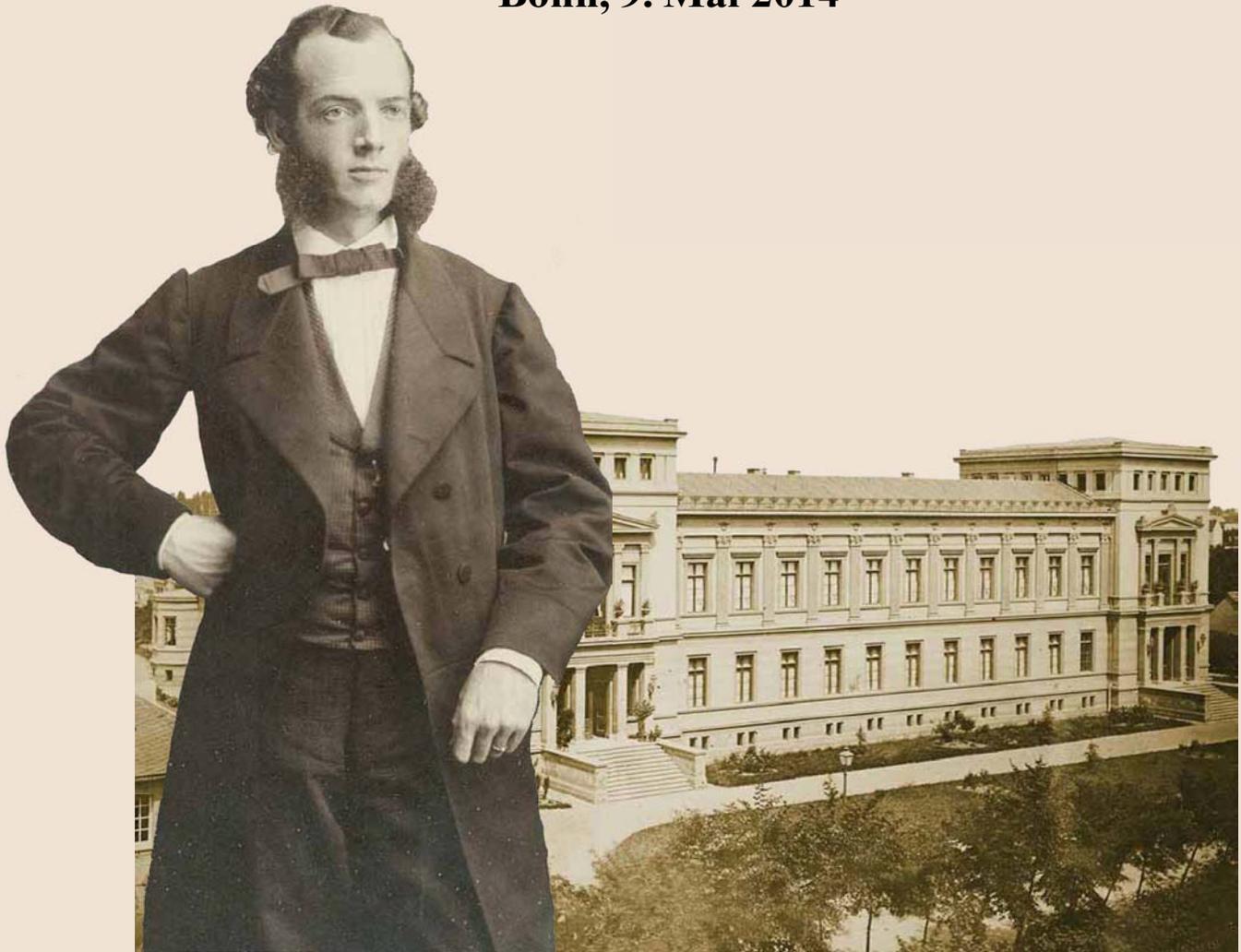


HISTORISCHE STÄTTEN DER CHEMIE

Friedrich August Kekulé und das „Alte Chemische Institut“ in Bonn

Bonn, 9. Mai 2014



Mit dem Programm „Historische Stätten der Chemie“ würdigt die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) Leistungen von geschichtlichem Rang in der Chemie. Als Orte der Erinnerung werden Wirkungsstätten beteiligter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einem feierlichen Akt ausgezeichnet. Eine Broschüre bringt einer breiten Öffentlichkeit deren wissenschaftliches Werk näher und stellt die Tragweite ihrer Arbeiten im aktuellen Kontext dar. Ziel dieses Programms ist es, die Erinnerung an das kulturelle Erbe der Chemie wach zu halten und die Chemie mit ihren historischen Wurzeln stärker in das Blickfeld der Öffentlichkeit zu rücken.

Am 9. Mai 2014 gedenken die GDCh und die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn des Wirkens von Friedrich August Kekulé von Stradonitz im Alten Chemischen Institut. Mit seiner Berufung an das zur damaligen Zeit größte Institut der Welt formte er einen Anziehungspunkt für viele international namhafte Wissenschaftler. Hier verifizierte er seine Benzoltheorie durch die Synthese weiterer Benzolderivate, ergänzte darauf aufbauend die Oszillationshypothese und entdeckte die Azokupplung. August Kekulé's Erkenntnisse revolutionierten nicht nur die Organische Chemie, sondern legten auch den Grundstein für die Entwicklung der Farbstoffindustrie.



Zeittafel

- | | | | |
|------|--|------|--|
| 1829 | Friedrich August Kekulé wird am 7. September in Darmstadt in eine wohlhabende Familie geboren. | 1867 | Er wird Professor an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn und verfügt über das damals größte Chemische Institut der Welt. |
| 1847 | Er studiert auf Wunsch seines Vaters in Gießen Architektur. | 1872 | Formulierung der Oszillationshypothese vom stetigen Ortswechsel der Einfach- und Doppelbindungen im Benzol. |
| 1849 | Kekulé wechselt in Gießen zum Studium der Chemie. | 1876 | Kekulé heiratet Louise Högel in zweiter Ehe. |
| 1851 | In Paris lernt er Charles Frédéric Gerhardt kennen. | 1877 | Die Bonner Universität wählt ihn zum Rektor. Seine Antrittsrede trägt den Titel „Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie“. |
| 1852 | Promotion bei Justus von Liebig, er wird Assistent bei Adolph von Planta in Chur, Schweiz. | 1890 | Das Benzolfest anlässlich des 25-jährigen Jubiläums der Benzoltheorie findet in Berlin statt. Er hält seine berühmte Rede von der geträumten „Benzolschlange“. |
| 1854 | Für zwei Jahre geht Kekulé nach London und arbeitet mit Alexander W. Williamson und William Odling. | 1896 | Friedrich August Kekulé stirbt am 13. Juli an den Folgen eines Bronchialleidens. |
| 1856 | Kekulé habilitiert in Heidelberg bei Robert Wilhelm Bunsen und wird Privatdozent. Er postuliert die Vierwertigkeit des Kohlenstoffs. | | |
| 1858 | Kekulé wird in Belgien Professor für Chemie an der Universität Gent. | | |
| 1859 | Der erste Band „Lehrbuch der organischen Chemie“ erscheint. Bis 1887 folgen drei weitere Bände. | | |
| 1862 | Kekulé heiratet Stephanie Drory. | | |
| 1863 | Seine Frau stirbt nach der Geburt des Sohnes Stephan. | | |
| 1865 | Kekulé weist dem Benzol eine Ringstruktur zu. Seine umstrittene Theorie wird zunehmend anerkannt. | | |

„Meine Herren Fachgenossen! Wir alle stehen auf den Schultern unserer Vorgänger; ist es da auffallend, dass wir eine weitere Aussicht haben als sie?“

Kekulé 1890



Kurfürstliches Schloß, Hauptgebäude der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Die Anfänge der Bonner Chemie: vom „Lokal“ zum „Chemischen Institut“

Der ersten Bonner Universitätsgründung von 1786 setzte der Einmarsch der französischen Revolutionstruppen 1794 ein vorläufiges und 1798 ein endgültiges Ende. Der praktizierende Arzt Dr. med. Ferdinand Wurzer wurde in dieser Zeit zum ersten Vertreter des Faches Chemie, wenn auch eher als Nebenbeschäftigung.

Nach der Übernahme Bonns durch die Preußen 1815 begann die Gründung einer neuen, in fünf Fakultäten gegliederten „preußischen Rheinuniversität“, die am 18. Oktober 1818 durch die Unterschrift des preußischen Königs besiegelt wurde. Die Naturwissenschaften und damit auch die Chemie gehörten zur philosophischen Fakultät. Einige Räume im Poppelsdorfer Schloss bildeten die Örtlichkeiten für dieses Fach. Ihr neuer Leiter,

Carl Wilhelm Gottlob Kastner, vertrat neben der Chemie auch die Fächer Pharmazie und Physik. Zu seinen Schülern gehörte Justus von Liebig, der ihm 1821 nach Erlangen folgte.

Der Nachfolger Kastners war Carl-Gustav Bischof, berufen als Professor der Technologie, der auch mit der Professur für Chemie betraut wurde. Er hatte einige zusätzliche Räume im Schloss erhalten und befasste sich mit geologischen Arbeiten wie der Erbohrung von neuen Mineralquellen oder am Laacher See mit der „Kohlensäureexhalation“, was zur Entstehung einer Bleiweißfabrik führte. Er gab Vorlesungen zur „Allgemeinen Chemie“ und ein primitiver Raum für vier Personen diente als Labor.



Poppelsdorfer Schloss, der weiße Kreis zeigt den Ort der ersten Bonner Chemie

Zu dieser Zeit hatten die Naturwissenschaften und damit auch die Chemie um Anerkennung durch die dominierenden Geisteswissenschaften zu kämpfen. Eine Grundausbildung in Chemie war an den Höheren Schulen im Lehrplan nicht vorgesehen. Daher wandten sich nur wenige Studenten dem Fach Chemie zu, das insgesamt nicht das Niveau der französischen und englischen Universitäten erreichte.

Dieser Umstand veranlasste Justus von Liebig 1840 zur Verfassung einer aufrüttelnden Denkschrift „Der Zustand der Chemie in Preußen“ in den „Annalen der Chemie und Pharmacie“. Diese Denkschrift brachte mit drastischen Worten die Gründe für den miserablen Zustand der Chemie im damaligen Königreich zur Sprache: *„In Preußen existiren keine chemischen Laboratorien [...], die Jugend [...] hat keine Gelegenheit, sich in Chemie zu unterrichten [...]“* und *„Die Lebenskraft der Naturphilosophie ist der horror vacui, der Spiritus rector der Unwissenheit“*, so Justus von Liebig in seiner Philippika: *„[...] in Berlin [...] Breslau [...] Königsberg existirt kein chemisches Laboratorium in Greifswalde auch nicht, in Bonn [existirt] ein vortreffliches Lokal, was zu anderen Zwecken vielleicht, aber nicht für ein Laboratorium passend ist [...] in einem Lande (Preußen), was 6 Universitäten hat, ist kein chemisches Laboratorium [...]“*.

In Preußen wurde der Handlungsbedarf erkannt und Carl-Gustav Bischof 1844 aufgefordert, einen Kostenvoranschlag für die Einrichtung eines Laboratoriums einzureichen. Dessen Interesse an Veränderungen schien eher gering zu sein, da keine Antwort erfolgte. Er fand aber Zeit, sich neben seinen chemisch-geologischen Untersuchungen um die Popularisierung der Wissenschaft verdient zu machen. Im Jahr 1843 publizierte er den Text seiner öffentlichen

Vorlesungen und erweiterte mit dem zweibändigen Werk: „Populäre Briefe an eine gebildete Dame über die gesamten Gebiete der Naturwissenschaften“ 1848 und 1849 seine Leserschaft.

Der Schweizer Chemiker Hans Heinrich Landolt kam 1857 als außerordentlicher Professor von Breslau nach Bonn. Pläne, den Zustand der räumlichen Enge zu beenden, traten erst im neuen Jahrzehnt ein. Das Preußische Kulturministerium wollte 1863 in Bonn ein neues chemisches Institut bauen lassen, nach den Plänen des neuen Direktors August Wilhelm von Hofmann.

Hofmann war Schüler Liebigs gewesen. Nach seiner Habilitation arbeitete er, seit April 1845, in Bonn als Privatdozent. Zur gleichen Zeit wurde in England, zur Verbesserung der chemischen Ausbildung, die Gründung einer privaten chemischen Forschungs- und Unterrichtsanstalt nach Gießener Muster diskutiert, die von einem Schüler Liebigs geleitet werden sollte. Im August 1845 besuchten Queen Victoria und ihr Prinzgemahl Albert Bonn zur Einweihung des Beethoven-Denkmal. Albert nutzte die Gelegenheit, seine alte Studentenwohnung zu besuchen und traf so auf Hofmann, der in dem Haus sein Labor eingerichtet hatte. Die Begegnung überzeugte wohl beide, und der gesuchte Liebigschüler war gefunden. Kurze Zeit später erhielt er einen Ruf nach London an das neue Royal College of Chemistry, an dem er 20 Jahre erfolgreich lehrte und forschte.

Mit diesen Erfahrungen sollte Hofmann, zurückgekehrt, nun in Bonn für den damals enorm hohen Betrag von etwa 430.000 Goldmark ein wegweisendes neues chemisches Institut bauen. Hofmann spricht in diesem Zusammenhang von „The dignity of a great public building dedicated to science“.



Justus von Liebigs Laboratorium in Gießen, Zeichnung von Trautschold, 1842

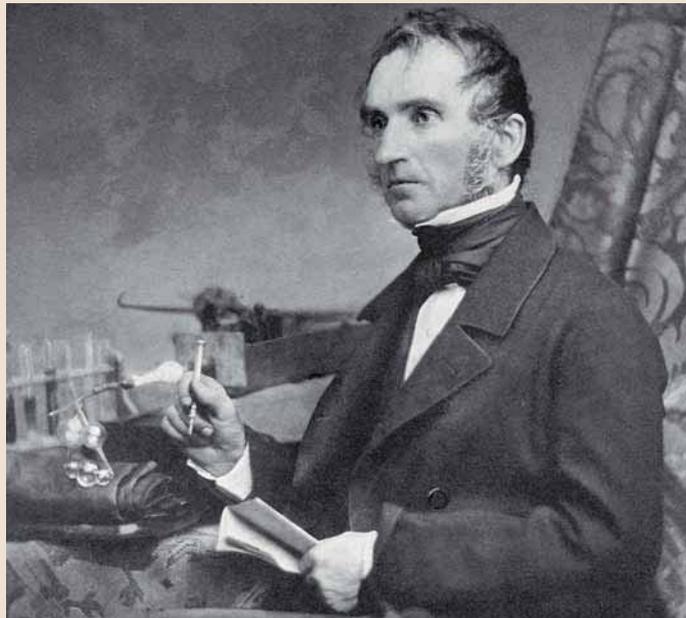
August Kekulé's Weg zum Bonner „Chemischen Institut“

Friedrich August Kekulé wurde am 7. September 1829 in Darmstadt geboren und wuchs in einer angesehenen und wohlhabenden Familie auf. In der Schule war sein Faible für Sprachen bemerkenswert, neben dem Französischen nahm er die damals nicht obligatorischen Angebote des Englisch- und Italienischunterrichts wahr. Seine Sprachbegabung sollte sich als ein nicht unwesentlicher Erfolgsfaktor in seinem späteren Berufsleben erweisen.

Im Wintersemester 1847/48 nahm er in Gießen das Studium der Architektur auf. Sein kurz vorher verstorbener Vater, mit berühmten Architekten eng befreundet, hatte sich dies gewünscht. Schon im folgenden Sommersemester sah er sich auch in anderen Disziplinen um und hörte die Vorlesung „Experimentalchemie“ bei Justus von Liebig. Ein Jahr brauchte er dann, seine Familie von seinem neuen Studienwunsch zu überzeugen, um dann 1849 das Fach zu wechseln. Im Wintersemester 1850/51 fand er Aufnahme in Liebig's Privatlaboratorium. Doch der hatte seinen Schwerpunkt mittlerweile von der reinen organischen Chemie zu pflanzen- und tierphysiologischen Arbeiten verlagert. Einem etwas enttäuschten Kekulé riet Liebig: „Gehen Sie nach Paris, da erweitern Sie Ihren Gesichtskreis, da lernen Sie eine neue Sprache, da lernen Sie das Leben einer Großstadt kennen.“

Im Mai 1851 machte sich Kekulé auf den Weg nach Paris. Im Gepäck hatte er das Empfehlungsschreiben Liebig's und das Buch „Introduction à l'étude de la chimie par le système unitaire“ des französischen Chemikers Charles Frédéric Gerhardt. Dieser hatte ebenfalls bei Liebig studiert und gehörte mittlerweile zur Avantgarde unter den Chemikern Frankreichs. Er las zu dieser Zeit als Privatdozent in Paris über die Philosophie der Chemie. Die von Gerhardt formulierte Typentheorie war ein wesentlicher Zwischenschritt bei der Suche nach dem korrekten Aufbau der Moleküle in organischen Verbindungen. Mindestens zweimal in der Woche tauschten sich Kekulé und Gerhardt intensiv über chemische Fragestellungen aus.

Zum Sommersemester 1852 kehrte Kekulé nach Gießen zurück und erwarb Ende Juni den philosophischen Doktorgrad. Nun stellte sich die Frage nach dem nächsten Karriereschritt. Liebig erhielt zu dieser Zeit einen Ruf nach München. Kekulé's Hoffnung, seinen Lehrer als Assistent begleiten zu dürfen, sollte allerdings enttäuscht werden. Stattdessen entschloss er sich, zum Privatgelehrten Dr. Adolf von Planta in die Schweiz zu gehen. Der betrieb im Schloss



Justus von Liebig, Gießen um 1851

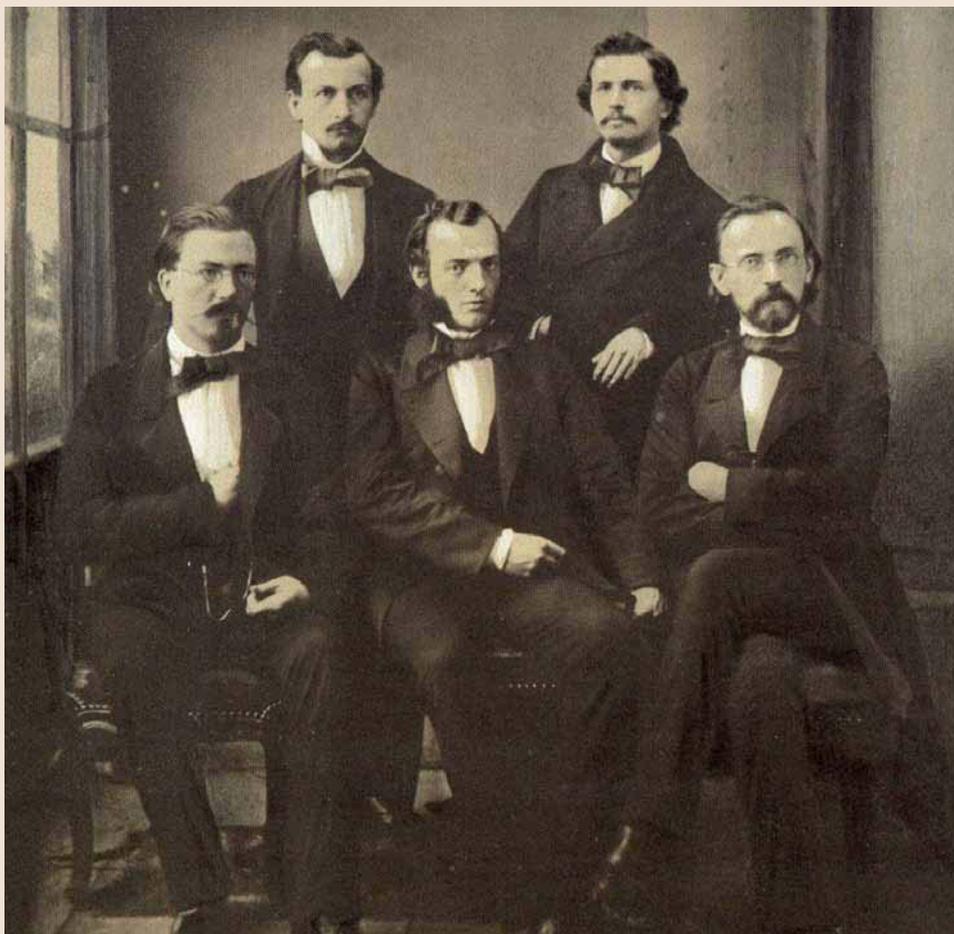
Reichenau, unweit von Chur, ein privates Laboratorium. Kekulé erklärte später, er hätte Zeit gebraucht, um die bei Gerhardt gemachten Erfahrungen und die dort gewonnenen Erkenntnisse zu verarbeiten. Anfang 1853 erkundigte er sich bei seinem Lehrer und Mentor Liebig nach vakanten Stellen. Im September hatte dieser eine für Kekulé interessante Option gefunden. John Stenhouse, ein ehemaliger Schüler Liebig's und Professor am Bartholomäus-Hospital in London, suchte zwei Assistenten. „Aber ich hatte wenig Lust anzunehmen, weil ich ihn, wenn ich mir den Ausdruck erlauben darf, für einen Schmierenchemiker hielt“.

Während Kekulé noch haderte, traf er zufällig bei einer Abendgesellschaft in Chur Robert Bunsen und fragte ihn um seinen Rat. Bunsen war damals Professor für Chemie in Heidelberg. Er war zwar auch der Meinung, dass Kekulé bei Stenhouse auf dem Gebiet der Chemie nicht viel lernen würde, riet ihm aber dennoch unbedingt nach London zu gehen, um seinen Horizont zu erweitern.

In London traf Kekulé Ende Dezember 1853 ein. Dort kam es, wie er es erwartet hatte: Die Arbeit bei Stenhouse war enttäuschend, aber das neue Umfeld sehr anregend. Ähnlich wie schon in Paris machte Kekulé auch hier rasch die Bekanntschaft mit einigen der interessantesten Chemiker seiner Zeit:



Charles Frédéric Gerhardt



August Kekulé (Mitte) und Emil Erlenmeyer (rechts), Heidelberg um 1855

Alexander W. Williamson und William Odling. Williamson hatte bei Liebig promoviert und war seit 1849 Professor für Angewandte Chemie am Londoner University College. Den Austausch mit ihm und Odling nannte Kekulé später „eine vorzügliche Schulung, die den Geist unabhängig machte“. Die Anregungen, die Kekulé in Paris und nun in London erhielt, legten das Fundament zu der später von ihm formulierten Strukturtheorie.

Sofort nach seiner Rückkehr aus London im Herbst 1855 bemühte er sich um seine Habilitation. Liebig riet Kekulé, nach Berlin zu gehen, doch die dortigen Verhältnisse sagten diesem nicht zu. Nachdem sich Bonn ebenfalls als Enttäuschung erwiesen hatte, wählte Kekulé die Universität Heidelberg, vor allem wegen des dort wirkenden Robert Bunsen. Dieser stand Kekulé's Ansinnen zwar grundsätzlich wohlwollend gegenüber, stellte aber wenig materielle Unterstützung in Aussicht. Die Habilitation selbst verlief dann überraschend schnell und reibungslos. Kekulé reichte einige Abhandlungen ein, Bunsen befand sie für gut, und nach einer Probevorlesung und erfolgreicher Disputation war August Kekulé schon im März 1856 Privatdozent.

Nun galt es einen Lehrstuhl zu erhalten. Bis es soweit war, musste Kekulé nicht nur seine neue Rolle als Privatdozent ausfüllen, sondern auch Geld verdienen. Die übliche Einkommensquelle in der akademischen Welt jener Tage waren Vorlesungen, deren Besuch für die Studierenden kostenpflichtig war.

Da Bunsen aber aus eigenen finanziellen Erwägungen weder sein Laboratorium noch den Hörsaal zur Verfügung stellte, musste Kekulé improvisieren. Er mietete im Hause des Mehlhändlers Goos zwei Stockwerke. Im ersten Stock wohnte Kekulé. Im zweiten Stock richtete er im Wohnzimmer einen Vorlesungsraum und in der Küche ein kleines Labor ein; die „Academie der Wissenschaften bei Mehlhändler Goos“, wie einer von Kekulé's Schülern spöttisch bemerkte. In Heidelberg freundete sich Kekulé mit Emil Erlenmeyer an, der ebenfalls gerade bei Bunsen habilitiert hatte und somit in einer ähnlich schwierigen Lage war. Erlenmeyer beteiligte sich daher gern an Kekulé's Privatakademie, wovon beide durch geringere Kosten profitierten.

Der Vorlesungsbetrieb brachte tatsächlich etwas Geld in die Dozentenkassen, denn unter den Heidelberger Chemiestudenten hatte sich bald herumgesprochen, dass Kekulé in erfrischendem Stil die modernen Lehren aus Paris und London vortrug. Erster Doktorand Kekulé's war Adolf von Baeyer, der 1867 Mitbegründer der Deutschen Chemischen Gesellschaft wurde und in den 1870er Jahren wesentliche Entdeckungen auf dem Gebiet der Farbstoffherstellung machte, für die er 1905 den Nobelpreis für Chemie erhalten sollte.

In Heidelberg profilierte sich Kekulé als progressiver Theoretiker, der die Anregungen seiner Auslandsaufenthalte zu neuen Theorien erweiterte. Als bahnbrechend sollten sich seine Überlegungen zu den Eigenschaften des Kohlenstoffs erweisen. Im Mai 1858 veröffentlichte Kekulé in „Liebig's Annalen der Chemie“, der damals führenden wissenschaftlichen Zeitschrift, einen viel beachteten Aufsatz. Die darin vertretene Kernthese war, dass Kohlenstoffatome vier Wasserstoffatome an sich binden können. Damit legte er einen wichtigen Grundstein für seine spätere Theorie über die Struktur des Benzolmoleküls.

Im Herbst 1858 nahmen die Dinge für den damals 29jährigen Kekulé eine unerwartete Wendung. Im Auftrag des belgischen Kultusministeriums suchte der Chemiker Jean Servais Stas einen Nachfolger für den verstorbenen Inhaber des Lehrstuhls für Chemie an der Universität Gent. Liebig und Bunsen, die er beide konsultierte, rieten ihm einmütig zu Kekulé. Dessen bisher gezeigte experimentelle und theoretische Leistungen machten ihn in Kombination mit seinen während der Auslandsaufenthalte erworbenen Sprachkompetenzen zum idealen Kandidaten. Kekulé, ehrgeizig und nahezu mittellos, ging gern auf Stas' Angebot ein.

Im November 1858 traf er als neuer Institutsdirektor in Gent ein. Adolf von Baeyer begleitete ihn als Assistent. Zwar führte die Erhebung in den Stand eines ordentlichen Professors zu einem auskömmlichen Salär und zu komfortableren Lebensumständen, die Arbeitsmöglichkeiten waren jedoch zunächst bescheiden.



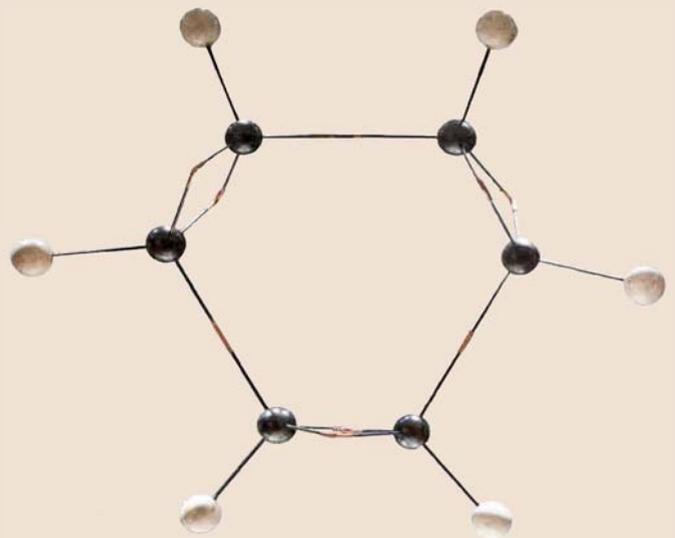
August Kekulé's ehemalige Laborräume an der Universität Gent, heute Teil der Juristischen Fakultät

Kekulé wusste aber den Institutsbetrieb nach seinen Vorstellungen zu verändern. Auch im Privaten gab es Veränderungen. Am 24. Juni 1862 heiratete Kekulé die damals 19jährige Stephanie Drory, Tochter des Direktors der Gasfabrik von Gent. Dem laut Zeitzeugen sehr glücklichen Paar sollte aber nur eine kurze Zeit beschieden sein. Kurz nach der Geburt ihres gemeinsamen Sohnes Stephan starb seine Frau Anfang Mai 1863. Dieser Schicksalsschlag traf August Kekulé hart. Zunächst konzentrierte er sich darauf, sein kränkliches Kind zu pflegen. Voll in den akademischen Lehrbetrieb stieg Kekulé erst wieder ein Jahr später, Mitte 1864, ein. Die für Kekulé nicht einfachen Jahre nach dem Tod seiner Frau sollten sich als eine wissenschaftlich überaus fruchtbare Phase erweisen. Der erste Band seines „Lehrbuch der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen“ war bereits 1859 mit großem Erfolg erschienen. Nun stellte Kekulé den zweiten Band fertig. In diese Zeit der abendlichen Lehrbuchabfassung datierte er später dann auch seinen berühmten Traum, in dem ihm die ringförmige Anordnung der Kohlenstoffatome im Benzolmolekül erschienen sein soll.

Anfang 1865 publizierte Kekulé seine wohl einflussreichste Arbeit „Über die Konstitution und Untersuchung aromatischer Substanzen“. Darin beschrieb er erstmals öffentlich die Ringstruktur des Benzolmoleküls. „Die sechs Kohlenstoffatome des Benzols sind untereinander in völlig symmetrischer Weise verbunden, man kann also annehmen, sie bilden einen völlig symmetrischen Ring (...). Man könnte dann das Benzol durch ein Sechseck darstellen, dessen sechs Ecken durch Wasserstoffatome gebildet sind (...).“

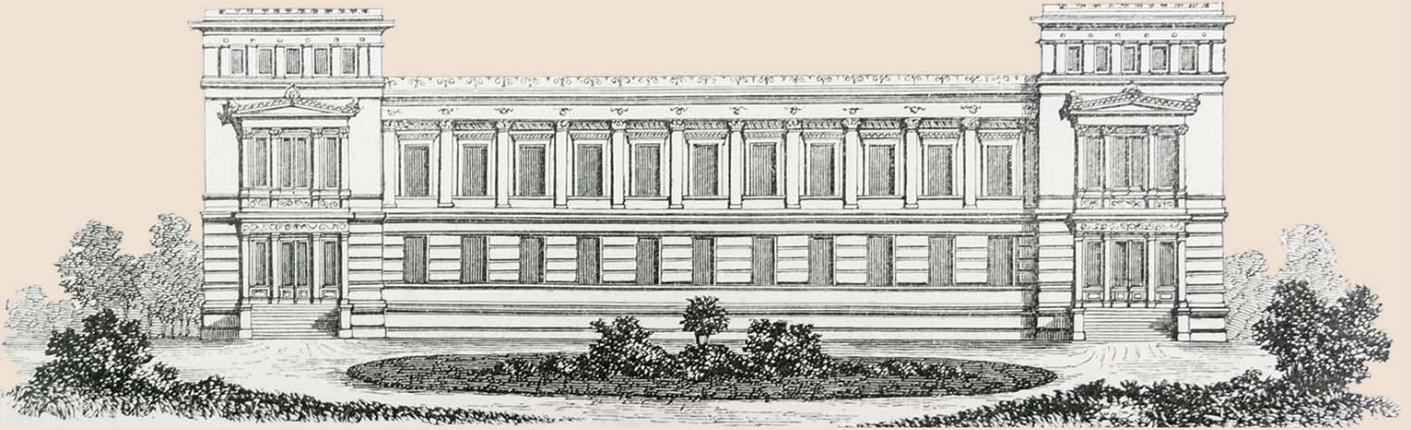
Damit hatte Kekulé den groben „Bauplan“ des Benzols entschlüsselt. In den folgenden Monaten verfeinerte er seine Theorie weiter und untersuchte Benzol-Derivate. Kekulé stand als ehemaliger Architekturstudent den damals virulenten Ideen einer anschaulichen Darstellung chemischer Strukturen sehr aufgeschlossen gegenüber. Im Wissenschaftsmuseum der Universität Gent zeugt noch heute ein Modell von den Versuchen, seine Vorstellung von der Lage der einzelnen Atome des Benzolmoleküls dreidimensional zu visualisieren. Kekulé's Entdeckung gilt als eine der Sternstunden der Chemie und zeigte sowohl der wissenschaftlichen Forschung als auch der chemischen Industrie ganz neue Perspektiven auf.

Auch für Kekulé selbst eröffneten sich bald neue Möglichkeiten. An der einst von ihm als Habilitand verschmähten Universität Bonn war der Lehrstuhl für Chemie plötzlich wieder vakant geworden. August Wilhelm von Hofmann, der für diesen Posten vorgesehen war, wechselte überraschend nach Berlin. Das preussische Kultusministerium bat Hofmann, die Nachfolge des dort im August 1863 verstorbenen Eilhard Mitscherlich anzutreten, an einem dort ebenfalls neu zu errichtenden Institut. Hofmann nutzte die Gelegenheit und war später, an der Spitze der 1867 von ihm dort mitgegründeten Deutschen Chemischen Gesellschaft, 25 Jahre lang der Doyen der deutschen Chemie.



Kekulé's Benzolmodell, Gent 1867

Kekulé machte sich nun in Gent große Hoffnungen auf den Bonner Lehrstuhl. Doch dessen Neubesetzung zog sich noch fast zwei Jahre hin. Kekulé, dessen Zuversicht langsam schwand, zeigte zur Verwunderung seines Freundes Anschütz nun irrationale Züge. „In jener Zeit (...) ließ ich aus einer Art Aberglauben meine Genter Wohnung neu tapezieren, als ob ich immer dort bleiben wollte“. Im Juni 1867 sollte sich Kekulé's Wunsch erfüllen; er erhielt den Ruf nach Bonn.



Plan der Hauptfassade des Chemischen Instituts, Bonn 1864

Das „Alte Chemische Institut“

Nach Angaben von August Wilhelm von Hofmann war es der Königliche Kurator der Universität Bonn, Wilhelm Beseler, der die Idee eines neuen chemischen Instituts schon 1861 formulierte. Die wirtschaftlich aufstrebende Industrie der Rheinischen Provinz, die relative Nähe zu Frankreich und England und die gut ausgebaute Verkehrsinfrastruktur wurden als Gründe herangezogen. Letztlich, nach vielen Besprechungen, wurde Anfang 1863 Hofmann mit der Leitung und Errichtung des neuen Instituts beauftragt. Im Herbst 1863 begab er sich dann zusammen mit dem Bonner Universitätsbaumeister August Dieckhoff auf eine Bildungsreise durch die chemischen Institute in den deutschen Landen. Ein Jahr später waren die Pläne gezeichnet, genehmigt und ihre Umsetzung finanziert worden, die vom jungen Architekten Jacob Neumann übernommen wurde. Im Herbst 1864, nach dem ersten Spatenstich, berichtete der Kurator

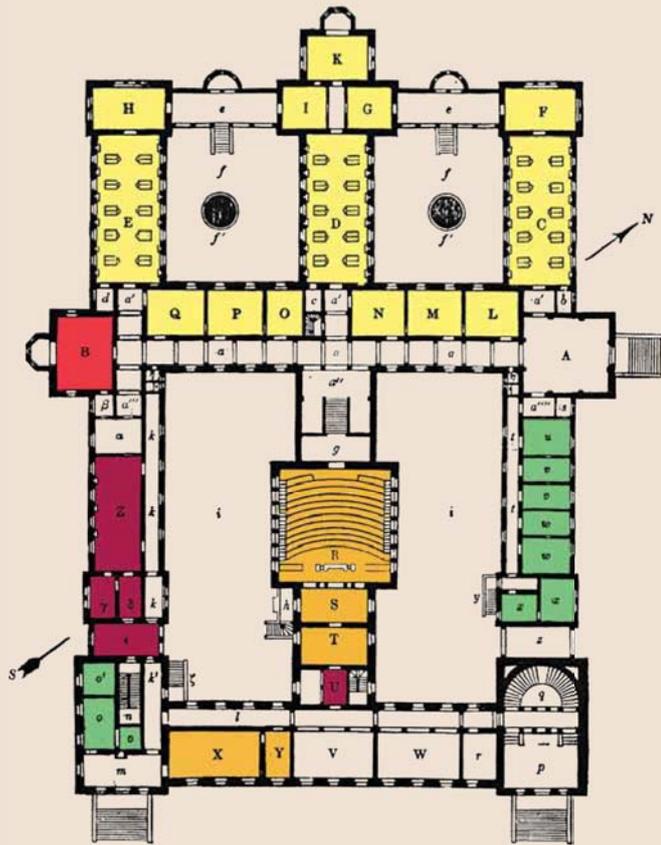
Beseler dem Rektor: „...es ist nicht daran zu zweifeln, dass das Gebäude, was sowohl den Umfang als auch die innere Einrichtung anlangt, alle bisher errichteten chemischen Laboratorien in Deutschland und den anderen Kulturländern überragen wird. Unsere Hochschule wird sich in diesem Bauwerke einer der ersten der vorhandenen Werkstätten für die Naturwissenschaften erfreuen, und solchergestalt wird einem länger empfundenen Bedürfnis in einer Weise abgeholfen werden, die der deutschen Wissenschaft zum Segen, dem preußischem Staate zum Ruhme und der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zur bleibenden Zierde gereichen wird.“

Schon im Sommer 1867 konnte der Rohbau der Universität übergeben werden. Da Hofmann inzwischen nach Berlin gewechselt war, um dort nochmals ein neues Institut zu errichten, oblag es



Das Alte Chemische Institut, Bonn 1869

Erdgeschoss



Grundriss des Alten Chemischen Instituts
nach August Wilhelm von Hofmann

- Gelb: allgemeine Laborräume
- Orange: großer und kleiner Hörsaal
- Hellgrün: Wohnräume der Assistenten
- Dunkelgrün: Wohnräume des Direktors
- Rot: Laborräume des Direktors
- Hellrot: Arbeitszimmer des Direktors
- Blau: Ballsaal

Erstes Stockwerk

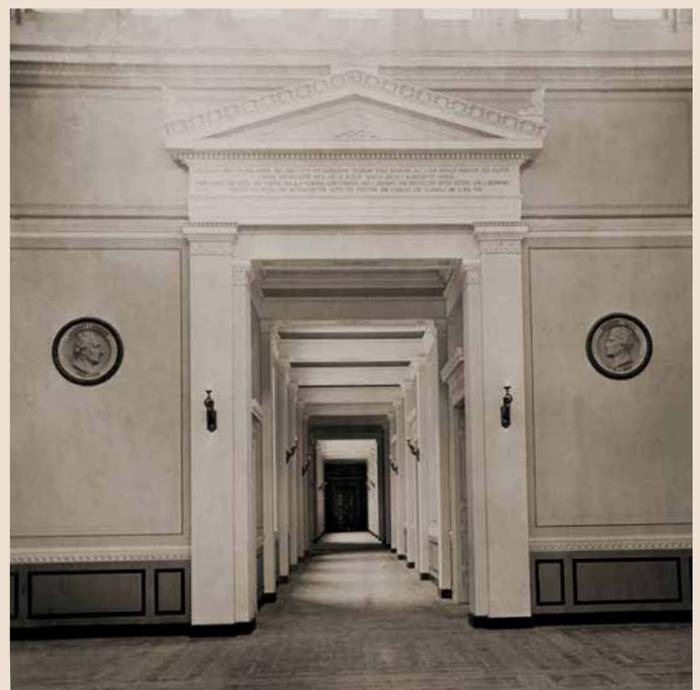


August Kekulé, den Innenausbau zu begleiten. Am 11. Mai 1868 wurde dann sein neues Institut an der Meckenheimer Allee eröffnet. Es war zum damaligen Zeitpunkt das größte chemische Institut der Welt. Fast 30 Jahre nach der Denkschrift Justus von Liebig's war die Zeit des „Lokals“ beendet.

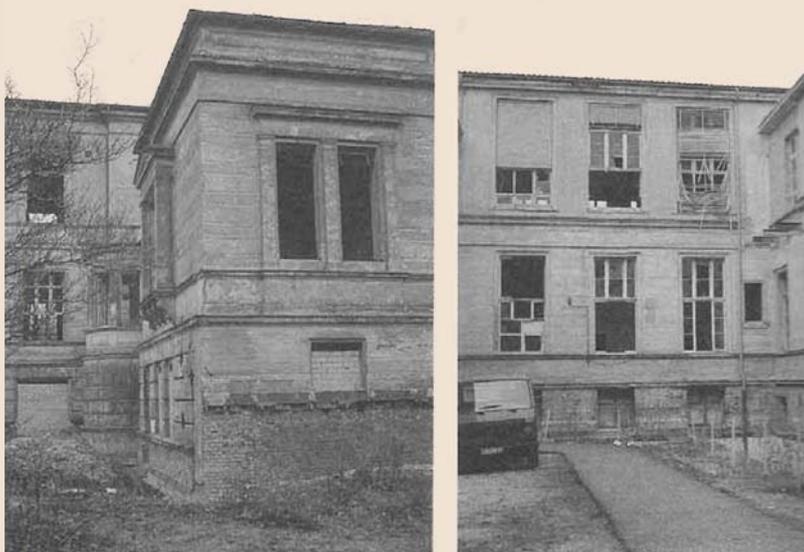
Direktor nicht nur Dienst-, Repräsentations- und Laborräume, sondern auch elf Wohnräume, Küche und Badezimmer zur Verfügung. Eine „recht stattliche Wohnung des Institutsdirektors, zu der auch ein zweigeschossiger Ballsaal gehörte, angemessen der sozialen Stellung eines Professors der Chemie“, wie Hofmann schrieb.

Das neue Institut sollte ganz nach dem Humboldt'schen Bildungsideal, wie Richard Anschütz es formulierte „weniger den Eindruck einer Werkstatt der strengen exakten Wissenschaft erwecken, als eines Hauses, das ein mit reichen Mitteln ausgestatteter Erzieher für eine Jugend errichtet hat, der neben dem Alltagsberufe auch noch Raum für eine höhere allgemeine Bildung des Geistes gelassen werden sollte“.

Ein mächtiges Gebäude mit vier Flügeln war entstanden, dessen Schaueite zur Meckenheimer Allee mehr an einen Palast als an einen universitären Zweckbau erinnerte, nicht zuletzt durch die zweieinhalbgeschossigen Eckpylone, welche links den Privateingang des Direktors und rechts den Eingang für Gäste enthielten. Das Gebäude durchläuft ein breiter innerer Längstrakt, in dem seinerzeit vorne die Hörsäle und hinten ein Laboratorium Platz fanden. Durch einen Quertrakt wurden vier Innenhöfe gebildet. Nur der vordere Flügel mit der Hauptfassade war anfangs zweistöckig ausgebildet. Der Haupteingang für die Studenten und Assistenten lag im östlichen Flügel. Ein langer, durch Dachfenster beschienener Gang führte im Quertrakt vorbei an den drei Laboratorien für Anfänger, Fortgeschrittene und Doktoranden auf das Zimmer des Institutsdirektors zu. Überhaupt standen dem



Der Gang zu Kekulé's Arbeitszimmer



Das Alte Chemische Institut 1984 vor der Renovierung

Dieses Domizil beeindruckte sogar den preußischen Thronfolger Prinz Friedrich, den späteren Kaiser Friedrich III., der anlässlich der 50-Jahr-Feier der Universität 1868 auch den neuen Chemiepalast inspizierte. Auf dessen Kommentar: „*Herr Professor, Sie wohnen ja wie ein kommandierender General.*“ soll Kekulé überaus selbstbewusst erwidert haben: „*Königliche Hoheit, auch wir sind kommandierende Generäle*“. Heute ist der ehemalige Ballsaal einer nüchternen Laboreinrichtung gewichen.

1873 lehnte Kekulé den ehrenvollen Ruf aus München ab, Nachfolger des verstorbenen Justus von Liebig zu werden. Das hatte für die Chemie in Bonn Folgen; schon 1874 – 1876 wurde der innere Längstrakt an seinem Ende um ein rechteckiges Gebäude erweitert, das im Keller und seinen beiden Stockwerken insgesamt drei neue Laboratorien enthielt.

Die letzte große Erweiterung folgte 1899-1901. Kekulé war 1896 gestorben und sein Nachfolger Curtius schon nach einem Jahr

einem Heidelberger Ruf gefolgt. So oblag es dem Kekulé-Schüler Richard Anschütz als neuem Direktor, die schon geplanten Baumaßnahmen zu begleiten. Der Querriegel wurde verbreitert und mit einer zusätzlichen Etage versehen, so dass letztlich 6653 qm nutzbare Fläche zur Verfügung standen. Auch in den späteren Jahren wurde noch an verschiedenen Ecken des Gebäudes weitergebaut und aufgestockt, um der immer weiter steigenden Studentenzahl Herr werden zu können.

Im Zweiten Weltkrieg beschädigten Spreng- und Brandbomben das Gebäude. Während der teilweise ausgebrannte Vorderflügel bis 1960 auf seine Fertigstellung warten musste, konnte der hintere Bereich der Chemie bis 1947 wieder vollständig für den Lehrbetrieb genutzt werden. Trotzdem waren die überfüllten Verhältnisse dergestalt, dass ab 1951 über einen Neubau

nachgedacht wurde. Der Auszug der Physikalischen Chemie in ein eigenes Gebäude und die Neugründung der Pharmazie in den 1950er Jahren konnte die Situation nicht merklich verbessern. Im Semester drängten sich über 500 Angestellte und Studenten in den beengten Räumlichkeiten. 1963 fiel die Entscheidung für einen Neubau in Bonn Endenich. Sein 100 jähriges Jubiläum erlebte das Alte Chemische Institut 1967 noch in vollem Betrieb. Erst 1973 war es so weit: die Chemie zog nach 106 Jahren in die neuen Gebäude an der Gerhard-Domagk-Straße um.

In den vorderen Flügel des Alten Chemischen Instituts an der Meckenheimer Allee zog 1975 das Institut für Mikrobiologie & Biotechnologie und die Abteilung für Landwirtschaftliche und Lebensmittelmikrobiologie ein. Für den hinteren Teil des Gebäudes wurden über die folgenden Jahre mehrere Nutzungen diskutiert, ohne dass dessen zunehmender Verfall aufgehalten werden konnte. Als im Oktober 1982 die Gesamtanlage der Alten Chemie in die Bonner Denkmalliste eingetragen wurde,



Das Alte Chemische Institut mit dem Kekulé-Denkmal, 2014

war noch nicht abzusehen, ob das Gebäude je wieder vollständig im alten Glanz erstrahlen würde.

Nach ersten Bausicherungsmaßnahmen und der Regelung der Finanzierung begann im Herbst 1984 die aufwändige Sanierung und Restauration. Im ersten Bauabschnitt wurden die hinteren drei Flügel und der Quertrakt bis 1987 fertiggestellt. Sie bildeten den neuen Standort des Geographischen Instituts. Der vordere Flügel wurde von 1988 bis 1992 bei laufendem Betrieb instand gesetzt und nahm 1991 die Abteilung für Pharmazeutische Mikrobiologie der Medizinischen Fakultät auf.

Seine heute auffallende Farbigkeit verdankt das Alte Chemische Institut den aufwändigen Untersuchungen der Restauratoren, denen es an vielen Stellen gelang, die originalen Farben zu rekonstruieren. Der enorme Aufwand hat sich letztlich gelohnt. Zu neuem Leben erweckt, kann dieses spätklassizistische Zeugnis Preussischer und Bonner Universitätsgeschichte seinem 150. Geburtstag im Jahr 2018 gelassen entgegen sehen, dem gleichen Jahr, in dem auch die Universität Bonn ihr 200-jähriges Jubiläum begehen wird.



Haupteingang am östlichen Seitenflügel

August Kekulé und sein „Chemisches Institut“ - ein internationales Zentrum der Chemie

Zwei Jahre lang leitete in Bonn der damals 38-jährige August Kekulé gemeinsam mit Hans Heinrich Landolt den Rohbau und die Einrichtung des 1868 eröffneten Chemischen Instituts, bis Landolt 1869 einem Ruf nach Aachen folgte. Kekulé vollendete nun den Neubau und machte es zu einem der bestausgestatteten Institute seiner Zeit.

Die Chemiker hatten endlich den dringend benötigten Platz sowie zahlreiche Laboratorien, und die Chemie blühte in Bonn auf. Der Zustrom deutscher und ausländischer Studenten an den Rhein war so groß, dass das Gebäude bald aus allen Nähten platzte. Ein neuer Anbau wurde schon 1873 genehmigt. Kekulé kümmerte sich weniger um die praktische Ausbildung der Studenten; das überließ er – nach seinen Ideen und Vorgaben – den fähigen Abteilungsvorstehern und Assistenten. Kekulé's Vorlesungen waren weit gerühmt und begeisterten eine stetig wachsende Zahl von Studenten; die Experimente waren perfektioniert und rundeten das Kunstwerk ab. Es war seine Art, Formeln auf ein Stück Filterpapier malend zu diskutieren und weiter zu entwickeln. So wurde er unbeabsichtigt ein hervorragender Lehrer. Sein richtungsweisendes „Lehrbuch der organischen Chemie“ war bereits 1859 in Erlangen erschienen. Kurz: in diesem großzügig angelegten Bonner

Institut konnte er die ganze Kraft seiner Persönlichkeit entfalten.

Auf der Basis seiner 1858 in Gent entwickelten Valenzlehre und seiner strukturchemischen Erkenntnisse zum Benzolmolekül (1865), zur Vierwertigkeit des Kohlenstoffs sowie zur Existenz von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen konnten die theoretischen



Laborräume, Bonn 1869



Großer Hörsaal im Alten Chemischen Institut

Vorstellungen durch Experimente überprüft und untermauert werden, und Kekulé hat diese Chance in einem der modernsten Institute wahrlich genutzt. Seine Schüler unterstützten ihn dabei und erforschten daneben, jeder in seinem Spezialgebiet, nach Herzenslust und ausgiebig das sich rapide ausbreitende Gebiet der organischen Chemie.

Als direkte Folge von Kekulé's Benzoltheorie entstand eine Fülle von Derivaten des Benzols. Kekulé klärte die Struktur des Azobenzols und entschlüsselte die Azokupplung. 1872 ergänzte er seine Benzoltheorie durch die Oszillationshypothese und studierte das Substitutionsverhalten des Benzols durch Elektrophile, wie z.B. durch das aus Anilin leicht erhältliche Benzoldiazoniumchlorid. Diese Reaktion ergab das gelbe Azobenzol, die Grundverbindung einer großen Substanzklasse der Azofarbstoffe. Die ansonsten bemerkenswerte Stabilität des Benzols und zahlreicher Derivate erklärte er durch eine Oszillationshypothese: Alternierende Doppel- und Einfachbindungen im 6-Ring, zwei Konstitutionsformeln in mesomerer Wechselwirkung, die durch die Elektronenfluktuation identisch sind. Spätere theoretische Betrachtungen führten zu einem planaren Hexagon mit einer delokalisierten π -Elektronenwolke ober- und unterhalb.

Durch die Kooperation mit der chemischen Industrie an der Rheinschiene gelangten zahlreiche dieser Verbindungen in die direkte Anwendung, z.B. als Farbstoffe (Teerfarben) oder als Polymere (Bakelit). Im Bereich Pharmaka geht das Auffinden des Jahrhundert-Medikaments Acetylsalicylsäure (F. Hoffmann, Aspirin) auch auf die Epoche Kekulé's zurück.

Die Namen der Schüler Kekulé's lesen sich wie ein Almanach der klassischen Chemie: Carl Glaser, Theodor Zincke, Jacobus Henricus van't Hoff (erster Nobelpreisträger für Chemie 1901), Adolf von Baeyer (Nobelpreis für Chemie 1905), Otto Wallach (Nobelpreis für Chemie 1910), Thomas Edward Thorpe, Ludwig Rainer Claisen, Konrad Julius Bredt, Heinrich Klinger und schließlich Richard Anschütz. Fast alle diese Namen sind in der chemischen Literatur mit einer Namensreaktion, einem wichtigen Reagenz oder einem chemischen Gesetz markiert und verewigt. 1877/78 bekleidete Kekulé das Amt des Rektors der Universität, und seine Antrittsrede trug den Titel: „Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie“, eine leidenschaftliche Rechtfertigung der „spekulativen Forschung“.

Höhepunkt seiner zahlreichen Ehrungen war ein 1890 in Berlin von der Deutschen Chemischen Gesellschaft veranstaltetes Benzolfest. Dort erzählte er erstmals – ein Vierteljahrhundert nach der Publikation seiner berühmten Formel im Jahre 1865 – die bekannte Geschichte von seinem Traum, der zur richtigen Benzolformel führte:

„Während meines Aufenthaltes in Gent in Belgien bewohnte ich elegante Junggesellenzimmer in der Hauptstrasse. Mein Arbeitszimmer aber lag nach einer engen Seitengasse und hatte während



Kekulé inmitten seiner Schüler und Mitarbeiter, Bonn 1873

des Tages kein Licht. Für den Chemiker, der die Tagesstunden im Laboratorium verbringt, war dies kein Nachteil. Da saß ich und schrieb an meinem Lehrbuch; aber es ging nicht recht; mein Geist war bei anderen Dingen. Ich drehte den Stuhl nach dem Kamin und versank in Halbschlaf. Wieder gaukelten die Atome vor meinen Augen. Kleinere Gruppen hielten sich diesmal bescheiden im Hintergrund. Mein geistiges Auge, durch wiederholte Gesichte ähnlicher Art geschärft, unterschied jetzt größere Gebilde von mannigfacher Gestaltung. Lange Reihen, vielfach dichter zusammengefügt; Alles in Bewegung, schlangenartig sich windend und drehend. Und siehe, was war das? Eine der Schlangen erfasste den eigenen Schwanz und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen. Wie durch einen Blitzstrahl erwachte ich; auch diesmal verbrachte ich den Rest der Nacht, um die Konsequenzen der Hypothese auszuarbeiten“. Ob Traum oder Märchen, bis heute kann darüber spekuliert werden. Wie Kekulé weiter sagte:

„Lernen wir träumen, meine Herren, dann finden wir vielleicht die Wahrheit - aber hüten wir uns, unsere Träume zu veröffentlichen, ehe sie durch den wachen Verstand geprüft worden sind.“

Kekulé's Sohn Stephan sorgte kurz vor dem Tod seines Vaters noch für dessen Erhebung in den Adelsstand. Ihm gelang der Nachweis, dass die Kekulé's Nachfahren der alten böhmischen Adelsfamilie „Kekule von Stradonitz“ waren. Wie sein Biograph und Nachfolger Anschütz es beschrieb, war dieser Titel für den alten Kekulé eher nachrangig: „Ihm reichte auch sein altes Pseudonym“.

Im Frühjahr 1896 erkrankte Kekulé ernsthaft. Sein Arzt sah sich sogar veranlasst, Kekulé die geliebte tägliche Zigarre zu verbieten. Es nutzte nichts, am Nachmittag des 13. Juli 1896 starb August Kekulé. Er wurde auf dem Poppelsdorfer Friedhof beigesetzt.

August Kekulé-Denkmal



Enthüllung des Kekulé-Denkmal 1903

Das Kekulé-Denkmal steht seit 1903 vor dem Alten Chemischen Institut. Es wurde vom Kasseler Bildhauer Hans Everding geschaffen. Mehrere Entwürfe standen vorher zur Auswahl, die sich die Bonner Bevölkerung im Akademischen Kunstmuseum anschauen konnte. Eine Kommission entschied sich dann für den Entwurf von Everding. Finanziert wurden sowohl der Wettbewerb als auch die Ausführung des Denkmals durch Spenden aus Wissenschaft und Industrie; allen voran natürlich die deutschen Farbstofffabriken.

August Kekulé steht als drei Meter hohe Bronzestatue auf einem Sockel. Mit nach oben geöffneter rechter Hand schaut er auf die Wiese vor dem Poppelsdorfer Schloss. Das Standbild wird von einem ganzen Ensemble umgeben. In der Balustrade findet sich das Sechseck des Benzolringes eingelassen, gefertigt aus schwedischem Diorit. Den Abschluss der Balustrade bildet jeweils eine Sphinx aus oberitalienischem grauem Marmor,

dem Bardiglio. Die Sphinx steht hier für die verbleibenden Rätsel der Naturwissenschaft, trotz der Entdeckung der Benzolstruktur.

Zunächst weniger auffällig befindet sich unterhalb des Standbildes ein Bronzerelief. Es zeigt neben einer Herme der Athene eine jugendliche Frau, die das Benzolmodell von August Kekulé an zwei Industriearbeiter überreicht: ein Sinnbild der Bedeutung von Kekulé's Entdeckung für die Chemische Industrie. Dieses Denkmal ist am 9. Juni 1903, sieben Jahre nach dem Tod von August Kekulé, mit einem Festakt enthüllt worden.



Kekulé-Denkmal, Bonn 2014

August Kekulé, das Benzol und die chemische Industrie

Wer sich mit der Entstehungsgeschichte von Kekulé's Benzolformel beschäftigt, entdeckt weitaus komplexere Vorgänge als die Träume, die Kekulé beim Benzolfest zum Besten gegeben hat.

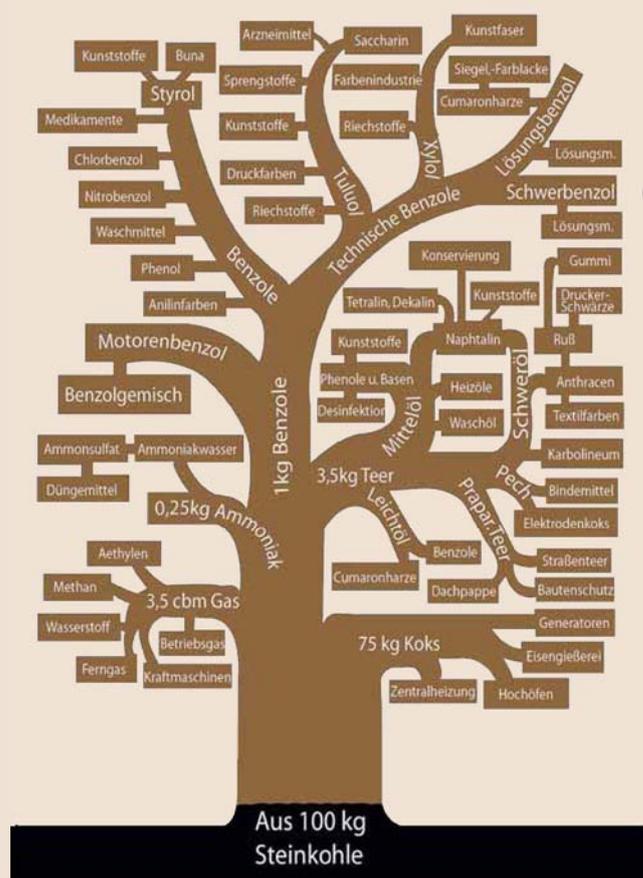
Heute sind 99 Prozent aller bekannten chemischen Verbindungen organische Substanzen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts gab es noch nicht einmal das Fach der organischen Chemie. Erst wenige organische Verbindungen waren damals isoliert und charakterisiert – im Jahr 1800 gerade mal 500. Ihre Zahl stieg bis 1880 auf 15.000. Systematisieren und klassifizieren konnte man die exponentiell zunehmende Zahl dieser Verbindungen mangels brauchbarer theoretischer Grundlagen erst in groben Ansätzen. Das sollte sich – unter anderem dank Kekulé's Arbeiten – in den 1850er und 1860er Jahren grundlegend ändern. Gegen 1900 waren bereits ca. 150.000 organische Substanzen bekannt und die organische Chemie hatte sich zu einer fest etablierten wissenschaftlichen Disziplin mit einem sicheren theoretischen Fundament entwickelt. Bei diesem bemerkenswerten Aufschwung spielte das Benzol und dessen Strukturformel eine entscheidende Rolle: es war der Prototyp der großen Substanzklasse der aromatischen Kohlenwasserstoffe.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war allgemein akzeptiert, dass jede chemische Verbindung letztlich aus Atomen, den kleinsten Bausteinen der Materie, aufgebaut ist. Die Frage, wie und durch welche Kräfte diese Atome zusammengehalten werden, konnte man noch nicht beantworten. Verschiedene Theorien versuchten die Anordnung der Atome in einem Molekül (Struktur) zu erklären. So gab es die Radikaltheorie, die von Justus von Liebig und Friedrich Wöhler formuliert wurde. Nach ihr lassen sich komplexe organische Verbindungen auf einfachere Elementgruppen, die sogenannten Radikale, zurückführen, die während einer Reaktion unverändert bleiben. Ein anderes Klassifikationsschema wurde von dem französischen Chemiker Charles Frédéric Gerhardt aufgestellt. Nach seiner Typentheorie, der unter anderem auch Kekulé anhing, sollten sich alle organischen Verbindungen auf einen der vier „Grundtypen“ Wasserstoff H_2 , Chlorwasser-

stoff HCl , Wasser H_2O oder Ammoniak NH_3 zurückführen lassen, indem der Wasserstoff in diesen „Typen“ sukzessive durch andere Atome und Atomgruppen ersetzt wird. Mit der Weiterentwicklung der Typentheorie wurde aber zunehmend deutlich, dass ein organisches Molekül letztlich bis auf seine einzelnen Atome aufgegliedert werden musste, um seinen Aufbau und seine Reaktionsmöglichkeiten wirklich zu erklären. Mit dem konsequenten Herunterbrechen einer Typenformel auf die einzelnen Atome der Elemente und der Klärung ihrer Bindungseigenschaften bahnte sich der Weg zur Strukturchemie an. Sie entstand aus der Kontroverse zwischen Radikal- und Typentheorie und überwand diese, indem sie die Vorzüge beider vereinigte.

Heftig umstritten war in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts aber nicht nur der Aufbau der organischen Moleküle, sondern waren auch andere grundlegende Fragen, wie die exakten Werte der einzelnen Atomgewichte. Begriffe wie Atom, Molekül, Atom- und Äquivalentgewicht wurden zudem uneinheitlich genutzt, mit der Konsequenz, dass selbst für einfache chemische Verbindungen wie Wasser unterschiedliche Formeln (H_2O , HO , H_2O_2) verwendet wurden. Eine institutionalisierte Plattform zur Klärung der anstehenden Fragen existierte allerdings noch nicht, denn die naturwissenschaftlichen Fachgesellschaften, wie die Deutsche Chemische Gesellschaft, auf deren Tagungen derartige Probleme diskutiert werden konnten, wurden erst später

gegründet. Um Abhilfe zu schaffen, beschlossen drei junge Chemiker – darunter Kekulé – einen Kongress zu organisieren, der im Herbst 1860 an der Polytechnischen Schule, der späteren Technischen Hochschule, in Karlsruhe stattfand. Insgesamt waren 127 Chemiker aus Europa und Übersee zu dieser ersten internationalen Tagung in der Chemie gekommen, deren Ziel es war, die Begriffe »Atom«, »Molekül« und »Äquivalent«, exakt zu definieren und voneinander abzugrenzen. Obwohl der Karlsruher Kongress letztlich ohne greifbares Ergebnis endete, wurde damals der endgültige Sieg der Atomgewichte über die Äquivalentgewichte vorbereitet. Eine unter den Teilnehmern verteilte Zusammenfassung der 1858 publizierten Schrift des italienischen Chemikers Stanislao Cannizzaro gab den Anstoß: in dieser wurde unter Bezug auf das 1811 gefundene »Gesetz von Avogadro« dargelegt,



Benzolbaum

dass man die exakten Atom- und Molekulargewichte durch die Ermittlung der Dampfdichten bestimmen müsse und das Wasserstoffgas aus zweiatomigen Molekülen aufgebaut ist.

Kekulé gehörte zu den Männern, die bei der Vereinheitlichung und Zusammenführung der verschiedenen damals diskutierten Theorien eine wichtige Rolle spielten. Die Zeit vor und unmittelbar nach seiner Promotion hatte er zu längeren Auslandsaufenthalten bei den damals wichtigen Theoretikern der organischen Chemie genutzt. Von diesen Eindrücken profitierte Kekulé enorm. Seine Lebensleistung besteht letztlich darin, die verschiedenen Anregungen und Ideen, mit denen er in diesen Jahren in Kontakt gekommen war, zu einem neuen Theoriengebäude zusammenzufügen. Ohne die Vorarbeiten und Beiträge zahlreicher anderer Chemiker hätte er diese Synthesearbeit allerdings nicht leisten können. Auf dem Benzolfest von 1890 appellierte er daher besonders an die jungen Chemiker, sich vom Geist einer bestimmten wissenschaftlichen Schule frei zu machen, weil nur intellektuelle Neugier und eine undogmatische Haltung einen Forscher in die Lage versetzten, Eigenes und Neues zu leisten. Wörtlich sagte er: *„Ursprünglich Schüler von Liebig, war ich zum Schüler von Dumas, Gerhardt und Williamson geworden: ich gehörte keiner Schule mehr an.“*

Kekulé begann 1857/58 seine theoretischen Vorstellungen, die

lust der Priorität erlitt er einen Nervenzusammenbruch, von dem er sich nie mehr erholte. Da Couper zu wissenschaftlicher Arbeit nicht mehr imstande war, gebührt Kekulé das Verdienst, den wichtigen Befund der Vierwertigkeit des Kohlenstoffs als erster in ein geschlossenes Gedankensystem eingebaut zu haben. Zu Hilfe kam ihm dabei, dass gerade zu jener Zeit bei den Diskussionen um den Begriff der Wertigkeit deutlich geworden war, dass sich die Valenzen in einem Molekül gegenseitig absättigen müssen. Übertragen auf den als vierwertig erkannten Kohlenstoff hieß das nichts anderes, als dass Kohlenwasserstoffe mit mehr als einem Kohlenstoff nur dann denkbar waren, wenn man davon ausging, dass sich Kohlenstoffatome untereinander zu Ketten von beliebiger Länge verbinden können. Das Konzept der C-C-Verkettung wurde bald allgemein akzeptiert. Ein wichtiger Multiplikator bei der Durchsetzung dieser Vorstellung war das Lehrbuch der organischen Chemie von Emil Erlenmeyer, in dem schon 1867 durchgängig die heute noch übliche Formelschreibweise benutzt wurde, besonders der Valenzstrich als Symbol einer Bindung zwischen zwei Atomen.

Die fundamentalen Thesen Kekulé wurden von einigen seiner Fachkollegen zunächst heftig kritisiert, besonders von dem Chemie-Professor Hermann Kolbe, der Kekulé in beleidigenden Attacken letztlich mangelndes Denkvermögen vorwarf und



Die Badische Anilin- und Sodafabrik 1881, Ölgemälde von Robert Stieler

sich während seiner Zeit in Paris und London zu einem stimmigen Bild zusammengefügt hatten, zu veröffentlichen. Er hatte die Gedanken der Radikal- und Typentheorie konsequent weiterentwickelt, bis er schließlich auf die Vierwertigkeit des Kohlenstoffs gestoßen war. Diese fundamentale Erkenntnis darf allerdings nicht Kekulé allein zugeschrieben werden, denn gleichzeitig und unabhängig von ihm wurde sie auch von seinem britischen Kollegen Archibald Scott Couper entdeckt. Aufgrund eines Versäumnisses wurde Kekulé's einschlägige Veröffentlichung jedoch früher als die Coupers gedruckt. Aus Enttäuschung über den Ver-

nicht müde wurde, die Strukturchemie als „papierne Chemie“, „wertlose Spielerei“ und „Phantasiegebilde“ abzutun. Diese Auseinandersetzungen, wie auch der Streit zwischen Mitscherlich und Liebig über die Benennung des Benzols, zeigten, dass das Verhältnis großer Wissenschaftler auch in früheren Jahrhunderten gelegentlich sehr spannungsgeladen war. Kekulé reagierte allerdings sehr geschickt auf die Angriffe, indem er bereits 1861 jede weitere Diskussion mit Kolbe ablehnte. Besonders schwer fielen den Chemikern die Bestimmung der Benzolstruktur und damit die Struktur eines Kohlenwasserstoffs, der sich eindeutig

von allen anderen bekannten Kohlenwasserstoffen unterschied. Die Summenformel des Benzols, C_6H_6 , die acht Wasserstoffatome weniger als der entsprechende gesättigte Kohlenwasserstoff, das Hexan C_6H_{14} , aufwies, sprach für die Annahme, dass es sich um eine stark ungesättigte Verbindung handelte. Dies stand aber im völligen Widerspruch zum chemischen Verhalten des Benzols, das unter Bedingungen, bei denen ungesättigte Verbindungen normalerweise leicht reagieren, keine Additionsreaktionen einging. Weiterhin zeigte sich, dass bei gewissen Reaktionen damals bekannter „aromatischer“ Verbindungen auffälligerweise immer eine Gruppe von sechs C-Atomen nicht angegriffen wurde und unverändert erhalten blieb. Das Benzol war trotz seines ungesättigten Charakters also erstaunlich stabil und unreaktiv. Die Verknüpfung von ungesättigtem Charakter und Reaktionsträgheit war sogar so auffallend, dass sie zur Charakterisierung aromatischer Verbindungen schlechthin herangezogen wurde. Die ungewöhnliche Eigenschaftskombination von ungesättigtem Charakter

und Reaktionsträgheit lag offensichtlich an der besonderen Struktur des Benzols, deren Festlegung Mitte des 19. Jahrhunderts zum Hauptproblem der organischen Chemie geworden war. Es war deutlich geworden, dass die Bindungsverhältnisse im Benzol und seinen Derivaten etwas grundlegendes Neues darstellten. Das wissenschaftliche Interesse am Benzol hatte durch die Entdeckung des Mauveins, des 1856 von William Perkin gefundenen, ersten kommerziell hergestellten Teer- bzw. Anilinfarbstoffs, eine neue, besondere Dringlichkeit bekommen, denn mit dem Mauvein waren Teerfarbstoffe, bei denen es sich immer um aromatische Verbindungen handelte, wirtschaftlich wichtige Industrieprodukte geworden.

Bei der Formulierung der Benzoltheorie, die Kekulé 1865/66 publizierte, konnte er auf zwei entscheidende, sieben Jahre zuvor gewonnene Erkenntnisse zurückgreifen: einmal auf die klare Definition des Valenz- und Wertigkeitsbegriffes – bezogen auf den Kohlenstoff hieß das, dass Kekulé von dessen Vierwertigkeit ausgehen konnte – und zum zweiten auf die Theorie der Atomverkettung. Mit diesen Prämissen konnte er zu der Annahme kommen, dass die sechs Kohlenstoffatome des Benzolkerns C_6H_6 in einer Kette vorlägen und abwechselnd durch eine Einfach- bzw. Doppelbindung gebunden seien. Ging man von der Vierwertigkeit des C-Atoms aus, so folgte daraus, dass von den insgesamt $6 \times 4 = 24$ Valenzen der sechsgliedrigen Koh-

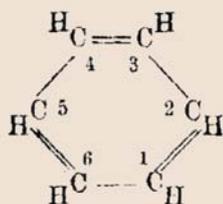
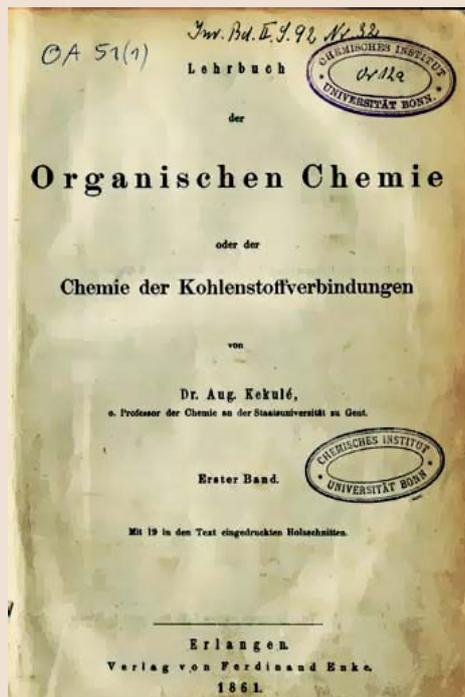
lenstoffkette acht ungesättigt geblieben wären. Da Kekulé aber annahm, dass die Kohlenstoffatome sich an den beiden Enden unter gegenseitiger Absättigung zweier weiterer Valenzen selbst binden, erhielt er einen geschlossenen, aus sechs C-Atomen bestehenden Ring, der noch sechs freie Valenzen besaß, die im Falle des Benzols mit sechs einwertigen Wasserstoffatomen abgesättigt waren.

Deutlich wurde die ringförmige Verknüpfung der sechs Kohlenstoffatome in einem Formelbild, das Kekulé im Mai 1865 publizierte. Erst Ende 1866 veröffentlichte er in einer Auflage seines Lehrbuchs der organischen Chemie eine Schemazeichnung, von der sich die heute geläufige Formel mit den alternierenden Einfach- und Doppelbindungen ableitet. Seit 1866 verwendete Kekulé Modelle aus Kugeln und Messingdraht, bei denen die vier Valenzen des C-Atoms räumlich angeordnet waren. Kekulé's Idee, aus einer sechsgliedrigen Kette eine in sich geschlossene Struktur – einen sechsgliedrigen Ring – zu machen, und diesen als

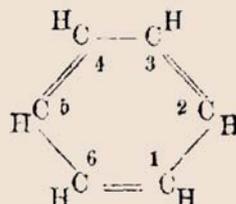
wichtigstes Charakteristikum der aromatischen Verbindungen darzustellen, war ein Entwicklungsschritt von fundamentaler Bedeutung.

Der erste, der Kekulé's Benzolformel vorbehaltlos zustimmte, war Emil Erlenmeyer. Andere Kollegen – besonders der bereits erwähnte, streitbare Hermann Kolbe – begegneten ihr jedoch noch lange mit erheblichen Vorbehalten. So schrieb Kolbe noch 1873: „*Indess glaube ich, dass unsere theoretischen chemischen Ansichten in nächster Zeit eine Wandlung erfahren, und dass Kekulé's zwar sehr hübsch ausgedachte und erfundene, aber nicht gefundene Benzoltheorie mit Allem, was daraus folgt, über Kurz oder Lang widerlegt werden wird. In 10 Jahren wird von derselben ebenso wenig mehr die Rede sein, wie man lange schon nicht mehr*

von der Gerhardt'schen Typentheorie spricht.“ Mit dieser Prognose hatte Kolbe jedoch Unrecht. Kekulé's Formel setzte sich seit 1868/69 vor allem bei den jüngeren Chemikern in Deutschland schnell durch, weil sie viele Phänomene erklären konnte. Kekulé's Strukturvorschlag war allerdings insofern unbefriedigend, als dass er keine ausreichende Erklärung für den „gesättigten Charakter“ des Benzols lieferte. Erst nach Kekulé's Tod wurde mit neueren physikochemischen Erkenntnissen, insbesondere der modernen Elektronentheorie, eine differenziertere Deutung der Benzol-Struktur möglich, die durch quantenmechanische Modelle



Benzolformel, Kekulé 1872



noch komplizierter wurde. Die Kekulé-Formel löste tatsächlich nicht alle Rätsel des Benzols. Sie wird aber bis heute benutzt, weil keine alternative Formel so viel zu erklären vermag wie sie.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts existierte zwar schon eine chemische Industrie, die aber im Wesentlichen anorganische Produkte herstellte. Außer Seife, Kerzen und Speiseessig wurden damals nur sehr wenige organisch-chemische Substanzen industriell hergestellt. In den fünfziger und sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts begann sich die Produktion organischer Substanzen dagegen zu einem wichtigen neuen Zweig der chemischen Industrie zu entwickeln. Dies war die Folge der bereits erwähnten Mauvein-Synthese, die zunächst in England, dann in Frankreich und schließlich in Deutschland zur Gründung der ersten Teer- bzw. Anilinfarbenfabriken führte. Als Rohstoff nutzten die entstandenen Farbenfabriken die zahlreichen aromatischen Substanzen, die im Steinkohlenteer enthalten waren, beispielsweise Benzol, Naphthalin, Anthracen, Anilin, Pyridin, Chinolin, und ähnliche Aromaten mehr. Steinkohlenteer wiederum stand in Hülle und Fülle zur Verfügung, denn er fiel bei der Leuchtgas- und Koks-gewinnung als lästiges Nebenprodukt an. Unter den Chemikern war ein regelrechter „Farbenrausch“ ausgebrochen. Viele versuchten, durch die Erfindung und Patentierung neuer Teerfarbstoffe reich zu werden. Seit den 1860er Jahren entwickelte sich auch in Deutschland eine Farbstoffindustrie. Viele heute noch bekannte Firmen wurden damals gegründet (z.B. Bayer, Hoechst, BASF, Agfa). Da im Deutschen Reich erst seit 1877 ein einheitliches Patentgesetz galt, profitierten die deutschen Firmen in den Entstehungsjahren der Teerfarbenindustrie davon, dass sie ausländische Errungenschaften ungestraft imitieren konnten. Schnell kam es aber auch zu eigenen Entwicklungen.

Ein besonderer Meilenstein war das Jahr 1868, in dem die Synthese des Alizarins gelang, des roten Farbstoffs der Krapp-Pflanze, einer seit Jahrhunderten beliebten Färbepflanze. Das Alizarin war der erste Naturfarbstoff, der nicht mehr durch Zufall, sondern durch eine gezielte Strategie synthetisiert wurde. Zwei

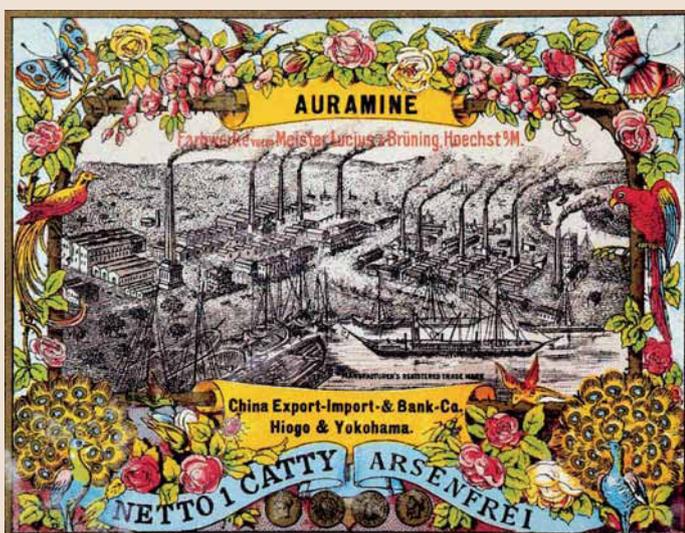
Schülern des späteren Chemie-Nobelpreisträgers Adolf von Baeyer, seinerseits ein ehemaliger Kekulé-Schüler, war es gelungen, die Struktur des relativ einfach gebauten Alizarins aufzuklären. Mit den Erkenntnissen, die sie durch den chemischen Abbau des Alizarin-Moleküls gewonnen hatten, konnten sie nun den umgekehrten Schritt wagen und den



Teerfarbstoffproben, 19. Jahrhundert

Aufbau des Moleküls systematisch planen. Aufgrund der Ergebnisse der Abbaureaktion konnten sie den Farbstoff gezielt aus Anthracen, einem im Steinkohlenteer enthaltenen aromatischen Kohlenwasserstoff, synthetisieren. Ihre Synthesestrategie basierte auf der damals noch jungen Strukturtheorie organischer Verbindungen und besonders auf der 1865 von Kekulé aufgestellten Benzoltheorie. Nur zwei Jahre nach der ersten Laborsynthese des Alizarins konnte die industrielle Herstellung des Krappfarbstoffes aufgenommen werden. Das Besondere an dieser damals viel gefeierten Synthese war, dass sie mustergültig zeigte, wie sehr die Weiterentwicklung der Farbstoffindustrie durch die Einsicht in die Konstitution der aromatischen Verbindungen gefördert werden konnte. Wirtschaftlich reizvoll war gleichermaßen die Synthese eines weiteren Naturfarbstoffs, des blauen Indigos, der traditionell aus der Indigopflanze gewonnen wurde. Die Indigo-Synthese gestaltete sich allerdings sehr viel schwieriger als die Alizarinsynthese. Von den ersten Syntheseversuchen des Indigos aus Inhaltsstoffen des Steinkohlenteers bis zur fabrikatorischen Herstellung des Farbstoffs vergingen ganze siebzehn Jahre. Auch für diese Synthese hatte der bereits erwähnte Adolf von Baeyer die wissenschaftlichen Grundlagen gelegt. Sie wurde von der BASF und den Farbwerken Hoechst in den technischen Maßstab umgesetzt. Wegen seines höheren und vor allem konstanten Farbstoffgehalts, seiner leichteren Handhabbarkeit und vor allem seines niedrigeren Preises verdrängte der synthetische Indigo den Naturfarbstoff in Kürze fast vollständig vom Markt. Die Benzoltheorie konnte ihre Leistungsfähigkeit auch bei der Strukturaufklärung und industriellen Synthese wichtiger pharmazeutischer Präparate unter Beweis stellen, so im Falle der Salicylsäure und ihrer Derivate. Der Aufstieg der pharmazeutischen Industrie folgte etwa 25 Jahre nach dem der Farbstoffindustrie.

Aromatische Verbindungen – also Abkömmlinge des Benzols – begegnen uns im täglichen Leben bis heute, sei es in Form von Lösungsmitteln, Farbstoffen, Arzneimitteln, Schädlingsbekämpfungsmitteln, Kunststoffen oder anderen Produkten der Chemie. Mit gutem Grund erinnern wir uns daher an die Leistungen eines Mannes, der vor fast 150 Jahren die Grundlagen der organischen Strukturchemie legte und den Weg zur Entwicklung der chemischen Industrie ebnete.



Farbstoffetikett der Farbwerke Hoechst, um 1900

Epilog

Nach Kekulé's Tod und einem kurzen Interregnum durch Theodor Curtius (1897-1898) wurde 1898 Richard Anschütz, der bei Kekulé in Bonn habilitierte, zum neuen Direktor

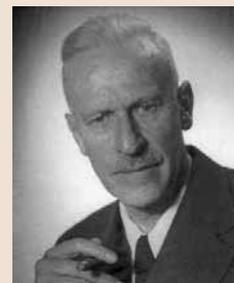
des chemischen Instituts ernannt. Richard Anschütz erweiterte das Gebiet der organischen Strukturchemie durch Arbeiten über gesättigte und ungesättigte Di- und Tricarbonsäuren und mehrkernige Aromaten und stellte, in einer Vorläuferreaktion der berühmten Friedel-Crafts-Synthese, erstmals Anthracen her. Anschütz führte die Methode der Vakuumdestillation ein, wodurch schwerflüchtige organische Verbindungen unzersetzt destilliert

werden konnten. Zu diesem Zweck entwickelte er labortechnische Lösungen wie den Anschütz-Thiele-Vorstoß, das Anschütz-Thermometer und den Anschütz-Aufsatz. Seiner gewandten und nie rastenden Feder entstammt die zweibändige Biographie Kekulé's, die er während seiner ganzen Bonner Amtszeit verfasste und erst 1925 vollendete. Anschütz hat an dem Gedeihen der Universität mit regem Interesse teilgenommen und bekleidete in den Kriegsjahren 1915/1916 das Amt des Rektors.



Richard Anschütz

Institut wieder aufgenommen werden konnte. Helferich führte in der Tradition der Fischer-Schule wegweisende Arbeiten über Kohlenhydrate durch. So entwickelte er mit Hilfe von Schutzgruppen elegante Synthesen von Di- und Polysacchariden. Helferich hat in seiner akademischen Laufbahn eine Reihe wichtiger Ämter mit großem persönlichen Einsatz ausgeübt. Er war 1954/1955 Rektor der Universität Bonn und 1956/1957 Präsident der Gesellschaft Deutscher Chemiker und wurde 1958 emeritiert.



Burkhardt Helferich

Während der Amtszeit von Helferich begann, als Folge der rasanten Entwicklung der Chemie und der räumlichen Enge, die Aufgliederung des Alten Chemischen Instituts in eigene Institute. Den Anfang machte der frühere „Pharmazeutische Apparat“ als Pharmazeutisches Institut, das 1955 unter Direktor Karl Winterfeld einen Neubau am Kreuzbergweg bezog, und die Gründung des Instituts für Physikalische Chemie, das im gleichen Jahr unter Direktor Wilhelm Groth in einen Neubau an der Wegelerstraße umzog. Die Aufgliederung der Bonner Chemie setzte sich im Jahr 1960 durch die Trennung in das Institut für Organische Chemie unter dem Direktor Rudolf Tschesche und in das Institut für Anorganische Chemie unter dem Direktor Otto Schmitz-DuMont fort.

Mit dem Umzug der zwei Institute 1973 in die neue Wirkungsstätte Gerhard-Domagk Straße ging die Ära des Alten Chemischen Instituts zu Ende. Die Fachgruppe Chemie ist heute an zwei Standorten untergebracht, das Institut für Anorganische Chemie und das Kekulé Institut für Organische Chemie und Biochemie an der Gerhard-Domagk-Straße und das Institut für Physikalische und Theoretische Chemie an der Wegeler- und Beringstraße. Die Fachgruppe beherbergt 20 Professoren und ihre Arbeitsgruppen mit ca 200 Mitarbeitern.



Paul Pfeiffer

Als Nachfolger von Anschütz wurde 1922 Paul Pfeiffer, ein Schüler des Nobelpreisträgers und Vaters der Koordinationschemie Alfred Werner, nach Bonn berufen. Pfeiffer erforschte die Isomerie von Koordinationsverbindungen, entwickelte die Salen-Liganden und untersuchte eingehend die Halochromie-Erscheinungen. Er klärte ferner die zwitterionische Struktur der Betaine und den Aufbau von Molekülverbindungen

auf. Nach ihm ist der Pfeiffer-Effekt benannt. Wie sein Vorgänger Anschütz wurde Pfeiffer 1931 Rektor der Universität und leitete das chemische Institut über die schwierigen Kriegsjahre hinweg bis 1947.

Nachfolger von Pfeiffer wurde im gleichen Jahr Burkhardt Helferich, ein Schüler des Nobelpreisträgers Emil Fischer. Der Energie und Tatkraft von Helferich war es zu verdanken, dass der Unterricht und die wissenschaftliche Arbeit in kurzer Zeit in dem stark durch Brand- und Sprengbomben geschädigten



Kekulé-Institut für Organische Chemie und Biochemie, Institut für Anorganische Chemie

Stand der Bonner Chemie zur Gründungszeit der Universität 1818 nur ein kleines Laboratorium zur Verfügung, in welchem an eine praktische Unterweisung von Studierenden nicht zu denken war, so werden heute jährlich ca. 800 Studierende in chemischen Laborübungen von der Bonner Chemie unterrichtet. Dieser Vergleich untermauert die gewaltige Entwicklung der Naturwissenschaft Chemie in den vergangenen 200 Jahren, und ihre zentrale Stellung unter

den Lebenswissenschaften heute. Sie ist engstens verbunden mit der von Staat und Industrie gewonnenen Erkenntnis, dass die zweckfreie, von Kekulé als spekulativ bezeichnete Forschung und die darauf aufbauende chemische Bildung an den Universitäten die Basis für den Wohlstand einer Gesellschaft bildet. August Kekulé hätte sich über diese Entwicklung seiner Wissenschaft Chemie gefreut, deren Produkte aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken sind.

Ausgewählte Literatur

Deutsches Museum Bonn (2011), Ausstellungskatalog „Kekulé's Traum“: Ralph Burmester, August Kekulé (1829–1896) – Eine biographische Skizze, S. 15-40; Elisabeth Vaupel, Kekulé's Benzoltheorie und ihre Bedeutung für die chemische Industrie, S. 41-62; Heinrich Wamhoff und Günther Bergerhoff, Die Entwicklung des chemischen Forschungsstandortes Bonn, S. 89-110.

Gisbert Knopp (1989), Das Gebäude des alten Chemischen Instituts der Universität Bonn „The dignity of a great public building dedicated to science“, in: Jahrbuch der rheinischen Denkmalpflege 33, S. 193-224.

August Wilhelm von Hofmann (1866), The Chemical Laboratories in Course of Erection in the Universities of Bonn and Berlin, London.

Georg Schwedt (2007), Ein Tempel für die Chemie, CLB, 58. Jhg, Heft 02/2007.

Richard Anschütz (1929), August Kekulé. Band 1: Leben und Wirken und Band 2: Abhandlungen, Berichte, Kritiken, Artikel, Reden, Verlag Chemie, Berlin.

Rudolf Tschesche (1965), Die Geschichte des Chemischen Instituts der Universität Bonn, Bonner Universitätsblätter 6/36.

Gustav Schultz (1890), Bericht über die Feier der Deutschen Chemischen Gesellschaft zu Ehren August Kekulé's, Berlin.

Christoph Meinel (1992): August Wilhelm Hofmann: „Regieren der Oberchemiker“, Angewandte Chemie. Bd. 104, S. 1293–1309.

August Kekulé (1872): Ueber einige Condensationsproducte des Aldehyds in Liebigs Ann. Chem. 162, S. 77–124.

Impressum

Diese Broschüre entstand unter der Federführung von Professor Alexander C. Filippou, Institut für Anorganische Chemie der Universität Bonn, und wurde von Jörg Bradenahl, Kapierkonzept GbR, zusammengestellt und gestaltet. Elisabeth Vaupel, Ralph Burmester, Heinrich Wamhoff und Günther Bergerhoff gestatteten freundlicherweise die Verwendung von Textpassagen aus dem Ausstellungskatalog „Kekulé's Traum“. Die Abbildungen stammen von der Fachbereichsbibliothek der Chemischen Institute in Endenich, (Abb. S. 8 oben; 9; 10 oben; 11 unten; 12; 13 links; 16 unten; 18: Helferich, Pfeiffer, Kekulé-Institut),

dem Deutschen Museum (Titelseite sowie Abb. S. 4; 5: Liebig; 6; 8 unten; 14; 15; 17), Ralph Burmester (Abb. S. 16 oben), Jörg Bradenahl (Abb. S. 3; 7; 10 unten; 11 oben; 13 rechts unten; 19), Leopoldina (Abb. S. 18: Anschütz, gemeinfrei), Abb. S. 5: Charles Frédéric Gerhardt, gemeinfrei.

Herausgeber: Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)

Redaktion: Barbara Köhler, GDCh

ISBN: 978-3-936028-82-9



Blick auf die vergangenen Orte der Bonner Chemie: links das Poppelsdorfer Schloss und rechts das Alte Chemische Institut

**Bisher wurden mit der Gedenktafel „Historische Stätte der Chemie“
folgende Wirkungsstätten und Wissenschaftler ausgezeichnet:**

2013

Otto Roelen und das Werk Ruhrchemie AG

2013

Chemisches Laboratorium Fresenius Wiesbaden

2012

Wirkungsstätte von Dr. F. von Heyden in Radebeul

2011

Wirkungsstätte von Robert Bunsen in Heidelberg

2010

Industrie- und Filmmuseum Wolfen

2009

Wirkungsstätte von Ernst Beckmann in Leipzig

2008

Wirkungsstätte von Karl Ziegler in Mülheim an der Ruhr

2006

Wirkungsstätte von Hans Meerwein in Marburg

2005

Wirkungsstätte von Wilhelm Ostwald in Großbothen bei Leipzig

2004

Wirkungsstätte von Clemens Winkler in Freiberg/Sachsen

2003

Wirkungsstätte von Justus von Liebig in Gießen

2002

Wirkungsstätte von Fritz Straßmann in Mainz

1999

Wirkungsstätte von Hermann Staudinger in Freiburg/Breisgau

Diese Broschüre ist erhältlich bei:

Gesellschaft Deutscher Chemiker

Varrentrappstr. 40 – 42

D-60486 Frankfurt am Main

www.gdch.de/historischestaetten



GESELLSCHAFT
DEUTSCHER CHEMIKER