

# Theodore William Richards: Apostel des Atomgewichts und Nobelpreisträger von 1914

Dudley R. Herschbach\*

Atomgewichte · Nobelpreis · Physikalische Chemie ·  
Richards, Theodore William · Wissenschaftsgeschichte

*The atomic weights ... are certainly concerned in determining the composition of every compound substance in the heavens above, on the earth beneath, or in the waters under the earth. Every protein in each muscle of our body, every drop of liquid in the ocean, every stone on the mountain top bears within itself the stamp of the influence of this profoundly significant and impressive series of numbers.*

T. W. Richards<sup>[1]</sup>

## 1. Atomgewicht

Die früheste Tabelle mit relativen Atomgewichten wurde Anfang des 19. Jahrhundert von John Dalton (1776–1844) zusammengestellt. Dalton hatte die Vorstellung, dass Materie aus Atomen aufgebaut ist – unteilbaren, winzigen Bausteinen, die in unendlich großer Zahl vorkommen –, aus der Antike übernommen. Sein Ziel war es, aus den Atomgewichten und Dichtedaten sowohl die relative Masse als auch die Größe von Atomen zu bestimmen.<sup>[2]</sup> Zwei Meilensteine der quantitativen Chemie dafür datieren aus dem Jahrhundert davor: Materie kann in Reaktionen weder verschwinden noch zunehmen, und Elemente in einer chemischen Verbindung liegen in einem definierten Verhältnis zueinander vor. Beide Aussagen werden durch die Atomtheorie perfekt erklärt. Allerdings mussten für die fraglichen Verbindungen korrekte Formeln vorliegen, um die relativen Atomgewichte nur durch chemische Analyse bestimmen zu können. Das führte zu einem halben Jahrhundert an Verwirrung und Kontroversen.<sup>[3]</sup> Ironischerweise lehnten die Chemiker der Zeit den Ansatz ab, den der italienische Physiker Amedeo Avogadro (1776–1856) 1811 vorgeschlagen hatte, oder sie ignorierten ihn schlicht. Avogadro nutzte eine mit der Atomtheorie übereinstimmende Hypothese, nach der unter gleichen Bedingungen gleiche Volumina von jedem Gas die gleiche Zahl an Molekülen enthalten, berechnete so aus experimentellen Daten von Gasreaktionen das Molekulargewicht der Gase und leitete daraus ihre Formeln ab.<sup>[4]</sup> Als nachträgliche Anerkennung seiner Arbeiten stellte ein Karlsruher Kongress im Jahr 1860 ein einheitliches Konzept für Atomgewichte auf,



**Abbildung 1.** Briefmarken mit den großen Forschern des Atomgewichts (Fotos im Internet gefunden): Dalton (oben links), Avogadro (oben rechts), Mendelejew (unten links) und Richards (unten rechts). Witzigerweise ist das Gebäude auf der Marke von 1974, die an den Nobelpreis für Richards 1914 erinnern sollte, die Widener-Bibliothek (1915 eröffnet) und nicht das 1912 für Richards gebaute Gibbs-Labor.

das schlüssig war und gänzlich auf Avogadros Thesen aufbaute. In der Folgezeit haben sich die Atomgewichte nicht nur für die praktische Arbeit als nützlich erwiesen, sie waren auch für Dmitri Mendelejew (1834–1907) und Julius Lothar Meyer (1830–1895) bei der Entwicklung des Periodensystems der Elemente um das Jahr 1869 essenziell.

In das Jahr zuvor fällt die Geburt von Theodore William Richards (1868–1928, Abbildung 1).<sup>[5–9]</sup> Das Periodensystem enthielt damals bereits etwa 60 Elemente, deren Atomgewichte reproduzierbar, aber mäßig genau bestimmt worden waren. Richards (Abbildung 2) selbst sollte es zufallen, etwa 25 der Atomgewichte exakt neu zu bestimmen; die meisten anderen wurden von seinen Schülern nochmals ermittelt. Richards Präzisionstechniken gestatteten es ihm, „einen bis dato beispiellosen Grad an Genauigkeit zu erreichen“, wie in der Ansprache zum Nobelpreis 1914 ausgeführt wurde.<sup>[10]</sup> Unerwähnt blieb in dieser Ansprache die wohl dramatischste Episode von Richards' Karriere. Von 1913 bis 1914 arbeitete Max Lambert (1891–1925) bei ihm. Der deutsche Postdoktorand war eigens gekommen, um herauszufinden, ob sich das Atomgewicht von normalem Blei von dem in radioaktiven Bleimineralien unterschied.<sup>[11]</sup> Tatsächlich betrug der Unter-

[\*] Prof. Dr. D. R. Herschbach  
Department of Chemistry and Chemical Biology, Harvard University  
12 Oxford Street, Cambridge, MA 02138 (USA)  
E-Mail: dherschbach@gmail.com



**Abbildung 2.** Richards in seinem Labor, etwa 1905 (von der Schlesinger-Bibliothek, Radcliffe Institute, Harvard-Universität).

schied etwa eine ganze Masseneinheit. Dieses Ergebnis bestätigte klar die von dem jungen Physiker Frederick Soddy (1877–1956) und dem noch jüngeren Betreuer Lamberts, Kasimir Fajans (1887–1975), zuvor kühn aufgestellte Isotopentheorie.

Nach einer weltkriegsbedingten Einstellung der Nobelpreisverleihungs-Zeremonien reichte Richards schließlich im Dezember 1919 sein Manuskript für den Nobelvortrag ein.<sup>[12]</sup> Am Schluss stellte er das „große theoretische Interesse an der Existenz von Isotopen“ heraus, aus dem „wir neue Ideen zur endgültigen Natur der Elemente schöpfen können ... [und] vielleicht den wichtigsten Schlüssel zu ihrer Herkunft und ihrer Geschichte in der Hand haben“. Zuvor hatte im November 1919 Frances Aston (1877–1945) das Gewicht von Neon-Isotopen durch Massenspektrometrie aufgeklärt, eine Methode, die in ihrer Reichweite und Genauigkeit der chemischen Analyse überlegen ist. In den folgenden Jahren vermaß Aston mehr als 200 Isotope.<sup>[13]</sup> Weil deshalb das Atomgewicht der meisten Elemente nur noch als Durchschnitt des Gewichts der einzelnen Isotope gesehen wurde, verlor es als Fundamentalgröße zunächst an Bedeutung. Ein neuer Aspekt brachte es dann jedoch wieder in den Vordergrund, wie Richards anmerkte. Er hatte bei einer Reihe von Elementen festgestellt, dass das Atomgewicht gleich war, auch wenn die Elemente aus völlig verschiedenen Quellen stammten, z. B. Eisen aus geschürftem Eisenerz und von Meteoriten. Dies sprach dafür, dass die Konstanz des Isotopenverhältnisses, und dies wurde später vielfach bestätigt, ein ganz wichtiger Punkt in der Diskussion um den Ursprung der Elemente ist.

Dieser Essay folgt Richards' Lebensweg von einem frühreifen Jugendlichen bis zum berühmten Chemiker. Die Geschichte ist bemerkenswert, fast idyllisch zu nennen, aber ein paar sehr unglückliche Phasen stechen heraus. Auch diese muss man im Blick haben, um Richards' Bestreben zu verstehen, sämtliche möglichen Fehlerquellen aufzuspüren und zu vermeiden.

## 2. Frühreifer Jugendlicher

Theodore war ein frühreifes Kind, das das große Glück hatte, ungewöhnliche Eltern zu haben, die seinen Charakter formten und den Grundstein für seine Karriere legten.<sup>[7,8]</sup> Am 31. Januar 1868 wurde er als dritter Sohn und fünftes Kind von William Trost Richards und Anna Matlack Richards in Germantown, einem Stadtteil von Philadelphia, geboren. Sein Vater William Richards, eigentlich ein Autodidakt, reüssierte als Meeres- und Landschaftsmaler, und seine Mutter Anna Matlack, die aus einer Quäkerfamilie stammte, der die Hochzeit mit einem Künstler gar nicht gefiel, war Lyrikerin. Weil sie unzufrieden mit der Erziehung ihrer älteren Kinder an den örtlichen Schulen war, entschloss sich Anna, die jüngeren Kinder selbst zu unterrichten. Theodore hat deshalb vor seinem Eintritt ins College nie eine reguläre Schule besucht. Daheim wurde er jedoch umfassend ausgebildet und auch in Zeichnen und Musik geschult. Diese musisch-wissenschaftliche Erziehung intensivierte sich weiter, als die Familie 1878 für zwei Jahre nach Europa übersiedelte und vorwiegend in England lebte. Weihnachten 1880 erhielt Theodore dort eine Truhe mit Chemikalien und Gerätschaften für 200 Experimente. So schnell und nachhaltig gewann er Interesse an der Chemie, dass er gleich nach der Rückkehr der Familie nach Philadelphia an chemischen Vorlesungen an der Universität von Pennsylvania teilnehmen durfte und dort auch gesonderten Unterricht in qualitativer Analyse erhielt. Auf einer Handpresse druckte er eine Sammlung von Sonetten seiner Mutter, und mit dem Verkaufserlös stellte er sich zu Hause ein kleines Labor zusammen. Bereits mit 14 Jahren nahm ihn das Haverford College auf, an dem er gleich ins zweite Studienjahr einstieg und im Jahr 1885 als Jahrgangsbester seinen Bachelor of Science erhielt.

Am Haverford College war auch Theodore Richards' Entschluss gereift, Chemiker zu werden. Seinem zweiten großen Stecknagel, der Astronomie, fühlte er sich wegen seiner schlechten Augen nicht gewachsen. Einige Jahre zuvor hatte die Familie Richards während eines Sommeraufenthalts in Newport, Rhode Island, Josiah Cooke (1827–1894) kennengelernt, der Professor für Chemie in Harvard war. Cooke empfahl Theodore, für das weitere Studium der Chemie an das Harvard-College wechseln. Voraussetzung war jedoch das Bestehen einer Eingangsprüfung in Griechisch. Seine Mutter lernte deshalb in Windeseile Griechisch und brachte es Theodore während der sechs Wochen in den Sommerferien bei. Somit konnte Theodore 1886 ein zweites Bachelor-Zeugnis, mit summa cum laude, für Chemie in Harvard entgegennehmen.

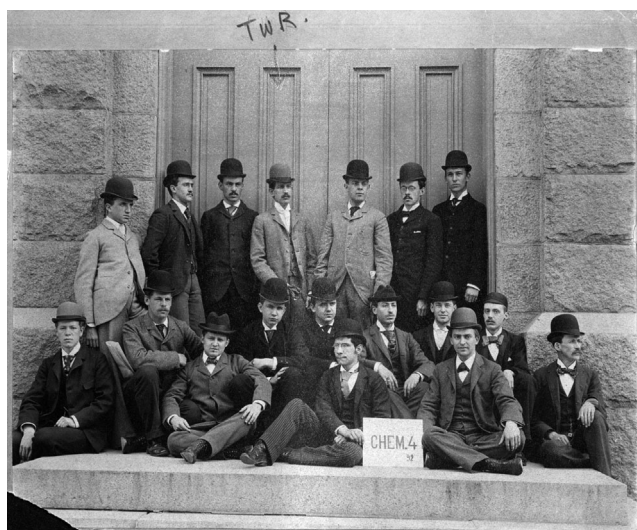
Im Hauptstudium bei Cooke erforschte Theodore dann das Verhältnis der Atomgewichte von Sauerstoff und Wasserstoff, das neu bestimmt werden sollte. Im Jahr 1815 hatte William Prout (1785–1850) die Hypothese aufgestellt, dass das Atomgewicht der Elemente stets ein integrales Vielfaches des Atomgewichts von Wasserstoff sei. Das genannte Verhältnis von 16:1 wollte Cooke nun überprüfen. Für die Experimente musste Wasserstoffgas mit Kupferoxid zu Wasser umgesetzt und dann die Mengen sehr sorgfältig durch quantitative Analyse bestimmt werden. Richards ermittelte ein O/H-Verhältnis von  $15.869 \pm 0.0017$ , was deutlich unter dem



Wert von Prout lag.<sup>[14]</sup> Mit diesem Werk als Doktorarbeit promovierte Richards 1888 im Alter von 20 Jahren.

### 3. Der perfekte Chemiker

Ein Stipendium brachte Richards für ein Jahr nach Europa. Während des Wintersemesters führte er in Göttingen analytische Experimente durch, und im Frühjahr und Sommer zog er umher, um in den wichtigsten Labors von Deutschland, der Schweiz, Frankreich und England zu lernen. Nach seiner Rückkehr nach Harvard erhielt er dort eine Dozentur und später eine Assistenzprofessur für analytische Chemie (Abbildung 3). Dass er sich mit Atomgewichten be-



**Abbildung 3.** Studenten von „Chemistry 4“, dem Kurs für analytische Chemie von Richards (in der Mitte der hinteren Reihe stehend) von 1892 (aus dem Archiv der Harvard-Universität: HUP (21b) in Richards' Akte).

schäftigte, war *nicht so sehr, weil ich mich dafür besonders kompetent hielt ... sondern wegen des den Atomgewichten innewohnenden Urgeheimnisses ... stumme Zeugen über den Anfang des Universums, und wegen der noch halb verborgenen, halb aufgedeckten Symmetrie des Periodensystems der Elemente.*<sup>[7]</sup> Wie er später in seinem Nobelvortrag erläuterte, erreichte er seine extrem genauen Ergebnisse sowohl durch sorgfältige Planung als auch durch äußerst akribische Versuchsdurchführung. Ein wichtiges Kriterium war die Wahl der zu untersuchenden Verbindung oder Reaktion, die er sehr genau auf mögliche Verunreinigungen bzw. Nebenreaktionen überprüfte. Jeden Versuchsschritt sicherte er außerdem durch Parallelversuche und eigens entwickelte Alternativtechniken ab, um unabsichtliche Einschlüsse und Restfeuchtigkeit zu vermeiden.

Als Cooke im Jahr 1895 starb, wurde Richards gebeten, physikalische Chemie zu unterrichten. Eine erneute Abordnung nach Europa zu den großen deutschen Chemikern Wilhelm Ostwald (1853–1932) in Leipzig und Walther Nernst (1864–1941) in Göttingen sollte Richards mit seinem neuen

Gebiet vertraut machen. Nach seiner Rückkehr startete er seine bis zu seinem Tod bestehende, vielbeachtete Vorlesungsreihe *Elementary Theoretical and Physical Chemistry*. Parallel dazu widmete er sich seiner intensiven und vielseitigen Forschung. Ohne das Zentralthema der Atomgewichte zu verlassen, beschäftigte er sich bald auch mit Elektrochemie, Thermodynamik und der Kompressibilität chemischer Verbindungen. Sowohl seine Kollegen als auch wahrscheinlich Richards selbst waren dennoch überrascht, als ihm 1901 von der Universität Göttingen ein Lehrstuhl angetragen wurde (Abbildung 4). Zu dieser Zeit war ein solches Angebot noch sehr ungewöhnlich und eine große Ehre für einen jungen amerikanischen Assistenzprofessor. Dennoch entschied sich Richards für einen Verbleib in Harvard, wo ihn Präsident C. W. Eliot (1834–1926) zum ordentlichen Professor ernannte und außerdem versprach, ihm bei gesicherter Finanzierung ein neues, eigenes Forschungslabor zu errichten. Dieses Versprechen wurde schließlich mit dem Bau des Wolcott Gibbs Memorial Laboratory im Jahr 1912 eingelöst. Unter Richards' unzähligen Ehrungen<sup>[7–9]</sup> befindet sich auch eine 1925 eingerichtete Stiftungsprofessur in Harvard, die seinen Namen trägt.

Richards interessierte außer den Atomgewichten auch eine Vielzahl anderer Eigenschaften. So war er wesentlich an der Entwicklung des adiabatischen Kalorimeters beteiligt. Dieses Gerät zur Wärmemessung verfügt über einen Mantel, dessen Temperatur auf gleicher Höhe wie die Innentemperatur gehalten wird, was den Wärmefluss nach und von außen stark reduziert. Zusammen mit seinen Studenten veröffentlichte er 60 Arbeiten zu Präzisionsmessungen von Reaktionswärmen und der Wärmekapazität vieler Substanzen. Be-



**Abbildung 4.** Richards etwa 1900, 32 Jahre alt (aus den Archiven der Harvard-Universität: HUP (21b) in Richards' Akte).

sonders wichtig waren die Daten zur Neutralisationswärme von starken Säure-Base-Paaren.

Im Bereich der Elektrochemie befasste sich eine weitere wichtige Reihe von Veröffentlichungen mit der Allgemeingültigkeit und Exaktheit der Elektrolysegesetze, die Michael Faraday (1791–1867) aufgestellt hatte. Richards' Arbeitsgruppe entdeckte, dass die abgeschiedene Materialmenge proportional zum elektrischen Strom und zu den Gewichtsäquivalenten des Materials war. Dieser Zusammenhang gilt über einen breiten Temperaturbereich sowie für viele Lösungsmittel und Materialien, einschließlich Salzschnmelzen, mit hoher Genauigkeit. Eine lange Messreihe zur elektromotorischen Kraft von elektrochemischen Zellen brachte nützliche thermodynamische Daten zur Gibbs-Energie. Auch hier entwickelte Richards Techniken, die die Genauigkeit erheblich verbesserten. Als erster von Richards' Doktoranden arbeitete Gilbert Newton Lewis (1875–1946) über elektrochemische Zellen. Lewis war später ein Jahr Postdoktorand bei Ostwald in Leipzig und wurde anschließend Professor in Harvard und am MIT. Im Jahr 1912 ging er nach Berkeley, wo er ein großes Zentrum für physikalische Chemie aufbaute.<sup>[15]</sup>

Etwa 1901 begann sich Richards mit der Theorie von der Kompressibilität von Atomen zu beschäftigen, um mit ihrer Hilfe viele Phänomene zu korrelieren. Um die Kompressibilität von Elementen und ihren Verbindungen im festen oder flüssigen Zustand messen zu können, führte er unzählige Versuche durch und entwickelte die Messapparaturen dafür. Zu seiner Freude stellte er fest, dass sich die Kompressibilität periodisch zum Atomgewicht verhielt und mit dem Atomvolumen korrelierte (Abbildung 5). Allerdings schoss Richards hier übers Ziel hinaus. Seiner Meinung nach brachte diese Theorie „vollkommen neue Einblicke“ in Eigenschaften wie Plastizität, Oberflächenspannung und kritischer Punkt bis zu einigen „eigentümlichen Beziehungen von Material und Licht“ und chemischer Bindung. Er stand aber zu vielen Variablen gegenüber, als dass er seine Theorie in eine mathematische Form hätte gießen können.<sup>[16]</sup>

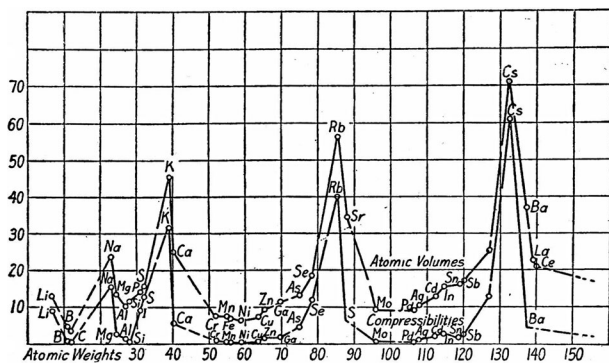
Nach seiner Beförderung zum ordentlichen Professor für physikalische Chemie beendete Richards seine Lehrveranstaltungen zur analytischen Chemie, übernahm aber das volle Lehrprogramm für das Grundstudium. Als Privileg durfte er den von ihm gegründeten eher theoretischen und historischen Teilkurs weiterführen, den zumeist Studenten im Hauptstu-

dium besuchten. Sein Forschungsengagement und die Lehrverpflichtungen empfand Richards nicht als Konflikt. Die Lehre „machte ihm viel Freude, denn er war gut darin“.<sup>[8]</sup> Nach seinem Ruf nach Göttingen wurde er formal von den Verwaltungstätigkeiten in Harvard freigestellt, denen er nur sehr ungern nachgegangen war. Allerdings war er von 1903 bis 1911 Dekan der Abteilung für Chemie und bekleidete dieses Amt mit „großer Gewissenhaftigkeit und einem weit in die Zukunft reichenden Blick“.<sup>[6]</sup> Keinen Gebrauch machte er von der Möglichkeit, ein halbes Sabbatjahr bei vollem Lohn zu nehmen. Während des Semesters war ihm der Kontakt zu seinen Doktoranden wichtig, und fast täglich war er bei ihren Versuchen zugegen.

#### 4. Unterschiedliche Ansichten

Im Folgenden werden Zitate von Richards und seinen Kollegen zur Illustration verwendet, weil sie besser als Neuformulierungen Richards' Leben und Laufbahn lebendig vor Augen führen und auch der Meinung anderer Raum lassen können. Richards' Charakter und Persönlichkeit wurden allgemein sehr bewundert. Nach Richards' eigener Beschreibung war seine Leitlinie „Freundlichkeit und gesunder Menschenverstand“. Kollegen rühmten ihn „vieler liebenswerter Eigenschaften: bescheiden, schlicht, großzügig, uneigennützig, angenehm im Umgang und humorvoll“.<sup>[7]</sup> Ebenfalls hervorgehoben wurden „seine außergewöhnlichen experimentellen Fähigkeiten, sein Scharfsinn, Urteilsvermögen und unübertroffener Anspruch an wissenschaftliche Integrität“.<sup>[1]</sup> Viele Quellen nennen auch als Richards' Credo: *Zuallererst obliegt es mir, die über allem stehende Bedeutung von vollkommener Ehrlichkeit und Wahrhaftigkeit herauszustreichen: Man muss sich von der sehr menschlichen Tendenz freimachen, nur die vorteilhaften Aspekte seiner Arbeit zu sehen ... Jeder einzelne Schritt sollte in Frage gestellt werden ... dann Geduld, Geduld, Geduld! Nur durch Hartnäckigkeit und unermüdliche Arbeit kann sich dauerhafter Erfolg einstellen.*<sup>[1,6,7]</sup>

Richards war auch mit seiner Familie tief verbunden. Im Jahr 1896 heiratete er Miriam Stuart Thayer, Tochter eines Professors an der Harvard Divinity School. Ihre „Wertschätzung für seine Arbeit war außerordentlich hoch“. Die Großzügigkeit seines Vaters ermöglichte es Richards, nicht weit vom Campus des Harvard College ein Haus zu bauen. Das Paar hatte eine Tochter und zwei Söhne: Grace Thayer heiratete später James Bryant Conant (1893–1978), Professor für Chemie und späterer Präsident von Harvard, William Theodore wurde Professor für Chemie in Princeton und Greenough Architekt. Erholung von der kräftezehrenden Wissenschaft brachten die Sommermonate, die für lange Familienferien reserviert blieben und oft auf Mt. Desert Island in Maine verbracht wurden. Obwohl beide Eheleute von heikler Gesundheit waren, genossen sie sportliche Aktivitäten im Freien. Mehrere Jahre verbrachten sie Teile des Sommers auf ihrer Kreuzfahrtjolle. Richards war in jüngeren Jahren ein guter Tennisspieler und wurde später „einer der ersten großen Anhänger des Golfsports in Amerika, [den] er nicht mehr aufgab“.<sup>[6]</sup>



**Abbildung 5.** Auftragung von Atomkompressibilität und -volumina gegen das Atomgewicht (aus Lit. [7]).

Häufig erwähnt wird auch Richards' Aufmerksamkeit gegenüber seinen Forschungsstudenten während der Semester. „Unermüdlich“ habe er sie durch *Ermutigung und Inspiration, entweder durch seinen Enthusiasmus oder durch entscheidende Vorschläge, motiviert ... und auf ein neues Niveau von Sorgfalt und Gründlichkeit gehoben*.<sup>[6]</sup> Richards selbst hatte dazu eine andere Meinung; in einem Brief von 1916 schrieb er: *Nach meiner Erfahrung sind Assistenten, die man nicht sorgfältig beaufsichtigt, schlimmer als gar keine ... Die weniger intelligenten sind nicht in der Lage, einen Vorschlag richtig zu interpretieren, und die intelligenteren versuchen oft eigenmächtig etwas anzufangen, was zu nichts führt, wenn man sie nicht sorgfältig überwacht*.<sup>[16]</sup>

Diese Haltung brachte ihn in Konflikt mit Gilbert Lewis, seinem fähigsten und scharfsichtigsten Doktoranden. Während seines Postdoktorandenaufenthalts in Deutschland schickte Lewis Richards den Entwurf eines Artikels, der das Konzept der Fugazität vorstellte. Richards' Antwort traf Lewis tief. Er wollte, dass Lewis einen von ihm geschriebenen Zusatz anfügte, nach dem er sich eine Idee Richards' aus der Theorie der Kompressibilität zu eigen gemacht habe, die *outward Tendency*. Dies brachte Lewis in eine schwierige Lage, denn er wollte nach Harvard zurückkehren und die Fugazität hatte nichts mit der *outward Tendency* zu tun. In seiner Antwort stellte Lewis deshalb klar, dass die Fugazität seine eigene Idee war, fügte dann aber eine diplomatische Fußnote statt Richards' Vorschlag an. Obwohl Richards diese Version akzeptierte, vergaß Lewis die Episode nicht.<sup>[15]</sup> Während er nur wenig später Richards bei dessen Lehrveranstaltungen zur physikalischen Chemie assistierte, begann er, seine eigenen Ideen zu Atomen und der chemischen Bindung durch Anordnung von Elektronenpaaren zu formulieren. Richards war davon nicht begeistert und tat die Diskussionen ab als „dummes Geschwätz ... eine ziemlich unausgeglichene Methode, bekannte Tatsachen darzustellen“. <sup>[16]</sup> Richards hatte lange gewarnt, dass Daltons Atomtheorie und das darauf aufbauende Konzept der Molekülkinetik nur unbewiesene Hypothesen seien. In den Zehnerjahren des 20. Jahrhunderts war dies auch die Ansicht von Ostwald und Mendelejew<sup>[17]</sup> und vielen anderen Chemikern. Richards, der selbst seine Theorie kompressibler Atome verfolgte, war besonders skeptisch.

Tatsächlich führte ihn seine Beschäftigung mit der Kompressibilitätstheorie im Jahr 1902 sehr nahe an die Entdeckung des dritten Hauptsatzes der Thermodynamik. Er sammelte für eine Reihe von Reaktionen Daten über die Abhängigkeit der Änderung der Gibbs-Energie und der Enthalpie von der Temperatur. Richards fielen deutliche Trends bei sinkender Temperatur auf: So steuerten  $\Delta G$  und  $\Delta H$  aufeinander zu, wobei die Steigung mit gegenteiligem Vorzeichen gegen null ging. Wenige Jahre später verallgemeinerte Nernst mit einer viel größeren Datenmenge bis zu viel tieferen Temperaturen diesen Trend als dritten Hauptsatz der Thermodynamik.<sup>[18]</sup> Die große Bedeutung dieses Hauptsatzes für die Chemie liegt darin, dass man das chemische Gleichgewicht für Reaktionen nur anhand thermischer Eigenschaften der Reaktanten und Produktmoleküle bestimmen kann.

Bei genauerer Analyse von Richards' Veröffentlichungen zur Thermodynamik und zur Atomkompressibilität stellt man

fest, dass sein Hauptproblem ein nicht ausreichender mathematischer Hintergrund war. Offenbar erkannte er nicht, welche Bedeutung seine Rohdaten für den dritten Hauptsatz haben könnten.<sup>[15,16]</sup> Später jedoch meinte er, dass seine Beobachtungen von 1902 „ohne Frage die Basis für Nernsts spätere mathematische Berechnungen seien“. <sup>[8]</sup> Bitterlich beklagte er, dass er nicht die gebührende Anerkennung bekommen habe.<sup>[15]</sup> Obwohl er die Mathematik für ein nützliches Instrument hielt, erachtete er sie als für die Ausbildung von Chemikern unwesentlich.<sup>[19]</sup> Privat mockierte er sich öfter über Wissenschaftler, die seiner Meinung nach unbewiesene Ideen durch Mathematik aufhübschten. Interessant ist dazu ein Brief von 1923 an seinen Freund Svante Arrhenius (1859–1927), in dem er sogar die kurz zuvor an Albert Einstein und Niels Bohr vergebenen Nobelpreise in Frage stellte.<sup>[16]</sup> Zwar wertschätzte er die Forscher als „absolut scharfsinnig“ und findet, „ihre Hypothesen seien überaus genial“, aber dann schreibt er: *Ich kann mir nicht helfen, ich denke trotz alledem, dass es erst noch zu beweisen ist, ob ihre Hypothesen mit der Wirklichkeit übereinstimmen ... Jeder gute Mathematiker kann nach der neuesten mathematischen Mode einen hübschen Kragen stecken, aber das Ergebnis ist unbefriedigend, wenn die Form darunter eine Puppe ist, von Hand ausgestopft, und nicht ein wirkliches Wesen aus Fleisch und Blut*. Dennoch nominierte Richards 1924 Gilbert Lewis für den Nobelpreis, der die Meisterschaft im Rechnen und Aufstellen thermodynamischer Konzepte hatte, die Richards fehlte.

Fast 50 Jahre nach Richards' Tod schloss sein Schwiegersohn J. B. Conant seine Denkschrift<sup>[8]</sup> mit einer treffenden Reflexion: *Seine Gewohnheit, sämtliche möglichen Eventualitäten vorhersehen zu wollen – was der Garant für seinen Erfolg als Wissenschaftler und Forscher war –, belastete sein Leben als Ehemann und Vater zum Teil erheblich. Sich um das kleinste Detail zu bemühen, bedeutete, ein akribischer Chemiker zu sein. Dieses Verhalten aber auf das tägliche Leben zu übertragen, verdammt den Wissenschaftler zu einem Leben in ständiger Sorge. Als er auf die Sechzig zugeht, bemerkten seine nahen Verwandten, dass die Nervenbelastung, der er jahrelang ausgesetzt war, zu groß wurde. Dennoch führte er seine Vorlesungen fort und besuchte bis wenige Tage vor seinem Tod sein Labor wie immer*. Richards starb am 2. April 1928.

## 5. Richards' Vermächtnis

„Das Licht, das früher von Europa nach Amerika leuchtete, strahlt nun im hellsten Glanze wieder zurück“ – das waren im Jahr 1907 die Worte von Carl Grabe, dem Präsidenten der Deutschen Chemischen Gesellschaft, zur bemerkenswerten Qualität und weitreichenden Bedeutung von Richards' Arbeiten.<sup>[7]</sup> Richards in Harvard und Arthur A. Noyes (1866–1936) am MIT gelten heute als die Patriarchen der physikalischen Chemie in den USA.<sup>[20]</sup> Für viele Physikochemiker sind Richards oder Noyes die Urväter ihres Fachs. Dies stellt Richards' unzählige, hart erarbeiteten experimentellen Ergebnisse in den Schatten, obwohl viele seiner thermodynamischen und elektrochemischen Daten immer noch in einschlägigen Tabellen zu finden sind. In Kontrast dazu steht das Enigma seines krampfhaften Festhaltens



an der Theorie von der Atomkompressibilität. Sein eigenes Credo, immer vorsichtig mit Hypothesen zu sein, hat Richards hier klar verletzt, weil er sich nicht von der menschlichen Neigung freimachen konnte, die eigene Theorie zu bevorzugen und andere Erklärungen für die Beobachtungen zu ignorieren. Darum nahm er auch keinen Anteil an den fundamentalen Fortschritten in der Atomtheorie Anfang des 20. Jahrhunderts. Obwohl er in seinen Kursen der Wissenschaftsgeschichte immer großen Raum einräumte, war er nahezu blind gegenüber der dramatischen Entwicklung in der Quantenmechanik. Dieser Aspekt von Richards' Vermächtnis liest sich als Mahnung.

Conant erinnerte sich<sup>[21]</sup> an eine noch 1921 getroffene Aussage Richards', *weit weg von der Überzeugung zu sein, dass ein Element jemals spontan zerfallen kann ... die Beobachtungen könnten auch das Ergebnis von etwas Strahlung sein, die überall durchdringt*. Für Conant war das der „letzte Posten eines Skeptikers auf dem Rückzug“. Können wir uns in diese Situation nicht sogar etwas hineinversetzen? Was Richards einst das „Urgeheimnis“ des Atomgewichts nannte, ist heute „phantastische Realität“.<sup>[22]</sup> Vor einem Jahr wurde mit dem Nobelpreis für Physik eine Theorie geehrt, die erklärt, wie Materie ihre Masse erhält, zumindest die normale, beobachtbare Materie. Dazu titelte eine Presseerklärung: „Endlich da!“, und weiter: „Alles, von Blume bis ... Planet“, (auch das Atom) erhält seine Masse „durch Kontakt mit einem unsichtbaren Feld, das den ganzen Raum ausfüllt“, dem Feld des Higgs-Bosons.<sup>[23]</sup> Bis diese Theorie experimentell bestätigt war, hatte es 40 Jahre und die emsige Arbeit von 10000 Physikern gebraucht.

Seinen Nobelvortrag<sup>[12]</sup> schloss T. W. Richards mit den zukunftsweisenden Worten: *Jede Generation baut auf die Ergebnisse ihrer Vorgängergenerationen auf ... Lassen Sie uns für die Zukunft hoffen, dass immer feinere Forschungsmethoden und ein noch tieferes chemisches Verständnis stetige Verbesserungen möglich machen werden, die der Menschheit ein profunderes und umfassenderes Wissen über die Geheimnisse dieses wundervollen Universums schenken, in dem wir leben*.

Eingegangen am 22. Juli 2014

Online veröffentlicht am 16. Oktober 2014

Übersetzt von Dr. Roswitha Harrer, Otterberg

eigene Darstellung seiner Forschung bis 1914 (in der dritten Person) und seine Veröffentlichungsliste; beide sind in Lit. [8] zu finden. Zur Abklärung von Details wurde auch die umfassende Doktorarbeit von S. J. Kopperl<sup>[9]</sup> zu Rate gezogen, ebenso wie Richards' Aufzeichnungen und Briefe, die sich in den Archiven der Harvard-Universität befinden.

- [1] T. W. Richards, nach G. S. Forbes, *J. Chem. Educ.* **1932**, 9, 452.
- [2] W. H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, Norton, New York, **1992**.
- [3] A. J. Ihde, *Science* **1969**, 164, 647; A. J. Ihde, *Development of Modern Chemistry*, Harper & Row, New York, **1964**.
- [4] Avogadro's Analysen seiner experimentellen Daten von Gasreaktionen hatten zum Ergebnis, dass Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und gasförmige Halogene zweiatomige Moleküle sind sowie dass Wasser H<sub>2</sub>O und Ammoniak NH<sub>3</sub> ist. Von diesen Ergebnissen wusste Dalton zwar, aber er hielt an seiner „rule of greatest simplicity“ fest, wonach Gase atomar aufgebaut, Wasser OH und Ammoniak NH seien.
- [5] Grundlage für diesen Essay waren vor allem die Denkschriften von Richards' Zeitgenossen G. S. Forbes,<sup>[1]</sup> G. P. Baxter,<sup>[6]</sup> H. Hartley<sup>[7]</sup> und J. B. Conant.<sup>[8]</sup> Des Weiteren nutzte ich Richards' eigene Darstellung seiner Forschung bis 1914 (in der dritten Person) und seine Veröffentlichungsliste; beide sind in Lit. [8] zu finden. Zur Abklärung von Details wurde auch die umfassende Doktorarbeit von S. J. Kopperl<sup>[9]</sup> zu Rate gezogen, ebenso wie Richards' Aufzeichnungen und Briefe, die sich in den Archiven der Harvard-Universität befinden.
- [6] G. P. Baxter, *Science* **1928**, 68, 333.
- [7] Theodore William Richards Memorial Lecture: H. Hartley, *J. Chem. Soc.* **1930**, 1937.
- [8] J. B. Conant, *Natl. Acad. Sci.* **1974**, 44, 251. Diese biographische Denkschrift zu Theodore William Richards ist auch unter <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/richards-theodore-w.pdf> nachzulesen.
- [9] S. J. Kopperl, *The Scientific Work of Theodore William Richards*, Dissertation, University of Wisconsin, **1970** (erhältlich von University Microfilms, Inc., Ann Arbor, Michigan); siehe auch S. J. Kopperl, *J. Chem. Educ.* **1983**, 60, 738.
- [10] Die Königlich-Schwedische Akademie der Wissenschaften vergab den Nobelpreis 1914 erst im November 1915; siehe H. G. Söderbaum, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1914/present.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1914/present.html).
- [11] T. W. Richards, M. E. Lemberg, *J. Am. Chem. Soc.* **1914**, 36, 1329.
- [12] T. W. Richards, *Nobel Lecture*, **1919** (siehe [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1914/richards-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1914/richards-lecture.html)). Richards hielt seine Rede nie persönlich in Stockholm; er wollte es zwar 1922 auf einer Reise tun, wurde aber durch eine Krankheit in der Familie daran gehindert.
- [13] F. W. Aston, *Mass Spectra and Isotopes*, Edward Arnold, London, **1942**.
- [14] J. P. Cooke, T. W. Richards, *J. Am. Chem. Soc.* **1888**, 10, 81. Ironischerweise lautete das erste Ergebnis, das Crooke und Richards publizierten,  $15.953 \pm 0.0017$ , und dies hätte die Prout-Vorhersage scheinbar gestützt. Lord Rayleigh wies jedoch auf eine wichtige Korrektur hin, nämlich die Kontraktion der Glocke bei der Evakuierung des Wasserstoffs. Diese frühe Erfahrung war sicherlich der Grund dafür, dass Richards später so überaus aufmerksam allen möglichen Fehlerquellen in seinen Arbeiten nachforschte.
- [15] P. Coffey, *Cathedrals of Science: The Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry*, Oxford University Press, **2008**, S. 48–51, 78–80 und 157–158.
- [16] J. W. Servos, *Physical Chemistry from Ostwald to Pauling*, Princeton University Press, **1990**, S. 81 und 118.
- [17] M. D. Gordin, *Dmitrii Mendeleev and the Shadow of the Periodic Table*, Basic Books, New York, **2004**, S. 24–25.
- [18] D. K. Barkan, *Walther Nernst and the Transition to Modern Physical Science*, Cambridge University Press, **1999**.
- [19] J. Robert Oppenheimer belegte als Student im Grundstudium 1925 Richards' Kurs in physikalischer Chemie. Sein Eindruck war der „einer dürrtigen Provinzveranstaltung ... zögerlich und ängstlich; Richards fürchtete selbst rudimentäre Mathematik“. In Lit. [16] wiedergegeben.
- [20] E. B. Wilson, Jr., *Proc. Welch Foundation* **1977**, 20, 106. Edgar Bright Wilson, Jr. (1908–1992), mein Doktorvater, war einer der führenden Architekten der chemischen Physik und Quantenchemie; dreißig Jahre lang hatte er den T.-W.-Richards-Lehrstuhl in Harvard inne.
- [21] J. B. Conant, *Science* **1970**, 168, 425.
- [22] F. Wilczek, *Fantastic Realities*, World Scientific, Singapur, **2006**, S. 57–80. Trotz der von Conant angemerkten Abneigung schloss Richards später, dass der spontane Zerfall von Radium „ohne Zweifel“ ablaufe und „die Theorie des Atomzerfall gut belegt sei.“ Siehe S. 22 und 25 in T. W. Richards, *Chem. Rev.* **1924**, 1, 1–40.
- [23] L. Randall, *Higgs Discovery: The Power of Empty Space*, HarperCollins, New York, **2013**.