehen, daß auch Richard Zsigmondy ein echter großer Naturforscher seines Landes war und dessen Überlieferungen treu geblieben ist.

Er wurde am 1. April 1865 in Wien als einer aus der Reihe hochbegabter Söhne des Primararztes am Wiener Allgemeinen Krankenhause Adolf Zsigmondy geboren. Ein älterer Bruder Emil erwarb sich schon in jungen Jahren einen berühmten Namen als Alpinist, ein jüngerer Karl sollte später ein bekannter Mathematiker werden. Richard Zsigmondy besuchte die öffentliche Oberrealschule in der Josefstadt zu Wien und legte an ihr 1883 die Reifeprüfung ab. Er studierte Chemie an der Technischen Hochschule in Wien und in München und promovierte im Jahre 1889 in Erlangen mit einer „Beiträge zur Synthese von Inden-Derivaten“ betitelten Arbeit, die er in dem Laboratorium von W. v. Miller in München ausgeführt hatte. Dann wurde er Privatassistent August Kundts am Berliner Physikalischen Institut. So war er seiner Ausbildung nach Physiker und Chemiker geworden, obwohl er in keinem der damals aufblühenden physikalisch-chemischen Laboratorien gearbeitet hatte. 1893 habilitierte er sich an der Technischen Hochschule zu Graz.

Noch vor seiner Promotion erschien 1887 als eine seiner ersten Veröffentlichungen in Dinglers Polytechnischem Journal eine Arbeit: „Neue Lüster und Farben auf Glas.“ Mit ihr hat er zum erstenmal den Weg betreten, auf dem er mehr als 30 Jahre lang immer wieder kostbare Funde machen sollte; in ihr verraten sich bereits die Eigenschaften, die ihn auch



R. Zsigmondy

als Meister ausgezeichnet haben. Die Aufgabe der Arbeit war, Zusammensetzung und Wirkungsweise eines neu in den Handel gekommenen Lüsters auf Glas aufzuklären, „der die Lichtstrahlen mit prachttvoll goldigem und silber-artigem Metallglanz zurückwirft, im durchgehenden Licht betrachtet aber sein metallisches Aussehen verliert und dem Glase nur eine gelbe Farbe erteilt.“ Er zeigt, daß Silber vor allem der wirksame Stoff ist. Es findet sich aber nicht etwa auf der Oberfläche des Glases, sondern ist in ihm als Metall gelöst: er konnte es in der Form glänzender Flitterchen bei vorsichtiger Behandlung mit Flußsäure gewinnen. Zugunsten der Annahme einer Löslichkeit als Metall weist Zsigmondy schon auf ältere Untersuchungen am Kupfer-Rubinglas hin. Er stellt aber andererseits Versuche an, aus denen hervorgeht, daß das Silber auch in der Form eines Silicates im Glas enthalten sein kann. In einer späteren Arbeit erzielt er solche Lüsterfarben durch Reduktion geeigneter Silicate oder Borate des Silbers. Weitere, in den neunziger Jahren im oben genannten Journal erschienene Abhandlungen betreffen das Färben des Glases mit Sulfiden, die Herstellung von getrübbtem Glas mittels Kryoliths und ähnlicher Stoffe und die Erforschung der Durchlässigkeit des Glases für strahlende Wärme, wobei er die Adiathermansie des eisenoxydulhaltigen Glases kennen lernte. Dies war das Gebiet, mit dem er sich auch nach anderen Richtungen hin im Berliner Physikalischen Institut beschäftigte. Es waren gerade diese Arbeiten über das Verhalten der Gläser, die Kundt seinerzeit dazu veranlaßt hatten, Zsigmondy zum Assistenten zu wählen.

Es ist nicht weiter erstaunlich, daß auch die Industrie auf einen Mann aufmerksam wurde, der sich in solchem Maße mit der Physik und Chemie des Glases vertraut gemacht hatte, und daß ihm eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter in dem Jenaer Glaswerk von Schott & Gen. angeboten wurde. Zsigmondy nahm sie 1897 an. Von technischen Erfolgen, die ihm in dieser Tätigkeit beschieden waren, sei seine Erfindung des sog. Jenaer Milchglases erwähnt. Entscheidend war aber, daß er sich dort mit dem Gold-Rubinglas beschäftigte. Die Frage nach der Löslichkeit von Metallen im Glas forderte nun wieder eine Antwort, und da gelang es ihm, für dies Gebiet einen neuen und viel breiteren Boden zu schaffen: Er stellte tiefrote Goldlösungen mit Wasser als Lösungsmittel her, zeigte, daß sie den Gold-Lösungen im Glas, eben dem Gold-Rubinglas, in der Farbe und im sonstigen Verhalten weitgehend ähnlich sind, und erkannte, daß diese Lösungen als kolloid anzusprechen seien. Diese grundlegende Arbeit findet sich im ersten Heft des 30. Bandes von Liebigs Annalen (1898) — überraschend inhaltsreich ist das Heft, das diese Abhandlung enthält; ihr voraus geht die nicht minder wichtige, in der Hans Goldschmidt sein Verfahren der Aluminothemie bekannt gibt.

Diese erste Arbeit Zsigmondys über das Gold-Sol enthält schon eine Fülle wesentlicher Ergebnisse: Es wird analytisch nachgewiesen, daß das Gold wirklich als Metall in der Flüssigkeit enthalten ist; die kolloide Natur der Lösung ergibt sich daraus, daß der gelöste Stoff nicht durch Membrane dialysiert, und daß er bei der Kataphorese wandert, und zwar erweist sich das Gold als negativ geladen; die störende Wirkung, die die aus der Glaswand stammenden Verunreinigungen des Wassers auf die Herstellung der Sole ausüben, wird erkannt und ein Wasser empfohlen, das durch einen Silberkühler destilliert worden ist; es wird die merkwürdige Beobachtung ver-

zeichnet, daß sich Schimmelpilze gern auf diesen Lösungen ansiedeln und das Gold in ihr Mycel aufnehmen.

Wie etwa für Emil Fischer das Phenyl-hydrazin, so war für Zsigmondy das Gold-Sol der Schlüssel, mit dem er immer wieder neue Tore zu öffnen verstand. Noch im selben Band von Liebigs Annalen findet sich seine Untersuchung des Cassiusschen Purpurs, in der er ihn synthetisch aus einem Gold- und einem Zinnsäure-Sol herstellt, und so seine lang umstrittene Natur endgültig aufklärt. Die Zinnsäure verdeckt hier in eigentümlicher Weise die Eigenschaften des Goldes: Er hatte den ersten Fall der Schutzwirkung eines hydrophilen Kolloids in den Händen. Daran anknüpfend, fand er die schützende, die Koagulation durch Elektrolyte verhindernde Wirkung vieler anderer hydrophiler Kolloide, so der Gelatine, der Eiweißstoffe u. a. m., die er mit Hilfe der sog. Gold-Zahl charakterisierte. Die Beeinflussung der Koagulation von Gold-Solen durch eiweiß-haltige Flüssigkeiten ist bekanntlich klinisch bedeutsam geworden; man kann aus dem Verhalten der Rückenmarks-Flüssigkeit gegenüber einem Gold-Sol entscheiden, ob eine syphilitische Gehirn-Erkrankung vorliegt oder nicht.

Wer in diesen ersten Jahren des Jahrhunderts mit kolloiden Lösungen zu tun hatte, der fühlte sich stark enttäuscht, wenn es so gar nicht gelingen wollte, mit optischen Hilfsmitteln, etwa mit dem Mikroskop, etwas über das Wesen dieser rätselhaften Lösungen zu erfahren. Zsigmondy bahnte den richtigen Weg, indem er einsah, daß man mit der Dunkelfeld-Beleuchtung allein nicht weiter kommen könne, wenn man nicht eine recht dünne Schicht eines genügend verdünnten Kolloids möglichst lichtstark bestrahlte. Mit Siedentopf zusammen baute er das Ultra-mikroskop (1903), mit dessen Hilfe sich Gebilde von so glücklichen Werten der Brechungskoeffizienten wie ein Gold-Sol oder ein Gold-Rubinglas optisch auflösen ließen. Damit war zum erstenmal für kolloide Lösungen eindeutig bewiesen, daß in ihnen Teilchen enthalten sind, deren Größe zwischen den Grenzen der Molekülgröße und der kleinsten, mit dem gewöhnlichen Mikroskop noch erkennbaren Dimension liegt. Auch die absolute Größe der Teilchen ließ sich bestimmen, wenn man durch Auszählen in einem begrenzten Volumen des Mikroskop-Sehfeldes ihre Anzahl und durch eine Analyse die im gleichen Volumen vorhandene Gesamtmenge feststellte. Unter dem Ultra-mikroskop sah man in einem Gold-Sol auch zum erstenmal die Brownsche Molekularbewegung in so eindrucksvoller Schönheit, daß hiermit der Anstoß zur weiteren Erforschung dieser Erscheinung gegeben wurde, die mit den Namen von Einstein und Smoluchowski, von Svedberg und Perrin verknüpft ist. Bezüglich der Formart der Gold-Teilchen in diesen Solen war Zsigmondy schon damals der Meinung, sie seien wahrscheinlich kleine Krystalle. Durch Röntgen-Analyse konnte dies neuerdings endgültig sichergestellt werden. Er war so einer der ersten, der von dem alten, von Graham geprägten Begriff des Kolloiden abwich: Die amorphe Formart galt nicht mehr als notwendiges Kennzeichen, es kam nur auf das Maß der Zerteilung an. Die Untersuchung der Bedingungen, unter denen sich die Gold-Sole bilden, führte theoretisch zu einem schwer zu entwirrenden Zusammenspiel von Keim- und Krystallisations-Geschwindigkeit, lehrte aber praktisch das wichtige Keimverfahren kennen, mit dessen Hilfe sich homo-disperse Gold-Sole von verschiedener Teilchengröße bereiten ließen. Eine letzte wertvolle Frucht dieser Arbeiten über das Gold-Sol war das Auffinden des Gebiets der sog.

raschen Koagulation (1917): koagulierte man das Sol mit wachsenden Konzentrationen einer Elektrolyt-Lösung — die Koagulation läßt sich bekanntlich an dem Umschlag der roten Farbe in blau erkennen —, so zeigte sich, daß im Bereich höherer Elektrolyt-Konzentrationen die Geschwindigkeit der Koagulation von der Elektrolyt-Konzentration unabhängig ist. Der zeitliche Verlauf der Koagulation in diesem Gebiet der raschen Koagulation läßt sich, wie dann Smoluchowski lehrte, auf Grund der einfachst möglichen molekular-kinetischen Annahme mathematisch darstellen: es führt nämlich jeder Zusammenstoß zweier oder mehrerer Teilchen, bei dem sie sich bis zu völliger Berührung genähert haben, zu einer Koagulation, also einem endgültigen Zusammentritt.

Es ist kennzeichnend für die überaus gegenständliche Art Zsigmondys, daß auch seine weiteren Forschungen nicht so sehr mit bestimmten theoretischen Begriffen, als vielmehr mit bestimmten kolloidchemischen Gebilden verbunden erscheinen. Den Kieselsäure-Gelen und den Seifen-Lösungen gilt vor allem die Arbeit vieler Jahre. Beim Kieselsäure-Gel wies er zum erstenmal nach, daß die Bütschliche Auffassung der Gele, die ihnen eine gröbere, mikroskopisch auflösbare Struktur zuschreibt, jedenfalls nicht allgemein zutreffen kann. Bei vielen, wenn nicht den meisten, ist die Zerteilung ultra-mikroskopisch, und zwar ist auch bei ihnen wie bei den Solen die Flüssigkeit das Dispersionsmittel. Diese Anschauung ist durch neuere Erfahrungen immer wahrscheinlicher geworden. Er suchte ferner, die Weite der Gel-Poren aus dem Dampfdruck des mit einer Flüssigkeit getränkten Gels zu bestimmen, wobei er von der Annahme ausging, daß die große Erniedrigung des Dampfdruckes, die die Flüssigkeit im Gel erfährt, von der stark konkaven Form der Flüssigkeits-Menisken in den engen Capillaren herrührt. Bei den Seifen-Lösungen war ein besonders bemerkenswertes Ergebnis, daß sich in ihnen sehr häufig langgestreckte, fädchen-artige Teilchen nachweisen lassen, deren Anwesenheit für viele Eigenschaften der Seifen-Lösungen entscheidend ist. Sehr viel Arbeit und Sorgfalt hat Zsigmondy darauf verwandt, das Verfahren der Ultra-filtration auszubauen und zu verbessern. Von ihm erhoffte er für die Zukunft wertvolle Auskünfte über die Größe der Kolloidteilchen in Solen und über ihre Verteilung auf verschiedene Größenklassen. Eine schöne Untersuchung über die Sole der Benzopurpurin-Farbstoffe läßt erkennen, was in dieser Richtung von ihm geplant war.

Zsigmondy hat über seine Forschungen und Anschauungen nicht nur in einer Reihe reizvoll geschriebener Abhandlungen berichtet, er hat sie auch in der glücklichsten Weise in seiner vorzüglichen „Kolloidchemie“ zusammengefaßt, die in 1. Auflage 1912, in 5. in den Jahren 1925/27 erschienen ist. Man spürt in diesem Buche auf jeder Seite etwas von seiner gründlichen und glänzenden Experimentierkunst und seiner innigen Verbundenheit mit den Naturvorgängen.

Wie sein Leben sich weiter gestaltete, ist rasch erzählt. Seine Stellung bei den Schottischen Glaswerken gab er bereits im Jahre 1900 auf und verbrachte die nächsten Jahre in Jena, in einem eigenen Laboratorium ganz seinen wissenschaftlichen Arbeiten lebend. Im Jahre 1903 verheiratete er sich. Die Anerkennung, die seine Forschungen fanden, führte dazu, daß er im Jahre 1907 als a. o. Professor für anorganische Chemie nach Göttingen berufen wurde. Dort wirkte er, von 1919 ab als ordentlicher

Professor, bis zu seinem durch eine schwere Arteriosklerose verursachten Tode am 23. September 1929.

Im Jahre 1926 wurde Zsigmondy durch die Verleihung des Nobel-Preises ausgezeichnet. Er erhielt ihn „für die Darlegung der Heterogenität der kolloiden Lösungen und für die dabei angewandten Methoden, die für die moderne Kolloidchemie grundlegend gewesen sind“. Es war das erste Mal, daß einem bedeutenden Vertreter der Kolloidchemie diese Ehrung zuteil wurde. Durch eine übertriebene allgemeine Wertschätzung ist ja dieses Fach nicht gerade verwöhnt worden. Nur selten liefert hier die Forschung so folgerichtige, scharfkantige Ergebnisse wie in der Physik oder auch in der organischen Chemie, in der sich um die Begriffe „Konstitution und Synthese“ ein reinlicher Kreis von Fragen und Antworten rundet. Die Kolloidchemie verlangt von ihren Anhängern das Aufgehen im Beobachten der unübersehbaren Welt der Phänomene, die Fähigkeit, ihre Fülle zu ordnen und zu meistern, die Gabe, im Allernächsten, fast Alltäglichen das Geheimnisvolle zu sehen und, wenn man so will, die Schwäche, dem Reiz der unmittelbaren sinnlichen Schönheit der Erscheinungen zu unterliegen. Aber die Phantasie der Menschen wird durch etwas ganz anderes am meisten gefesselt: Das räumlich oder zeitlich Ferne oder Unerreichbare zieht sie am stärksten an. Einer hervorragenden Leistung auf dem Gebiete der Astronomie oder der Archäologie wird auch die öffentliche Anerkennung auf dem Fuße folgen.

Seiner Zeit war Richard Zsigmondy der Mann, der die Kolloidchemie zu neuem Leben erweckte, der ihre Grundlagen vertiefte und erweiterte, sie mit den schönsten Beobachtungen und Untersuchungs-Verfahren beschenkte und sie in der glücklichsten Weise mit anderen Gebieten der Wissenschaft und des Lebens, mit der Technik und der Medizin verknüpfte. Er besaß in hohem Maße alle die Eigenschaften, die in diesem Fache den Meister machen. Einer späteren Zeit, der sich rückschauend die Jahre dichter zusammendrängen, wird seine fesselnde und unvergeßliche Persönlichkeit unmittelbar neben Thomas Graham, dem Begründer der Kolloidchemie, stehen.

*H. Freundlich.*