

Marburger und andere chemische Bindungen

Edward Frankland oder Warum ein Kapitel britischer Chemiegeschichte in Marburg spielt

Wenn ein Chemiker in einer Flaschenpost der nachfolgenden Generation nur eine Erkenntnis mitteilen dürfte, würde er wohl die Lehre von den Atomen wählen. Dürfte er noch eine zweite Einsicht aufschreiben, würde er wahrscheinlich von der Wertigkeit dieser Atome berichten, also von der Tatsache, dass bestimmte Elemente nur eine bestimmte Zahl von Bindungen eingehen können. Der Mann, der dies entdeckt hat – und überhaupt den Begriff der „chemischen Bindung“ erst geprägt hat – heißt Edward Frankland. Er hat in Marburg den „Radikalen“ nachgejagt, ist der erste Engländer, der an der Universität promoviert worden ist, und hat hier seine Frau fürs Leben gefunden. Damit ist er zugleich ein Beispiel für die überaus enge Symbiose britischer und deutscher Chemie im 19. Jahrhundert.

Aus einfachen Verhältnissen

An der Wiege hätte wohl niemand dem kleinen Edward prophezeit, dass er der bedeutendste britische Chemiker seiner Generation werden sollte. Er war das uneheliche Kind eines Dienstmädchens, das vom jungen „Herrn des Hauses“ geschwängert worden war – ein im viktorianischen Zeitalter nicht gerade seltenes Schicksal. Damit die Sache nicht ruchbar wurde, wurde die Schwangere mit einer Abfindung ins heimische Lancaster geschickt.

Der Vorname von einem Vater, der sich nicht zu ihm bekennen wollte, als Nachname der Mädchenname seiner Mutter – schon durch seinen Namen wurde Edward Frankland ständig an seine nach viktorianischen Maßstäben skandalöse Herkunft erinnert.

In den acht Schulen, die Edward durchlief, gab es kaum naturwissenschaftliche Anregungen. Aber er konnte sich Bücher leihen, etwa John Priestleys „History of electricity“, und baute sich selbst einen Elektrophor und eine Leidener Flasche. Eine Wasserstoffexplosion zuhause führte dort zu einem strikten Experimentierverbot. Zum Glück gab es da noch die Arztfamilie Johnson, die ein kleines Labor für die Jungs aus der Nachbarschaft eingerichtet hatte. Nach der Schule ging Edward in einer Drogerie von Lancaster in die Lehre und wartete ungeduldig auf den 18. Januar 1846, an dem er mit 21 Jahren volljährig werden würde. Großzügig ließ ihn sein Lehrherr schon drei Monate vorher ziehen.

Für seine Ausbildung zum Chemiker wählte Frankland das Labor des bekannten Dr. Lyon Playfair in London, wo er vor allem analytische Chemie lernte. Er übte sich an der Untersuchung von Bodenproben, Pflanzenasche und organischen Substanzen. Playfairs Labor war stark an Anwendungen orientiert: Für die Navy wurde hier Kohle analysiert, Methoden zur Vermeidung von Rauch und zur Verhinde-

rung von Gasexplosionen in Minen wurden entwickelt. Schon nach einem Jahr war Frankland zum wichtigsten Assistenten aufgestiegen. Ein weiterer Assistent war der Deutsche Hermann Kolbe, der bei Bunsen in Marburg Gasanalyse gelernt hatte. Obwohl Kolbe sechseinhalb Jahre älter war, freunden sich die beiden rasch an.

Entscheidung für Marburg

Den Einfluss der Deutschen auf die britische Chemiegeschichte kann man kaum übertreiben. Auf allen entscheidenden Positionen saßen Schüler des großen Justus Liebig aus Gießen, auch Playfair war einer von ihnen. Der Meister persönlich reiste häufig und gerne nach England. 1845 war die erste Institution gegründet worden, die nur der Chemie gewidmet war – das Royal College of Chemistry. Am liebsten hätte man Liebig zum Direktor berufen, doch der empfahl seinen Schüler August Wilhelm Hofmann.

Frankland hätte es sich leicht machen können, denn schon 1847 wurde ihm eine Professur am Royal Agricultural College in Cirencester angeboten. Doch er glaubte, noch längst nicht ausgelernt zu haben und wollte nach Deutschland gehen. Nichts hätte näher gelegen, als Gießen zu wählen, hätte Kolbe nicht von Marburg geschwärmt: „Tatsächlich war es vor allem dank der anschaulichen Beschreibung der Vorteile, die eine zeitweilige Arbeit mit ihm in Bunsens Labor haben würde, dass ich mich – zur Verwunderung meiner Freunde – entschloss, die Anstellung in Cirencester auszuschlagen. [...] Ich entschied mich, im Mai 1847 mit Kolbe nach Marburg zu gehen.“

Die Freunde fuhren mit dem Dampfer nach Ostende und Rhein und Main hinauf bis Frankfurt. Da es noch keine Eisenbahn gab, musste man dann die Diligence nehmen – nach zwölf ermüdenden Stunden Kutschfahrt kamen sie in Marburg an.

Die Universität dort hätte sich eigentlich mit der weltweit ersten Professur für Chemie brüsten können, die nicht mehr der Alchemie, sondern dem der Heilkunde verpflichteten Teil der Chemie gewidmet war. Johannes Hartmann war

1609 auf sie berufen worden und 1621 als Leibarzt des hessischen Landgrafen nach Kassel gegangen. Danach folgten aber zwei dunkle Jahrhunderte, in denen Chemie im besten Fall eine Hilfswissenschaft für Mediziner war. 1805 wurde mit Ferdinand Wurzer erstmals ein richtiger Chemiker nach Marburg geholt, der allerdings von alchemistischen Überzeugungen noch nicht ganz frei war. Die ersten zwanzig Jahre musste er in der Küche seiner Privatwohnung experimentieren, bevor er ins Deutschordenshaus an der Elisabethkirche übersiedeln konnte. Wurzers Nachfolger wurde 1839 Robert Bunsen.

Die „Jagd nach Radikalen“

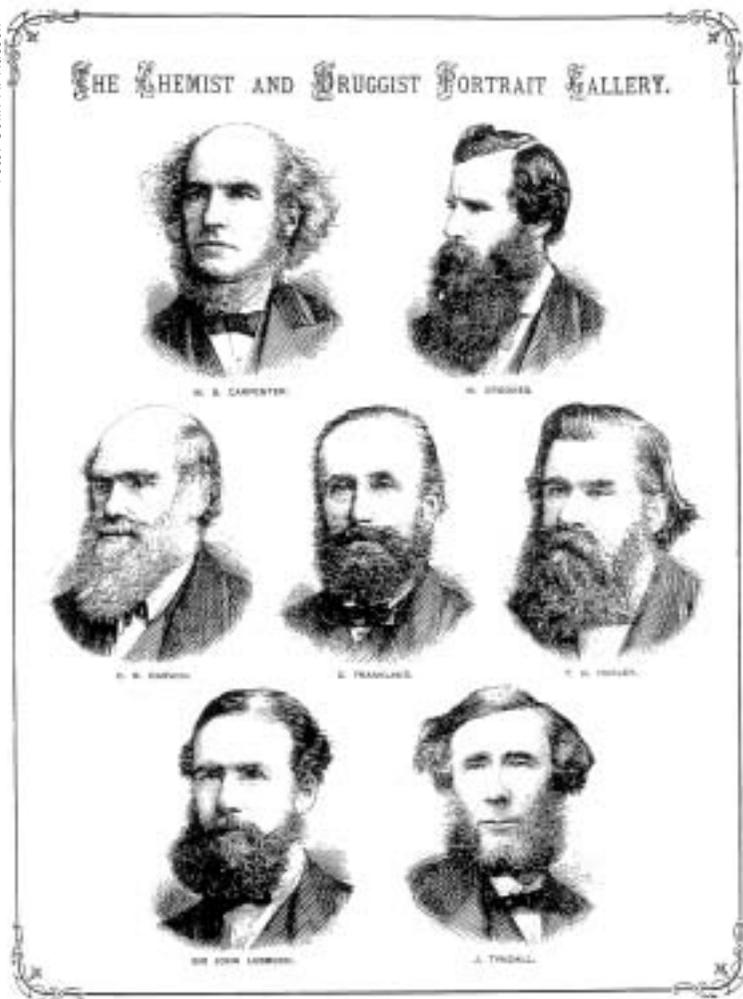
Bunsen wie Kolbe waren große Anhänger der Radikaltheorie. Sie ging zurück auf den schwedischen Chemiker Jöns Jacob Berzelius, der sich Moleküle als aus zwei entgegengesetzt geladenen Teilen aufgebaut vorstellte, die von der elektrischen Anziehung zusammengehalten würden. Diese Theorie galt auch für die Organische Chemie, in der die Moleküle „Radikale“ genannt wurden. Äther galt demnach zum Beispiel als ein Oxid des Radikals „Aethyl“. Bunsen hatte viel mit einer übel riechenden Flüssigkeit namens „Kakodyl“ experimentiert (in moderner Terminologie: Tetramethyldiarsin), aus der er glaubte, das zugrunde liegende Radikal isoliert zu haben.

Kolbe und Frankland wohnten im „Europäischen Hof“ und aßen im Gasthof „Ritter“ zu Mittag. Nach einer Runde Kaffee mit Dominospiel arbeiteten sie noch im Labor bis sechs oder sieben Uhr abends. Da der Engländer anfangs arg mit der Sprache zu kämpfen hatte, machte er geradezu zwangsläufig die Bekanntschaft einer jungen Dame, die Kolbe ihm vorstellte. Sophie Fick konnte Englisch sprechen, für ein Frauenzimmer der damaligen Zeit eine erstaunliche Ausnahme. Ihr Vater war sozusagen der Chef-Ingenieur von Hessen-Kassel, ihr Bruder Ludwig Professor der Anatomie in Marburg, ihr Bruder Heinrich war hier gerade Juraprofessor geworden. Nach drei Monaten reiste Frankland zurück nach England und trennte sich von Sophie „nur als Freunde“.

Foto: Bildarchiv Foto Marburg



1825 – in seinem Geburtsjahr – bezogen die Chemiker das Deutschordenshaus nahe der Elisabethkirche. Hier machte Frankland die Versuche, die zur Entdeckung des „Aethyls“ führten.



Welchen Rang die Zeitgenossen Edward Frankland beimaßen, macht diese Galerie bedeutender Naturwissenschaftler deutlich. Er – und nicht etwa Charles Darwin – steht im Zentrum. Rechts unten ist John Tyndall abgebildet, der Frankland auf seiner zweiten Reise nach Marburg begleitet hat.

In seiner Erinnerung blieb die erste Fahrt nach Marburg „vielleicht die großartigste Reise, die ich je gemacht habe.“ Der Freund Hermann Kolbe blieb in Deutschland.

Entdecker des „Aethyls“

Frankland wurde Lehrer am Queenswood College in Hampshire, einer Reform-Schule, die Quäker im Süden Englands eingerichtet hatten. Die Quäker legten Wert auf eine praktische Ausbildung und schätzten deswegen die Naturwissenschaften. Die ersten Unterrichtserfahrungen endeten allerdings katastrophal, vielleicht auch weil er das Bedürfnis hatte, den Schuljungen gleich die neuesten Entwicklungen der Chemie mitzuteilen. Vor allem aber lernte er an der Schule seinen Kollegen John Tyndall kennen – ebenfalls kein geringer Name in der Wissenschaftsgeschichte. Die beiden standen schon morgens um vier Uhr auf, um sich – bevor die Stunden begannen – gegenseitig in Mathematik und Chemie zu unterrichten.

Daneben fand Frankland Zeit, weiter nach den Radikalen zu forschen, wobei er schließlich Ethyljodid mit Kalium umsetzte, um „Aethyl“ zu erhalten. Er sammelte das entstehende Gas (in Wirklichkeit eine Mischung aus Ethan und Ethen), wie er es in Bunsens Labor gelernt hatte. Bei der folgenden Explosion wurde das wertvolle Eudiometer – Bunsens Erfindung zur Gasanalyse – zerfetzt. In weiteren Experimenten, in denen er Kalium durch das „weniger positive“ Zink ersetzte, konnte er die entstehenden Gase deswegen nur noch in Kolben sammeln. Die Analyse musste warten, bis er wieder in Marburg war.

Im Juni 1848 verbrachte er seine Ferien in Paris, wo er zwischen die Fronten der gerade ausgebrochenen Revolution geriet. Viel aufregender war für ihn aber vermutlich, dass er neun Bände von Berzelius' „Rapport annuel sur la chimie“ auftreiben konnte. Am 18. Oktober reiste er zusammen mit John Tyndall nach Marburg ab. Hermann Kolbe war inzwischen nach Braunschweig gezogen, und Sophie Fick wollte bei ihren Eltern in Kassel.

Frankland sollte der erste Engländer werden, der an der Universität sein Studium abschloss. Das Englandbild der Marburger war bis dahin von dem geistesverwirrten Dr. Magnus bestimmt gewesen, der von einem Pfleger durch die Straßen geführt wurde. Franklands Deutschkenntnisse waren schon so gut, dass er sich am „Faust“ versuchte; ab November 1848 finden sich deutschsprachige Eintragungen im Tagebuch. Frankland und Tyndall genossen das Studentenleben, fuhren Schlittschuh auf der gefrorenen Lahn, hielten sich aber vom Duellen fern. Als die Bürgerschaft sich auf die Nachricht von Barrikaden in Dresden hin bewaffnen wollte, weil sie einen preußischen Angriff auf Marburg befürchtete, lehnten die beiden Engländer höflich ab, sich zu beteiligen.

Bei Bunsen hörte Frankland Vorlesungen über organische Chemie und voltaische Elektrizität, außerdem in Physik und algebraischer Geometrie, Botanik, Mineralogie und kantischer Philosophie. Im Labor versuchte er „Formyl“-Radikale mit Hilfe von Kalium aus Chloroform zu gewinnen, was nur zu zahlreichen, heftigen Explosionen führte. „Was richtige Forschung betrifft, so halte ich die ersten drei Monate meiner Zeit in Marburg für verschwendet“, notierte er. Danach

verlegte er sich auf die Präparation von trockenem Methyljodid und dessen Zersetzung durch Zink. Vor allem aber öffnete er zwei Gefäße von den Gasproben, die er aus Hampshire mitgebracht hatte. Unter Wasser sprudelte es stark aus ihnen. Als das Wasser mit dem Rückstand in den Gefäßen in Berührung kam, kam es zu einer heftigen Reaktion mit einer blau-grünen Flamme. Danach entwickelte sich langsam ein Gas von unerträglichem Gestank, das sich auf einer kalten Oberfläche als schwarzer Fleck niederschlug. Bunsen, der in dem Moment aus dem Hörsaal nebenan hereinkam, befürchtete, dass es sich um Arsen handele, und riss die Fenster auf. Erst als Frankland ihm zeigte, dass der Niederschlag in Salzsäure löslich war, beruhigte er sich wieder. Die flüchtige Zinkverbindung – von Frankland „Zinkmethyl“ genannt (in Wirklichkeit Zinkdimethyl) – stellte sich als bisher unbekannt heraus.

Mit den Resultaten von weniger als einem Jahr Arbeit reichte er die Doktorarbeit ein – für damalige Verhältnisse in Deutschland eine normale Zeitspanne. Die 45 Seiten „Ueber die Isolirung des Aethyls“ wurden mit „cum laude“ bewertet, und eine Disputation in Latein wurde dem Ausländer freundlicherweise erspart. Aufschlussreich ist die No-



Die Familie Fick: Die Dritte von links ist Sophie; hinter ihr steht Ludwig, später Professor der Anatomie in Marburg; rechts ist Heinrich abgebildet, der in Marburg Juraprofessor werden sollte.

Foto: Bildarchiv Foto Marburg



Robert Bunsen (1811-1899) war gegen den Willen der Universität nach Marburg berufen worden. Er machte die Chemie zu einem Aushängeschild. Zeitweise studierte jeder achte bis zehnte Marburger Student bei Bunsen, darunter als Doktorand Edward Frankland.

Foto: Bildarchiv Foto Marburg



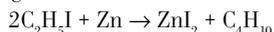
Hermann Kolbe (1818-1884) animierte Frankland dazu, nach Marburg zu kommen. 1851 folgte er Bunsen auf der Chemieprofessur nach.

Foto: Collin A. Russell

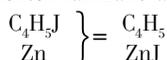


Da sie Englisch sprechen konnte, machte Frankland in Marburg nahezu zwangsläufig die Bekanntheit von Sophie Fick (1821-1874), die er 1851 heiratete.

tation. Eine Reaktion, die wir heutzutage schreiben würden als:



drückte Frankland aus als



Für viele Elemente waren offensichtlich noch nicht die richtigen Atomgewichte bekannt, so wurde etwa HO für Wasser geschrieben. Die Avogadro-Hypothese setzte sich erst in den 1860er-Jahren durch, so dass man sich nicht vorschnell darüber lustig machen sollte.

Am Tag seiner Promotion sah er zum ersten Mal Sophie Fick wieder, mit der er sich bald verlobte. Der Vater, Oberbaurath Fick, war einverstanden, obwohl seine Frau Vorurteile gegen Engländer hatte. Kurze Forschungsaufenthalte in Gießen und Berlin schlossen sich an. Als „Entdecker des Aethyls“ (in moderner Terminologie: n-Butan) wurde Frankland in Fachkreisen schnell bekannt.

Ein Brief aus England kürzte den Deutschland-Aufenthalt drastisch ab. Sein erster Lehrer Lyon Playfair wollte einen seiner Posten am Putney College of Civil Engineering aufgeben und bot ihm Frankland an. Hier winkte ein Gehalt von 100 Pfund jährlich, Frankland selbst schätzte seinen Bedarf auf 300 Pfund, wenn er heiraten wollte.

Metallorganische Chemie

An diesem obskuren Putney College wurde Frankland zum Vater der metallorganischen Chemie. Der Titel gebührt ihm, obwohl die erste organische Verbindung mit einem Metall bereits 1827 isoliert wurde. Aber Frankland erkannte als erster, dass hier eine ganze Klasse von Verbindungen vorlag, die er in großer Zahl und Menge synthetisierte. Frankland war auch schließlich derjenige, der den Begriff „metallorganisch“ (*organometallic*) überhaupt prägte.

Die metallorganischen Verbindungen waren quasi ein Nebenprodukt bei der Suche nach „Radikalen“. Frankland entdeckte dabei weitere Kohlenwasserstoffe, darunter das „Methyl“ (in moderner Terminologie: Ethan). Zeitweise hielt er aber auch die metallorganischen Verbindungen selbst – etwa „Zinkmethyl“ – für die gesuchten „Radikale“. Ein Artikel „Über eine neue Reihe organischer Körper, die Metalle enthalten“, am 10. Mai 1852 der Royal Society mitgeteilt, begründete schließlich das neue Wissenschaftsgebiet.

Die metallorganische Chemie hat auch eine Nachtseite, die sich

bis Frankland zurückverfolgen lässt. Zu den ersten metallorganischen Verbindungen, die er synthetisierte, gehört das Quecksilbermethyljodid, das seitdem zu trauriger Berühmtheit gelangt ist, weil es sich in Seefischen und damit in der Nahrungskette als Umweltgift anreichert.

Von der Wertigkeit der Atome

Der bahnbrechende Artikel blieb ein Jahr lang in der Schublade des Sekretärs der Royal Society liegen, bevor er in den „Philosophical Transactions“ veröffentlicht wurde. Dabei wird in diesem Klassiker der Chemiegeschichte zum ersten Mal das Konzept von der Wertigkeit (*valency*) der Atome beschrieben: „Wenn die Formeln der anorganischen chemischen Verbindungen betrachtet werden, fällt selbst dem oberflächlichen Betrachter die allgemeine Symmetrie in ihrer Konstruktion auf; besonders die Verbindungen von Stickstoff, Phosphor, Antimon und Arsen zeigen die Tendenz ihrer Elemente Verbindungen zu bilden, die drei oder fünf Äquivalente anderer Verbindungen enthalten, und es ist in diesen Verhältnissen, dass ihre Affinitäten am besten gesättigt werden; so haben wir in der ternären Gruppe NO_3 , NH_3 , NI_3 , NS_3 , PO_3 , PH_3 , PCL_3 , SbO_3 , SbCl_3 , AsO_3 , AsH_3 , AsCl_3 usw.; und in der fünfatomigen Gruppe NO_5 , NH_4O , NH_4I , PO_5 , PH_4I usw.“ Ein Atom eines bestimmten Elements kann nur eine bestimmte Zahl von Bindungen eingehen, sollte das heißen, die bis zu ihrer „Sättigungskapazität“ – wieder ein Begriff von Frankland –

abgesättigt werden konnte. Elemente haben nur ein begrenztes Potenzial, Verbindungen einzugehen.

Franklands Vorstellung von einer Wertigkeit der Elemente wurde anfangs nicht anerkannt. Sogar Kolbe erklärte diese Vorstellung in einem Lehrbuch von 1854 für falsch. Ein Grund ist darin zu suchen, dass das Konzept in einem damals ziemlich abgelegenen Gebiet der Chemie entstand, eben der metallorganischen Chemie. Auch benutzte Frankland für viele Elemente noch den halben Wert der tatsächlichen Atomgewichte.

Normalerweise wird in der Chemiegeschichte dem Deutschen Kekulé die Einsicht zugeschrieben, dass das Element Kohlenstoff – Dreh- und Angelpunkt der Organischen Chemie – vierwertig ist. Tatsächlich geht diese Erkenntnis aber auf eine gemeinsame Arbeit von Hermann Kolbe und Edward Frankland zurück. Leider kam es für einige Jahre zum Zerwürfnis zwischen den beiden Freunden, weil Kolbe Frankland nicht als Ko-Autor angegeben hatte. Frankland hatte ihm zuvor auf etwas missverständliche Weise signalisiert, dass er nicht daran interessiert sei, als Autor von Artikeln über theoretische Themen zu erscheinen. Kolbe erkannte jedenfalls Franklands Beitrag an, zum Beispiel in einem Zitat von 1865: „Frankland hatte einen großen Anteil, tatsächlich einen viel größeren als allgemein bekannt ist, in der Formulierung dieser Hypothese.“ Heutzutage ist es nur ein kleiner Schritt von der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs bis zu der Einsicht, dass dieses Element Ketten

Foto: Collin A. Russell



Edward Frankland (1825-1899) hat so zentrale Begriffe wie „chemische Bindung“ und „Wertigkeit“ geprägt. Auf der Suche nach „Radikalen“ wurde er zum Begründer der metallorganischen Chemie.

und Ringe bilden kann. Weil sie Anhänger der Radikaltheorie waren, konnte das jedoch weder von Kolbe, noch von Frankland klar gesehen werden.

Heirat mit Sophie

Das Konzept der Wertigkeit hatte Frankland noch am Putney College entwickelt; 1851 zog er nach Manchester um. Das Owens College war eine Universitätsneugründung, mit dem zum ersten Mal außerhalb der Hauptstadt das Monopol von Oxford und Cambridge gebrochen wurde. Zum ersten Mal entstand hier auch außerhalb dieser drei klassischen Universitätsstädte ein Lehrstuhl für Chemie, auf den im Alter von 26 Jahren Frankland berufen wurde. Er ließ nach Gießener und Marburger Vorbild ein Labor mit 42 Plätzen einrichten. Unter seinen Assistenten finden sich in dieser Zeit die Kolbe-Schüler Wilhelm Gerland und Frederick Guthrie.

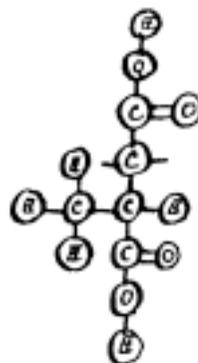
Die Professur brachte ihm 150 Pfund im Jahr ein, die er mit Honoraren als Industrieberater mehr als verdoppeln konnte. Fünf Wochen nach Dienstantritt heiratete er seine geliebte Sophie in London. Die Wahl des Hochzeitsortes, weit weg vom heimischen Lancaster, macht noch einmal das Trauma seiner Kindheit deutlich: In England mussten bei der Heirat die Namen der Eltern angegeben werden, was Frankland gemäß der Schweigevereinbarung mit seinem leiblichen Vater nicht konnte. Er setzte seinen eigenen Namen an dessen Stelle ein – in London war die Gefahr am geringsten, dass dieser mit Gefängnisstrafe bedrohte Schwindel aufflog. Die Ehe war anscheinend – abgesehen von Sophies gebrechlicher Gesundheit – glücklich.

1853 wurde Frankland Fellow der Royal Society. In den folgenden Jahren war Frankland immer mehr als einer Institution zugleich verpflichtet, mit dem Nebeneffekt, dass er ständig um Zeit für Forschung kämpfen musste. Er hielt Vorlesungen an der Royal Institution in London, darunter auch einige der weltberühmten Weihnachtsvorlesungen. 1857 wechselte er endgültig in die Hauptstadt ans St Bartholomew's Hospital mit einem Jahresgehalt von 350 Pfund. Der Preis für den finanziellen Aufstieg war, dass er formal vom Professor zum Dozenten abstieg. Nachfolger in Manchester wurde Henry Enfield Roscoe, ebenfalls ein Bunsen-Schüler. In London konnte er auch mit dem Direktor des Royal College of Chemistry zusammenarbeiten, den er auch vertrat, als Hofmann nach Bonn und später Berlin berufen wurde.

Bindung

Der Ausdruck „chemische Bindung“ (*chemical bond*) wurde von Frankland 1866 geschaffen: „Ich beabsichtige damit konkreter auszudrücken, was von verschiedenen Chemikern verschiedene Namen erhalten hat, wie Atomizität, Atomkraft oder ähnliches. Eine Monade wird dargestellt als ein Element mit einer Bindung, eine Dyade als Element mit zwei Bindungen usw. Es ist kaum nötig zu bemerken, dass ich mit diesem Ausdruck nicht die Idee irgendeiner materiellen Verbindung zwischen den Elementen einer Verbindung vermitteln will, als ob die Bindungen tatsächlich die Elemente einer chemischen Verbindung festhalten würden. Aller Wahrscheinlichkeit nach gleichen sie – was ihre Natur angeht – denjenigen, die die Mitglieder des Sonnensystems verbinden.“

Es scheint nahe zu liegen, eine chemische Bindung – wie wir es heute gewohnt sind – auch grafisch mit einem Strich zwischen den Elementensymbolen darzustellen, und tatsächlich ist diese Darstellung als „Franklands Notation“ bekannt. Doch wie so häufig in der Wissenschaftsgeschichte, wenn etwas nach einer berühmten Persönlichkeit benannt ist, kann man sich ziemlich sicher sein, dass es nicht von ihr stammt. Das erste Beispiel der neuen Notation findet sich jedenfalls in dem unwahrscheinlichen Kontext einer medizinischen Doktorarbeit des Schotten Alexander Crum Brown – übrigens eines Kolbe-Schülers. Frankland hat diese Priorität auch immer anerkannt, aber sein Einfluss war mittlerweile so groß, dass sich die neue Notation zwangsläufig mit seinem Namen verband, weil er sie propagierte. Statt mit der gewohnten geschweiften Klammer schrieb er ebenfalls bald Formeln in der Form:



Hier war endlich das Mittel gegeben, die Komplexität der Organischen Chemie in den zwei Dimensionen eines Blatt Papiers halbwegs in den Griff zu bekommen. Der einzige, der Einwände vorbrachte, war ausgerechnet Hermann Kolbe, der fürchtete, dass die neuartige Notation Studenten in die Irre führen würde.

Man könnte noch viele Seiten von Frankland ausmalen, vor allem seine Bemühungen um eine Reform des Chemieunterrichts an englischen Schulen. Die Radikaltheorie, von der alles ausging, gehört heute zu den Kuriositäten der Wissenschaftsgeschichte, und der Ausdruck „Radikal“ hat für moderne Chemikern eine ganz andere Bedeutung gewonnen. Aber Frankland hat auf der Suche nach „Radikalen“ das Feld der metallorganischen Chemie eröffnet, das heute eine überragende Bedeutung hat, und nebenbei die wichtigsten Kohlenwasserstoffe synthetisiert. Dabei entwickelte er so zentrale Begriffe wie den der „Wertigkeit“ und der „chemischen Bindung“. Frankland starb im selben Jahr wie sein Doktorvater Bunsen am 9. August 1899. utz

Der Artikel beruht zum größten Teil auf Colin A. Russells lesenswerter Biographie „Edward Frankland: Chemistry, Controversy and Conspiracy in Victorian England“.