basler stadtbuch cms
Christoph Merian Stiftung

Johann Jakob Balmer, Wegbereiter der Atomphysik

Autor(en): Gerhard Stohler

Quelle: Basler Stadtbuch

Jahr: 1985

https://www.baslerstadtbuch.ch/.permalink/stadtbuch/2adc2210-b6a8-42dc-911c-92f83f160658

Nutzungsbedingungen
Die Online-Plattform www.baslerstadtbuch.ch ist ein Angebot der Christoph Merian Stiftung. Die auf dieser Plattform veröffentlichten Dokumente stehen für nichtkommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung gratis zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des vorherigen schriftlichen Einverständnisses der Christoph Merian Stiftung.

Haftungsausschluss
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Online-Plattform baslerstadtbuch.ch ist ein Service public der Christoph Merian Stiftung.
http://www.cms-basel.ch
https://www.baslerstadtbuch.ch

Gerhard Stohler

Johann Jakob Balmer, Wegbereiter der Atomphysik

Johann Jakob Balmer (1825–1898).

Vor hundert Jahren erschien – mit dem Eingangsdatum 30. Januar 1885 – in der international beachteten Zeitschrift ‹Annalen der Physik und Chemie› eine nur achtseitige Abhandlung, welche für die Entwicklung der Atomphysik wichtig geworden ist. Ihr Verfasser war der Basler Töchterschullehrer Dr. Johann Jakob Balmer, und ihr schlichter Titel lautete ‹Notiz über die Spectrallinien des Wasserstoffs›. Worum es sich dabei handelt, wird Hauptgegenstand dieses Beitrages sein. Zuerst aber möchte ich den Autor dieser ‹Notiz› vorstellen.

Lebensgang

Johann Jakob Balmer wurde am 1. Mai 1825 in Lausen als ältester Sohn des Oberrichters J.J. Ballmer-Rolle geboren. Seine erste Schulbildung genoss er in Lausen. Dann besuchte er die Bezirksschule Liestal und durchlief das ‹Pädagogium› in Basel bis zu der mit Auszeichnung bestandenen Maturität. (Das ‹Pädagogium› entsprach etwa der Oberstufe des heutigen Humanistischen Gymnasiums.) Schon damals bekundete er eine ausgesprochene Neigung zur Mathematik und schloss sich eng an seinen Mathematiklehrer, Professor Joseph Eckert, an. Seine Studien betrieb er in Basel, in Karlsruhe (Polytechnikum) und in Berlin, wo Schelling (Philosophie) und Diesterweg (Pädagogik) einen nachhaltigen Eindruck auf ihn machten. (Vom 20. Lebensjahr an schrieb er übrigens seinen Namen mit nur einem l.)

Nachdem er in Basel einige Zeit seinen Lehrer Eckert vertreten hatte, bewarb er sich 1850 mit Erfolg um eine frei gewordene Stelle an der Unterstufe der ‹Höhern Töchterschule›, wo er bis 1890 kleine Mädchen in den Fächern Rechnen, Schreiben und Zeichnen unterwies. 1849 hatte Balmer das Doktorexamen bestanden, ohne eine mündliche Prüfung ablegen zu müssen, mit einer Dissertation ‹Über die Cycloiden›. (Cycloiden sind jene ‹brückenbogenartigen› Kurven, die jeder

Randpunkt eines rollenden Rades bezüglich der Schiene beschreibt.)
Balmer habilitierte sich 1865 an der Universität Basel mit seiner schon vorher erschienenen Schrift: ‹Des Propheten Ezechiel Gesicht vom Tempel› – ein wahrhaft seltsamer Titel für eine Habilitationsschrift! Die dem Bibeltext entnommenen Angaben verarbeitete Balmer bis zur perspektivischen Darstellung eines Tempels, welcher in der geschichtlichen Wirklichkeit gar nie gebaut worden ist. Als religiöser, theologisch sehr gebildeter Mensch interpretierte er den Text auch geistlich. – Die vielen Vorlesungen des Privatdozenten Balmer betrafen leider nur geometrische Randgebiete der Mathematik und waren daher schlecht besucht.
In seiner glücklichen Ehe mit der Grenzacher Pfarrerstochter Pauline Christine geb. Rinck wurden Balmer drei Söhne und drei Töchter geboren. Sein Sohn Wilhelm Balmer ist als Kunstmaler bekannt geworden, ebenso sein Enkel Karl Dick. Auch die Basler Mädchengymnasiumslehrerin Martha Balmer war seine Enkelin. Zwei Enkel leben im Ruhestand, der Basler Organist Hans Balmer und Luc Balmer, der langjährige Leiter der Berner Sinfoniekonzerte.
Die Familie Balmer wohnte in einem eigenen Haus, das noch heute an der Alemannengasse steht und im Besitz von Nachkommen ist (Bildhauer Lorenz Balmer und Familie).
Während mancher Amtsdauer war Balmer Mitglied des Grossen Rates; viele Jahre lang gehörte er der Kirchensynode und dem Kirchenvorstand an. Er war auch als Inspektor der Mädchensekundarschule und als Armenpfleger tätig. Balmers Erholung war die Musik: er spielte Geige, oft am Tafelklavier von seinem Sohn Theo begleitet, oder auch im Streichquartett mit befreundeten Kollegen zusammen. Balmer zog sich 1890 aus Gesundheitsgründen vom öffentlichen Dienst zurück. Er starb am 12. März 1898.
Wenn man auf der Universitätsbibliothek das Werkverzeichnis Balmers durchgeht, so ist man von der Vielseitigkeit dieses Mannes überrascht. Aus der Fülle der ihn fesselnden Gegenstände wollen wir hier nur drei Anliegen Balmers behandeln: 1. seinen Kampf um die neue ‹Obere Rheinbrücke›, 2. sein Einstehen für die Erhaltung der Barfüsserkirche, 3. die Entdeckung seiner ‹Spectralformel›.

Die ‹Obere Brücke›

Balmer interessierte sich nicht nur für Wissenschaft und Religion, sondern er setzte sich auch für öffentliche Anliegen der Stadt ein. Wohl deswegen ist er in den Grossen Rat gewählt und ist ihm das Ehrenbürgerrecht der Stadt Basel verliehen worden. Als in den 1870er Jahren das Bedürfnis nach einer zweiten Rheinbrücke aufkam, diskutierte Balmer eifrig mit und machte eigene Vorschläge. Er unterstützte als Standort der Brücke den Harzgraben, d.h. die Verlängerung des St. Alban-Grabens. Er trat für die *schiefe* Lage der Brücke ein, wogegen der berühmte Jakob Burckhardt sich vehement für eine *waagrechte* Brücke einsetzte. Von Balmer erschien in den Basler Nachrichten eine sechsteilige ‹Studie über Basels obere Rheinbrücke›, beginnend am 2. August 1876. Die Gründlichkeit dieser Studie wird aus den Artikelüberschriften ersichtlich: I. Die Lage der Brücke / II. Die Zufahrtsstrassen / III. Die ästhetischen Rücksichten / IV. Die Hauptrichtlinien (Stabilität und Sicherheit) / V. Die perspektivischen Wirkungen / VI. Monumentale und landschaftliche Schönheit. Die Universitätsbibliothek besitzt den schönen lithographierten Brückenplan Balmers im Massstab 1:1000. Aus ihm ersieht man beispielsweise, wie die Bogenlängen gegen das niedrigere Kleinbaslerufer hin

aus ästhetischen Gründen um je 6 Fuss (ca. 1,80 m) abnehmen.
Die Begeisterung Balmers bei der Einweihung der Brücke am 7. Juni 1879 war gross. Er trug ein selbst verfasstes langes Gedicht vor, das als ‹Trinkspruch› im Feuilleton der Basler Nachrichten vom 11. Juni 1879 abgedruckt wurde. Daraus ein paar Zeilen:

«. . . Von Alban's Höhen führet diese Neigung
Zum niedern Ufer der Kleinbasler Auen,
Wie sich der stolze Jüngling liebend neiget
Zur zarten Jungfrau, sie sich zu vertrauen.
So muss es sein: In freundlicher Begegnung
Thut sich die Neigung kund bei Hoch und Niedrig,
Im Komptoir und im Arbeitssaal,
Im Handwerk und im Kunstlokal . . .»

Wenn die alte Wettsteinbrücke (denn um diese handelt es sich natürlich) im 20. Jahrhundert zu schmal geworden ist, so bedenke man, dass es zu Balmers Zeiten weder einen Tram- noch einen Automobilverkehr gab.
In einem Nachruf wird Balmer die Anerkennung für die «von ihm herrührende und vertretene Idee von der Struktur der neuen Brükke» ausgesprochen.

Die Erhaltung der Barfüsserkirche

Noch einmal hat sich Balmer für ein Baslerisches Bauwerk eingesetzt, diesmal für ein altes. 1881 hatte die römisch-katholische Kirche den Regierungsrat von Basel in einer Petition ersucht, ihr «die Barfüsserkirche gegen mässigen Zins zur Benutzung zu überlassen». Die Regierung ging darauf nicht ein, sondern legte den folgenden Ratschlag vor: ‹Ratschlag betr. Verwendung des Barfüsser-Areals für eine neue Töchterschule›. Dieser Ratschlag wurde in der denkwürdigen Grossratssitzung vom 13. März 1882 behandelt.
War die Barfüsserkirche in der Reformationszeit ein eifrig besuchter Versammlungsort der Protestanten gewesen, so hat sie in der Folgezeit diese Eigenschaft eingebüsst. Seit 1794 diente sie zur Lagerung von Kaufmannsgütern, seit 1799 (auf Befehl des helvetischen Finanzministers) als Salzschuppen! 1843–1864 diente sie als ‹Neues Kaufhaus›, nachher als Postlokal. Nun wollte man sie abreissen, um auf dem Areal eine Töchterschule zu bauen; wobei Professor Eduard Hagenbach-Bischoff, Inspektionspräsident der Töchterschule, nur das Kirchenschiff dem Schulhaus opfern wollte, der Chor sollte erhalten bleiben! (Man glaubt nicht richtig zu lesen, muss aber immerhin wissen, dass die Töchterschule damals auf verschiedene Lokalitäten zerstreut war.)
Gegen diese Vorlage erhob sich in Basel energischer Widerstand, und sogar aus Zürich meldeten sich in der «Neuen Zürcher Zeitung» die Stimmen der Professoren Rahn und Vögelin gegen die Zerstörung der Barfüsserkirche. Zu den vehementen Basler Gegnern gehörte auch der Töchterschullehrer und Grossrat Balmer: Die Barfüsserkirche sei ein gewaltiges Denkmal für den einst mächtigen Willen Basels, nach dem Münster eine zweite grosse Kirche zu bauen. Zukünftige würden fragen, wie die Basler es übers Herz hätten bringen können, diese Minoritenkirche mit dem höchsten Chor und den besonders schönen Massverhältnissen zu zerstören.
An der genannten Grossratssitzung fehlten laut Zeitungsbericht «15 Mitglieder entschuldigt, unentschuldigt leider noch mehr»! Der Ratschlag wurde schliesslich mit 53 zu 50 Stimmen knapp abgelehnt!
Das neue Töchterschulhaus konnte übrigens schon 1884 eröffnet werden. Es ist der sogenannte ‹Altbau› des heutigen Komplexes an der Kanonengasse. Er ist soeben auf den Zeitpunkt seines 100jährigen Bestehens renoviert worden (vgl. Basler Stadtbuch 1984,

S. 131 ff.). Die Barfüsserkirche wurde noch im letzten Jahrhundert zum Historischen Museum. Sie ist seit der Renovation 1980 eines der schönsten Baudenkmäler Basels (vgl. Basler Stadtbuch 1981, S. 9 ff.).

Die ‹Spectralformel›

Nun kommen wir zu dem Gebiet, auf dem ungewöhnliche Kreativität den Mathematiker Balmer zu einer physikalischen Entdeckung befähigte, die in die Geschichte der Wissenschaft eingegangen ist. Ich möchte den Leser – falls er nicht vom Fach ist – mit Hilfe von drei geschilderten Experimenten in das Gebiet der Spektraloptik einführen, sonst kann er nicht verstehen, worum es sich bei Balmers Entdekkung handelt.

1. Experiment: Wir nehmen eine gewöhnliche Glasscheibe. Wir halten diese Scheibe im verdunkelten Raum vor einen vertikal verlaufenden, glühenden Draht. Wir sehen durch die Scheibe hindurch den Draht als vertikale, leuchtende Linie. – Soweit ist das noch nichts Besonderes.

2. Experiment: Jetzt verwenden wir anstelle der Glasscheibe ein Glasprisma. Das ist ein keilförmiger Glaskörper. (Je stumpfer der Keil ist, desto besser.) Halten wir die Keilkante vertikal, und schauen wir den Glühdraht wieder durch das Glas hindurch an, so sehen wir nicht mehr eine, sondern viele, farbige Linien nebeneinander, von Rot über Gelb, Grün, Blau bis Violett. Diese Linien reihen sich zu einem dichten Farbenband aneinander, das man als Spektrum bezeichnet. Seine Farben – wir kennen sie vom Regenbogen – nennt man die Spektralfarben.

3. Experiment: Der Glühdraht wird nun durch ein vertikales dünnes Glasrohr ersetzt, das mit lila leuchtendem Wasserstoffgas gefüllt ist. Diesmal sehen wir kein Farbenband mehr, sondern bloss 4 getrennte farbige Linien, eine rote, eine grün-blaue, eine blauviolette und eine violette. Befund: Das Licht des zum Leuchten angeregten Wasserstoffgases besitzt nur 4 sichtbare Spektralfarben, kein zusammenhängendes Band. Man spricht von einem ‹Linienspektrum›. Es besteht aus vereinzelten ‹Spektrallinien›. – Soweit der experimentelle Befund.

Der Physiker erkennt Licht als elektromagnetische Welle und kann jeder Spektralfarbe eine Wellenlänge zuordnen. Solche Wellenlängen konnten schon zu Balmers Zeiten sehr genau bestimmt werden. Es sind ungeheuer kleine Längen, Bruchteile von Tausendstel-mm. Man gab sie damals in Zehnmillionstel-mm an, in sogenannten Angström-Einheiten.

Sicher hat Balmer das vorhin beschriebene Wasserstoff-Linienspektrum gesehen. Durch den damaligen Physikprofessor, den schon erwähnten Professor Eduard Hagenbach-Bischoff, mit dem Balmer oft wissenschaftliche Fragen besprach, erfuhr er auch von den Messungen der Lichtwellenlängen, die der Schwede Angström ausgeführt hatte. Die Zahlen für das Wasserstoffspektrum lauteten wie folgt:

Spektrallinie	Wellenlänge in Zehnmillionenstel-mm
rot	6562,10
grün-blau	4860,74
blau-violett	4340,10
violett	4101,20

Doch lassen wir nun Balmer selber zu Worte kommen mit seiner allerersten ‹Notiz über die Spectrallinien des Wasserstoffs›, die in den ‹Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel›, Band 7, abgedruckt ist. Den entsprechenden Vortrag hat Balmer schon am *25. Juni 1884* vor der Naturforschenden Gesellschaft gehalten.

«Der Wasserstoff... scheint mehr als irgend ein anderer Körper dazu berufen, der Forschung über das Wesen der Materie und über ihre Eigenschaften neue Bahnen zu eröffnen. Und da sind es besonders die numerischen Verhältnisse der Wellenlängen der vier ersten Wasserstoff-Spectrallinien, welche die Aufmerksamkeit reizen und fesseln. Die Verhältnisse dieser Wellenlängen lassen sich nämlich überraschend genau durch kleine Zahlen ausdrücken. So verhält sich die Wellenlänge der roten zu derjenigen der violetten Wasserstofflinie wie 8 zu 5; die der roten zu jener der blauen wie 27 zu 20 . . .»

«Dieser Umstand musste notwendig an analoge Verhältnisse in der Akustik erinnern, und man glaubte die Schwingungen der einzelnen Spectrallinien gleichsam als Obertöne eines demselben eigentümlichen Grundtons auffassen zu dürfen. Doch alle Versuche, einen solchen Grundton z.B. für den Wasserstoff aufzufinden, haben sich nicht als befriedigend erwiesen . . .»

«Dennoch lag der Gedanke nahe, es müsste eine einfache Formel geben, mit Hülfe deren die Wellenlängen der vier ausgezeichneten Wasserstofflinien sich darstellen liessen . . .»

«Die sehr genauen Messungen Angströms der vier Wasserstofflinien ermöglichten es, für deren Wellenlängen einen gemeinschaftlichen Faktor aufzusuchen, der zu den Wellenlängen in möglichst einfachen Zahlenverhältnissen stund. So gelangte ich denn allmählich zu einer Formel, welche wenigstens für diese vier Linien als Ausdruck eines Gesetzes gelten kann, durch welches deren Wellenlängen mit einer überraschenden Genauigkeit dargestellt werden. Der gemeinschaftliche Faktor für diese Formel ist 3645,6 . . .»

«Die Wellenlängen der vier Wasserstofflinien ergeben sich nun dadurch, dass die Grundzahl 3645,6 der Reihe nach mit den Koeffizienten

$$\frac{9}{5} ; \frac{4}{3} ; \frac{25}{21} ; \frac{9}{8}$$

multipliziert wird. Scheinbar bilden diese vier Koeffizienten keine gesetzmässige Reihe; sobald man aber den zweiten und vierten mit 4 erweitert, stellt sich die Gesetzmässigkeit her:

$$\frac{9}{5} ; \frac{16}{12} ; \frac{25}{21} ; \frac{36}{32}$$

Die Koeffizienten erhalten zum Zähler die Quadrate der Zahlen 3, 4, 5, 6, und zum Nenner eine je um 4 kleinere Zahl.»

«Führt man mit diesen Koeffizienten und der Grundzahl 3645,6 die Berechnung der Wellenlängen aus, so erhält man folgende Zahlen in Zehnmillionstel-mm für dieselben:

6562,08 statt 6562,10 Differenz +0,02
4860,80 statt 4860,74 Differenz –0,06
4340,00 statt 4340,10 Differenz +0,10
4101,30 statt 4101,20 Differenz –0,10

«Die Abweichung der Formel von der Angströmschen Beobachtung beträgt also im ungünstigsten Fall noch nicht 1 Vierzigtausendstel (!) der Wellenlänge, eine Abweichung, welche ganz wohl noch innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler liegen dürfte und eher ein glänzendes Zeugnis für die grosse Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt ist, mit welcher Angström bei seinen Operationen zu Werk gegangen ist.»

Wir erhalten diese vier Zahlen also nach der *‹Balmerschen Spectralformel›*

$$\text{Wellenlänge} = 3645{,}6 \cdot \frac{m^2}{m^2 - 4} \quad ,$$

indem wir für m der Reihe nach die Zahlen 3, 4, 5, 6 einsetzen. Mit Hilfe seiner Spektralformel konnte Balmer noch weitere Spektrallinien vermuten, indem er für m grössere Zahlen als 6 einsetzte. Und in der Tat sind die ent-

sprechenden Spektrallinien durch Photographieren im unsichtbaren Ultraviolettbereich gefunden worden!
Die oben in Wellenlängen angegebene Reihe der vier sichtbaren Spektrallinien des Wasserstoffs trägt international die Bezeichnung *‹Balmer-Serie›* des Wasserstoffs, und der Entdecker ihres Gesetzes wird in jedem bessern Schulphysikbuch genannt.
Schon in seiner ersten ‹Notiz› hat Balmer eine noch allgemeinere Formel für das Wasserstoffspektrum als gültig erkannt:

$$\text{Wellenlänge} = 3645{,}6 \cdot \frac{m^2}{m^2 - n^2} \quad ,$$

wo für m und für n ganze Zahlen einzusetzen sind. Die entsprechenden Serien von Spektrallinien wurden durch Photographieren im Infrarot- und im Ultraviolettbereich gefunden, oder sie waren schon bekannt.
Endlich ist die Formel von den Physikern so verallgemeinert worden, dass sie auch auf Spektren anderer leuchtende Gase angewendet werden konnte. Daran hat auch Balmer bis an sein Lebensende mitgearbeitet, wie eine Publikation von ihm aus dem Jahre 1896 zeigt.
Wie Balmer die ‹Grundzahl des Wasserstoffs› gefunden hat, verrät er uns nirgends genau. Wie wir aber gesehen haben, ist er nicht ‹zufällig› darauf gestossen, sondern nur die Gewissheit von der Existenz einer solchen Grundzahl und der zugehörigen Gesetzmässigkeit verlieh ihm die nötige Beharrlichkeit im Suchen und Finden.
Balmer entwickelte auch Vorstellungen vom Aufbau der Materie. Sie konnten aber nicht wegweisend sein, weil darin die Elekrizität fehlte. Es mussten noch über 20 Jahre vergehen, bis die Vorstellungen über den Aufbau der Atome soweit gediehen waren, dass der dänische Physiker Niels Bohr die Spektrallinien atomphysikalisch deuten konnte. Diese (zwar veraltete, aber recht anschauliche) Deutung lautete etwa so: Das Wasserstoffatom besteht aus einem positiven Atomkern und einem negativen, um den Kern herumkreisenden Elektron. Für das kreisende Elektron kommen aber nicht beliebige Bahnen in Frage, sondern nur solche mit bestimmten Radien. Durch Energiezufuhr kann das Elektron zum Übergang von einer innern auf eine weiter aussen liegende Bahn veranlasst werden. Fällt es zurück, so gibt es die aufgenommene Energie in Form von Lichtstrahlung wieder ab. Jede Spektrallinie entspricht den Elektronenübergängen zwischen zwei bestimmten möglichen Bahnen.
Die Spektrallinien geben daher Aufschluss über den Atombau. Daraus erhellt die Bedeutung, welche die Balmersche Formel für die Entwicklung der Atomphysik besass. Man kann also Johann Jakob Balmer zu Recht als ‹Wegbereiter der Atomphysik› bezeichnen.
Die Entdeckung seiner ‹Spectralformel› muss für den tief religiösen Menschen Balmer ein ungeheures Erlebnis gewesen sein, gleichsam ein Geschenk aus der Höhe, das ihn in seinen Auffassungen über Religion und Wissenschaft bestärkt hat. Das kommt in seinen ‹Gedanken über Stoff, Geist und Gott, Aphorismen› zum Ausdruck, die er 1891 veröffentlicht hat.
Wahrscheinlich sind die drei ‹Anliegen Balmers›, die wir hier betrachtet haben, gar nicht so zusammenhangslos, wie es auf den ersten Blick scheint. In allen drei Fällen geht es um Zahlenverhältnisse. Zum ersten sollte mit ihrer Hilfe eine schöne Brücke gebaut werden. Zum zweiten sollte eine Kirche um ihrer guten Massverhältnisse willen erhalten bleiben. Und zum dritten ist an den Spektrallinien des Wasserstoffs das erste atomare Zahlengesetz entdeckt worden. All das entsprang der selten starken, harmonikalen Begabung, die Johann Jakob Balmer eigen war.