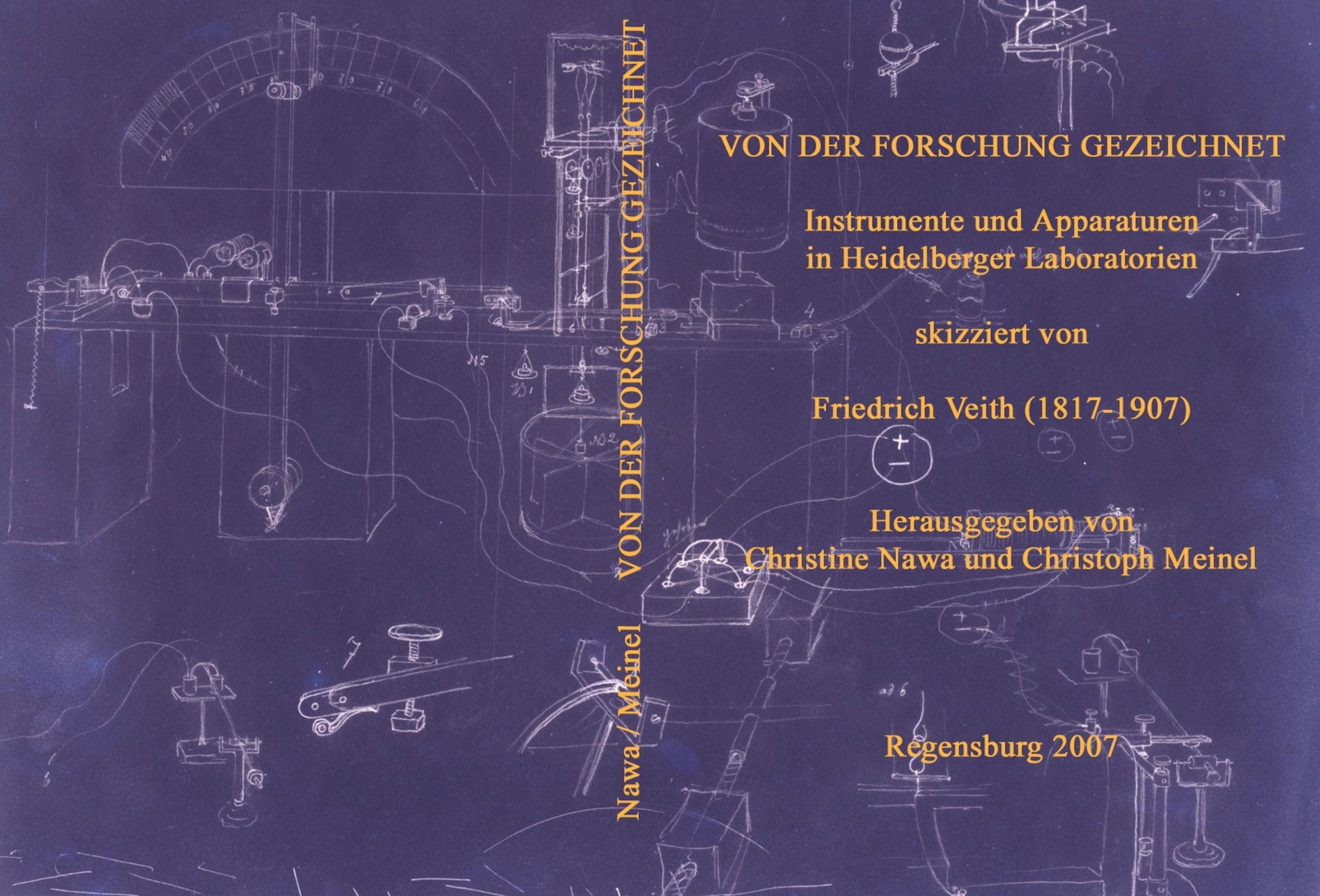


Für Herrn Knoke
15. Oct. 61.



VON DER FORSCHUNG GEZEICHNET
Nawa / Meinel

VON DER FORSCHUNG GEZEICHNET

Instrumente und Apparaturen
in Heidelberger Laboratorien

skizziert von

Friedrich Veith (1817-1907)

Herausgegeben von
Christine Nawa und Christoph Meinel

Regensburg 2007

VON DER FORSCHUNG GEZEICHNET

**Instrumente und Apparaturen
in Heidelberger Laboratorien**

skizziert von

Friedrich Veith (1817-1907)

Herausgegeben von

Christine Nawa und Christoph Meinel

Regensburg 2007

Gedruckt mit Unterstützung der Hans R. Jenemann-Stiftung
zur Förderung der Geschichte wissenschaftlicher Instrumente.

Dieser Katalog erscheint aus Anlass der XXI. Physikhistorischen Tagung des Fachverbandes Geschichte der Physik zum Thema „Unsichtbare Hände: Zur Rolle von Technikern, Laborassistenten, Universitätsmechanikern u.a. in der physikalischen Forschungs- und Entwicklungsarbeit“ im Rahmen der 71. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und DPG-Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik im März 2007 an der Universität Regensburg.

HC-Druck, Kneiting
© Christine Nawa / Christoph Meinel
Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte
Universität Regensburg

**Von der Forschung gezeichnet
Instrumente und Apparaturen in Heidelberger Laboratorien
skizziert von Friedrich Veith (1817–1907)**

Herausgegeben von Christine Nawa und Christoph Meinel
Universität Regensburg

Vorwort	5
1. Einleitung	7
2. Unsichtbare Hände: Der Universitäts-Zeichenlehrer Friedrich Veith	9
3. Prägnanz: Zu den naturwissenschaftlichen Zeichnungen von Friedrich Veith von Elke Schulze, Humboldt-Universität zu Berlin	19
4. Materie und Strahlung	25
4.1. Spektralanalyse	25
4.2. Photochemie	34
4.3. Eigenschaften von Festkörpern	46
5. Mechanik des Lebens	51
5.1. Motorik und Sinnesorgane	52
5.2. Physiologie und Pathologie	65
6. Verfahren und Apparaturen der Chemie	74
6.1. Organische Elementaranalyse	75
6.2. Darstellung von chemischen Verbindungen	91
6.3. Labortechnik	97
7. Heidelberger Akteure	105
7.1. Julius Arnold	107
7.2. Robert Wilhelm Bunsen	108
7.3. Ludwig Carius	110
7.4. Emil Erlenmeyer	111
7.5. Hermann (von) Helmholtz	112
7.6. August Kekulé	114
7.7. Gustav Robert Kirchhoff	115
7.8. Friedrich Krafft	117
7.9. Hugo Kronecker	118
7.10. Albert Ladenburg	119
7.11. Augustus Matthiessen	120
7.12. Michail Fjodorowitsch Okatow	121
7.13. Henry Enfield Roscoe	122
7.14. Jakob Schiel	123
7.15. Richard Thoma	124
7.16. D. von Trautvetter	125
7.17. Adolf Weil	125
7.18. Wilhelm Wundt	126
8. Literatur	129

VORWORT

Von der Forschung gezeichnete Instrumente und Apparaturen bilden das Herzstück des vorliegenden Bandes und einer gleichnamigen Ausstellung. Doch ist dieser Band weniger als ein Ausstellungskatalog und mehr als ein Bestandsverzeichnis; er bettet einen neu aufgefundenen, in seiner Art einzigartigen Quellenbestand zur Wissenschaftsgeschichte des 19. Jahrhunderts ein in sein wissenschaftliches Umfeld und in das Schaffen des Malers und wissenschaftlichen Zeichners Friedrich Veith. So rekonstruiert der Band zugleich dessen erhaltenes Oeuvre.

Die Idee zu diesem Projekt entstand aus einem glücklichen Zufall. Durch ein am Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte der Universität Regensburg laufendes Dissertationsvorhaben zu Forschungsstil und Unterrichtspraxis Robert Wilhelm Bunsens auf uns aufmerksam geworden, hat uns ein auswärtiger Wissenschaftler einen in seinem Besitz befindlichen Bestand von Handzeichnungen von Instrumenten und Apparaturen zur wissenschaftlichen Bearbeitung angeboten. Dank seiner Initiative und seines anhaltenden Interesses durften wir dieses ungewöhnliche Material zum Gegenstand eines Projektseminars „Experimentalkulturen: Instrumente und Methodentransfer“ im Wintersemester 2006/07 machen. Dieses bot die Chance, Studierende ganz verschiedener Fachrichtungen an die Forschung heranzuführen und sie für die besondere Problematik des Umgangs mit Bildquellen zu sensibilisieren. Ziel war, diese Quellen zu erschließen, in ihren historischen Kontext zu stellen, in dieser Form der Wissenschaft zugänglich zu machen und das Ergebnis zugleich in einer Ausstellung zu präsentieren. Dem Leihgeber, der dies ermöglicht hat, sei dafür vor allen anderen ganz ausdrücklich gedankt.

Die Textbeiträge wurden von den Seminarteilnehmern verfasst, in der Gruppe gegengelesen und anschließend redigiert. Sie sind wie folgt gekennzeichnet: Julia Böttcher (JB), Matthias Fürst (MF), Simone Gerber (SG), Peter Konečný (PK), Kirstina Marjanovic (KM), Christoph Meinel (CM), Martin Merkl (MM), Benjamin Mirwald (BM), Esther Mittermeier (EM), Christine Nawa (CN), Martin Pieper (MP), Nicolás Sanchez Guerrero (NS) und Michael Süß (MS). Beiträge zur Ausstellung lieferten ferner Axel Roitzsch und Veronika Schmeer.

Inhaltlich wird das Material thematisch präsentiert; doch soll der Fokus auf den Objekten bleiben, die damit zugleich die Grenzen des Projekts vorgeben. Eine Gesamtkonstruktion der Heidelberger Experimentalkulturen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war zu keiner Zeit unser Ziel. Hinsichtlich der Bildredaktion stand von Anfang an fest, dass eine angemessene Reproduktion des Bestandes andere technische Lösungen erfordert hätte. Doch sollen wenigstens einige ausgewählte Originalzeichnungen vorgestellt werden, um einen Eindruck von ihrer Beschaffenheit und Aussagekraft zu vermitteln. In anderen Fällen widerfährt den Skizzen das gleiche Schicksal, das sie bereits im 19. Jahrhundert erlitt: Sie wurden in der Publikation durch Lithographien oder Holzschnitte abgelöst, für die Veiths Zeichnungen als Vorlagen gedient hatten. In dem für diesen Band gewählten Nebeneinander von graphischen Wiedergaben und Bleistiftskizzen zeigen sich die Effekte des Medienwechsels deutlicher, als es sich mit Worten beschreiben ließe.

Im Zuge der Bearbeitung wurden die Blätter, die bis auf Datum und Namen der Auftraggeber keine weiteren Ordnungsmerkmale aufwiesen, nach diesen Namen geordnet

und foliiert. Mit * bezeichnet, ist diese nachträgliche Blattzählung der formalen Beschreibung der einzelnen Stücke vorangestellt, um die spätere Zuordnung zu erleichtern.

Wie bei jedem Buch sind auch bei diesem weit mehr Personen und Institutionen beteiligt, als das Autorenverzeichnis preisgibt, und ohne deren tatkräftige Unterstützung das Projekt nicht hätte gelingen können. Ihnen gilt unser aufrichtiger Dank. Insbesondere erwähnt seien in Heidelberg: Dipl.-Ing. Herbert Zimmermann (Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung), Prof. Dr. Werner Moritz (Universitätsarchiv Heidelberg), Günther Berger (Stadtarchiv Heidelberg), Dr. Maarten DeKieviet (Physikalisches Institut der Universität), Prof. Dr. Klaus Maas (Institut für Organische Chemie der Universität), Prof. Dr. Mattias Untermann (Universitätsmuseum Heidelberg und Institut für Europäische Kunstgeschichte); in Regensburg: die Mitarbeiter und Doktoranden des Lehrstuhls für Wissenschaftsgeschichte, besonders Thomas Steinhauser für hilfreiche Tipps und tatkräftige Unterstützung bei der Recherche in kniffligen Fällen und ein immer offenes Ohr für die Fragen der Seminarteilnehmer sowie Oliver Hochadel für Wortwitz im richtigen Augenblick, ferner Dr. Christian Hirtreiter und Dr. Martin Dallmeier für organisatorische Unterstützung im Rahmen der Ausstellung.

Mit Auskünften haben uns außerdem bereitwillig geholfen Dr. Elke Schulze (Seminar für künstlerisch-ästhetische Praxis, Humboldt-Universität zu Berlin), Prof. Dr. Falk Rieß (Fachbereich Physik, Universität Oldenburg), Prof. Dr. Horst Gundlach (Institut für Geschichte der Psychologie, Universität Passau), Prof. Dr. Erich Schröger und Maximilian Wontorra (Institut für Psychologie, Universität Leipzig), die Universitätsbibliothek Heidelberg sowie das Generallandesarchiv Karlsruhe.

Der Hans R. Jenemann-Stiftung zur Förderung der Geschichte wissenschaftlicher Instrumente, die den Druck dieses Bandes mit einem Zuschuss ermöglicht hat, gilt unser ganz besonderer Dank.

Christine Nawa und Christoph Meinel

1. EINLEITUNG

Das neunzehnte Jahrhundert ist eine Zeit weitreichender Transformationen – auch in den Naturwissenschaften. Neuartige Arbeitsformen und neue Methoden setzten sich durch, Theorie und Experiment gingen neue Verbindungen ein. Mit Beginn der 1860er Jahre etablierte sich eine neue Form von Großlaboratorien, und in der Chemie, der Physik und der Physiologie vollzogen sich Entwicklungen, die letztlich zu ganz neuen Formen transdisziplinärer Kooperation führten.

Wie die neuere Forschung gezeigt hat, wurde der Transfer von Wissen und Methoden zwischen so unterschiedlichen Bereichen wie Chemie und Physiologie, Mechanik und Psychologie maßgeblich von wissenschaftlichen Instrumenten und Apparaturen getragen. In den sich entwickelnden Naturwissenschaften stellten Instrumente Kristallisationspunkte dar für die Entstehung von Experimentalsystemen und sich neu herausbildenden Feldern wie Experimentelle Physiologie, Physikalische Chemie und Experimentelle Psychologie.

Für die Untersuchung der Bedingungen und Wege der Herausbildung lokaler Experimentalkulturen an den Grenzen zwischen den sich formierenden Disziplinen stellt das Heidelberg der 1850er und 1860er Jahre ein außerordentlich ergiebiges Forschungsfeld dar. Über lange Zeiträume hinweg hatte die bereits 1386 gegründete Ruprecht-Karls-Universität keine oder nur kurzzeitig eine bedeutende Rolle in der gelehrten Welt gespielt. Nach ihrer Reorganisation von 1803 sollte sich dies jedoch grundlegend ändern. Mit dem Aufkommen der Romantik entwickelte die Stadt große Anziehungskraft für Dichter und Denker und mit ihnen für Gelehrte verschiedenster Couleur. Vor allem Philosophie und Medizin nahmen Anteil an diesem Aufschwung. In den Jahrzehnten nach der 1848er Revolution forcierte das liberale Großherzogtum Baden, nicht zuletzt im Wettbewerb mit anderen deutschen Staaten um kulturellen Führungsanspruch, die Institutionalisierung der experimentellen Naturwissenschaften. Eine geschickte Berufungspolitik und die grundsätzliche Bereitschaft zu entsprechenden Investitionen, vor allem im baulichen Bereich, zeigten rasch Wirkung: Es entstanden neue Laboratorien für Physik, Chemie und Physiologie – aber auch Krankenhäuser, in denen neue, experimentelle und wissenschaftsbasierte Zugänge erprobt wurden. Das Ergebnis dieser Bemühungen ist bekannt: Seit Beginn der 1850er Jahre stieg Heidelberg zu einem Forschungszentrum von internationalem Rang auf, eng verknüpft mit den Namen von Robert Bunsen, Gustav Kirchhoff und Hermann Helmholtz. Diese Glanzzeit der Ruperto Carola hielt bis Anfang der 1870er Jahre an. Erst dann verlor die Universität zahlreiche namhafte Wissenschaftler – und dazu eine ganze Reihe von Studenten – vor allem an preußische Universitäten. Die Krise dauerte indes nicht lang. Um 1900 zählte Heidelberg erneut zu den angesehenen Universitäten des Deutschen Reiches.

Eine erst kürzlich aufgefundene Quelle aus diesem Kontext ermöglicht im wahrsten Sinne des Wortes Einblicke in „Wissen im Entwurf“. Es handelt sich um eine gut 50 Blätter umfassende Mappe mit Zeichnungen aus den Jahren 1856-1891, die für einige der bekanntesten Heidelberger Experimentalwissenschaftler angefertigt wurden. Abgebildet sind wissenschaftliche Instrumente und Apparaturen, darunter der Prototyp des Bunsen-Kirchhoffschen Spektroskops. Der Künstler, von dem diese Zeichnungen stammen, ist der heute fast vollständig in Vergessenheit geratene Maler und Universi-

tätszeichenlehrer Friedrich Veith. Dabei zählten seine Zeichnungen von physikalischen und physiologischen Instrumenten und ihren technischen Details, chemischen Apparaturen und Laborutensilien sowie medizinischen Präparaten in die Tausende, dienten als Vorlagen für im Druck erschienene Tafeln oder Textillustrationen und fanden auf diese Weise weite Verbreitung. Doch das meiste davon ist verschollen, oder die Urheber der Druckgraphiken sind nicht mehr zu ermitteln. Was sich – durch glücklichen Zufall oder als Folge bewußter Auslese – über die Zeiten erhalten hat, ist durchaus repräsentativ für die Heidelberger Experimentalkultur jener Epoche, von zum Teil bemerkenswerter Qualität und rechtfertigt deshalb eine gründlichere wissenschaftshistorische Untersuchung.

Das Konvolut dieser Zeichnungen führt uns historisch auf Zusammenhänge, die sich quellenmäßig in der Regel nur schwer erschließen: Es führt uns auf die ersten Konkretisierungen und frühen Veränderungen apparativer Verfahren im Forschungslaboratorium, auf die große Bedeutung oftmals scheinbar kleinster konstruktiver Innovationen, auf die allmähliche Standardisierung von Experimentalanordnungen bis hin zu deren Typisierung im Lehrbuch. Weiterhin auf die Rolle von Instrumenten und Apparaturen bei der Hervorbringung und Verbreitung wissenschaftlichen Wissens und nicht zuletzt auf diejenigen an der Forschung beteiligten Personen, die im Belohnungssystem der Wissenschaft bewusst oder unbewusst ausgeblendet werden, wie Assistenten, Instrumentenmacher, Mechaniker, Lithographen, Drucker und Zeichner – und deren historische Spuren meist längst verweht sind.

Der im Folgenden vorgestellte Quellenbestand ist in seiner Art einzigartig. Wissen im Entwurf zeigt sich daran als Wissen im Prozess. Er verweist darauf, dass Bilder – ebenso wie Texte – nichts Statisches sind, sondern sich verändern und, um lesbar zu werden, der Interpretation und der Kontextualisierung bedürfen. Material dieses Umfangs und dieser Qualität ist bisher nicht bekannt geworden. Es mit diesem Band für die Forschung verfügbar zu machen, ist unser primäres Ziel.

Peter Borscheid, *Naturwissenschaften, Staat und Industrie in Baden, 1848-1914*, Stuttgart 1976. – Wilhelm Doerr (Hg.), *Semper Apertus: Sechshundert Jahre Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Festschrift in sechs Bänden, Bd II: Das neunzehnte Jahrhundert, 1803-1918*, Berlin u.a. 1985. – Eike Wolgast, *Die Universität Heidelberg 1386-1986*, Berlin 1986, bes. S. 103-120. – Christa Jungnickel u. Russell McCormach, *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, Bd 1, Chicago 1986, 285-310. – Arleen M. Tuchman, *Science, Medicine, and the State in Germany: The Case of Baden, 1815-1871*, Oxford 1993.

CN/CM

2. *UNSICHTBARE HÄNDE: DER UNIVERSITÄTS-ZEICHENLEHRER FRIEDRICH VEITH*

Wissenschaftsgeschichte hat sich lange als die Geschichte genialer Forscher und ihrer bahnbrechenden Ideen verstanden. Doch an der Hervorbringung wissenschaftlichen Wissens, seiner Kommunikation und Rezeption sind viele, ganz unterschiedliche Akteure beteiligt, und dies nicht erst im Zeitalter von Großforschung und hochgradiger Arbeitsteilung. Seitdem die Historiographie der Wissenschaften sich der konkreten Forschungspraxis, dem Geschehen im Laboratorium, der Rolle von Objekten und den materiellen Bedingungen von Wissensproduktion und -kommunikation zugewandt hat, sind auch andere Akteure ins Blickfeld geraten, und zwar durchaus auch als Miterfinder und Experten in eigenem Recht. In den experimentellen Naturwissenschaften sind es vor allem die Instrumentenbauer, Linsenschleifer, Mechaniker, Glasbläser, Hersteller oder Lieferanten von Laborbedarf, und nicht zuletzt auch das sich im Laufe des 19. Jahrhunderts immer stärker differenzierende Hilfspersonal vom Assistenten bis hin zum Labor-diener. Gleiches gilt für die Repräsentation und Kommunikation wissenschaftlichen Wissens. Hier reicht die Kette von den Gärtnern und Präparatoren über die Zeichner, Photographen, Stecher und Lithographen bis zu den Übersetzern, Druckern und Verlegern, ohne die wissenschaftliche Kommunikation in der Neuzeit nicht denkbar wäre. Der enorme Aufschwung der Wissenschaften seit dem 19. Jahrhundert und die zunehmende Bedeutung visueller Kommunikationsformen verdanken sich nicht zuletzt auch den technischen Innovationen beim Drucken und in der Photographie, die ihrerseits ein neues visuell vermitteltes Bild von Wissenschaft in der Öffentlichkeit prägten.

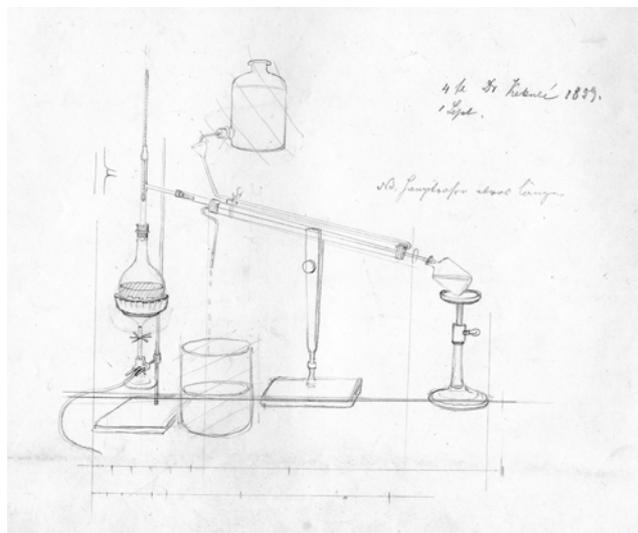
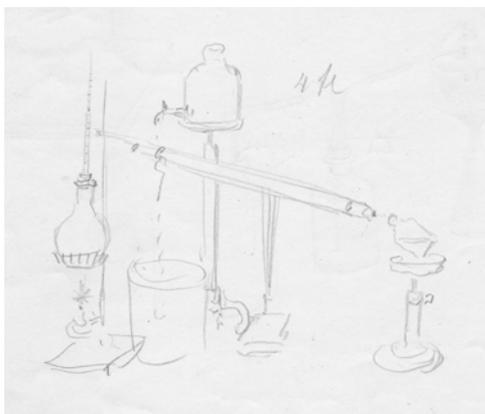
Die Art und Weise, wie im Wissenschaftsbetrieb kommuniziert, Hierarchie generiert und Leistung honoriert wird, hat allerdings zur Folge, dass nur bestimmte Akteure Sichtbarkeit erlangen, während andere unsichtbar werden. Dies hat mit Gerechtigkeit wenig zu tun und entzieht sich moralischer Bewertung. Mit dem amerikanischen Wissenschaftssoziologen Robert Merton ließe sich vielmehr argumentieren, diese Asymmetrie in der Zuerkennung von Belohnungen sei struktureller Natur und folge aus den funktionalen Normen eines Systems, dessen Aufgabe darin besteht, neues Wissen hervorzubringen und dessen Geltung zu sichern.

Es gehört zu den Paradoxien des Wissenschaftsbetriebes, dass ausgerechnet diejenigen, die der Wissenschaft neue Wege der visuellen Kommunikation eröffnet und damit deren öffentliche Sichtbarkeit erhöht haben: Zeichner, Stecher, Xylographen und Lithographen, selbst meist unsichtbar blieben. Auf Titelblättern taucht ihr Name in der Regel nicht auf, auf den graphischen Reproduktionen selbst werden sie selten genannt, und sogar eine Danksagung im Vorwort findet sich nur ausnahmsweise. Waren die Zeugnisse ihres unmittelbaren Schaffens, die Handzeichnung oder der photographische Abzug, Lithographie, Holzstich oder Heliogravüre dann erst einmal publiziert, hatten sie in der Regel ihren Zweck erfüllt, wurden entbehrlich und vernichtet, und mit ihnen wurden auch die Autoren dieser Bilder unsichtbar.

In ihrer Pionierstudie *Nulla dies sine linea* von 2004 hat sich die Berliner Kunsthistorikerin Elke Schulze mit der sozialen Gruppe der Universitäts-Zeichenlehrer befasst. Ihr Interesse galt dabei sowohl einer vergessenen Traditionslinie, die in die Herausbildung der Kunstgeschichte als akademischer Disziplin einmündet, als auch der Differenzie-

rung und Professionalisierung des akademischen Zeichenunterrichts, der sich seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in einen künstlerischen und einen naturhistorisch-naturwissenschaftlichen Zweig spaltet; drittens schließlich dem immanenten Rollenkonflikt derjenigen, die, ursprünglich als Künstler ausgebildet, ihrem Auge den disziplinierenden Blick und ihrer Hand den objektivierenden Duktus des Naturforschers aufzwingen mußten – um den Preis des Verzichts auf Originalität, Spontaneität und Individualität.

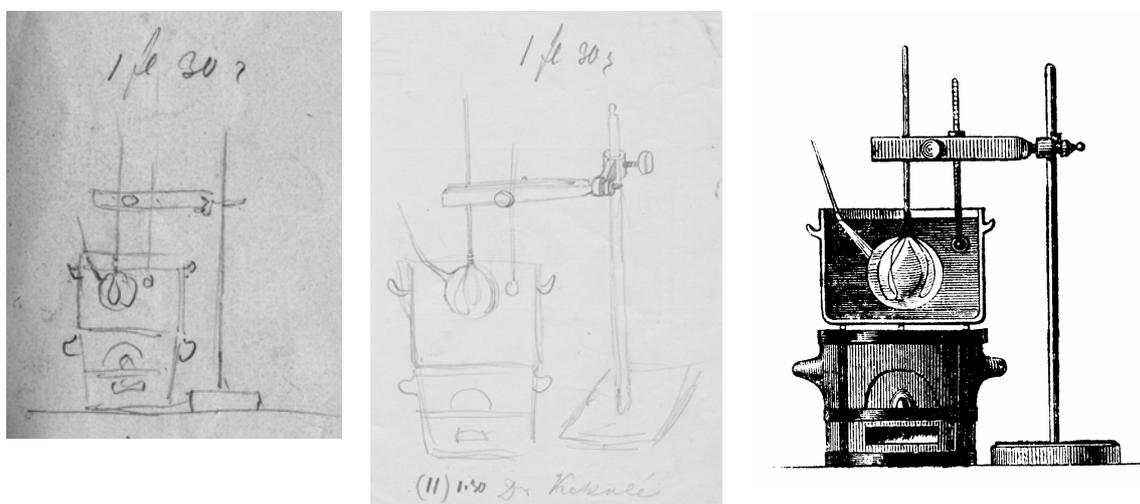
Die Disziplinierung des Blicks und das Unsichtbarwerden des Zeichners sind Vorgänge, die sich an den erhaltenen Skizzen des Heidelberger Universitäts-Zeichenlehrers Friedrich Veith gut nachvollziehen lassen. Unter Veiths für den Chemiker August Kekulé für den Chemiker August Kekulé gezeichneten Apparaturen findet sich die Skizze einer Destillationsapparatur [→ 6.3.3.], zu der sich auf der Rückseite eines anderen Blattes [→ 6.2.3.] eine flüchtige Vorzeichnung erhalten hat.



Zu sehen sind ein über einem Bunsenbrenner erhitzter Kolben mit Thermometer, ein geneigter Gegenstromkühler zur Kondensation und eine auf einem Stativ stehende Flasche zum Auffangen des Destillats, ferner Vorrats- und Auffangbehälter für das Kühlwasser; Druckwasserleitungen waren in Laboratorien damals noch selten. Beide Blätter tragen die Preisangabe von 4 Gulden für die Anfertigung der Reinzeichnung; das rechte dazu das Datum 1. September 1859 und den Namen des Auftraggebers: Dr. Kekulé, außerdem ein Gitternetz zur maßstäblichen Übertragung in eine graphische Technik, dazu den Hinweis, dass in diesem Fall das Rohr des Gegenstromkühlers etwas länger ausfallen solle („N[ota] B[ene] Hauptrohr etwas länger“). Auch wenn sich eine entsprechende publizierte Zeichnung nicht auffinden ließ, verdeutlicht die Abfolge der Blätter einen Prozess, der so sehr zum wissenschaftlichen Zeichnen gehört, dass das Endprodukt ihn in der Regel vergessen lässt: Die erste, mit leichter Hand hingeworfene, noch den Schwung des Zeichenstifts und die Flüchtigkeit des Augenblicks verratende Skizze wird nachträglich rektifiziert, in ein orthogonales Schema gebracht und damit gewissermaßen objektiviert. Nicht nur sind die Linien jetzt wie mit dem Lineal gezogen, sondern die einzelnen Objekte sind auch so angeordnet, dass sie einander nicht mehr verdecken und funktionale Details deutlich hervortreten. Auch ist die optisch störende Halterung des hochgestellten Kühlwasserreservoirs fortgelassen, und dass dieses wie auch das Auffanggefäß schraffiert durchgestrichen sind, deutet darauf hin, dass diese für die

zu zeigende Apparatur nebensächlichen Details im Druck wegfallen sollten, damit sich das Auge des Betrachters auf das Wesentliche konzentrieren kann.

Beim Wechsel ins Medium des Druckes wird die Ablösung von der individuellen Hand des Zeichners noch deutlicher. Aus der leicht anmutenden Skizze einer Apparatur zur Dampfdruckbestimmung [links, Detail aus → 6.1.1.] wird auf der Rückseite eines anderen Blattes [mitte, → 6.1.3.] eine beim Stativ und der Halteklammer perspektivisch aufgefasste, detailreichere Zeichnung, deren rascher Strich mehr Andeutung als Festlegung ist und viele Freiheiten der Deutung und Ausführung erlaubt. Aus dem geradezu statuarischen, in jeder Hinsicht definitiven und der Seriosität des Lehrbuches angemessenen Holzschnitt (rechts) in Kekulé's *Lehrbuch der Organischen Chemie* (Erlangen 1861), S. 46, sind diese Unbestimmtheiten und Freiheitsgrade schließlich verschwunden und mit ihnen die Flüchtigkeit der Situation und der individuelle Duktus der zeichnenden Hand – und zwar so vollständig verschwunden, dass der ursprüngliche Autor der Holzschnitte im *Lehrbuch* mit keinem einzigen Wort erwähnt ist.



An der Schnittstelle zwischen Kunst und Handwerk tätig, war die Situation von wissenschaftlichen Zeichnern und Illustratoren prekär: In einer Zeit wachsender Bedeutung des Visuellen in den Wissenschaften und der Einführung neuer Druckverfahren wie Lithographie und in den Textblock eingebundene Xylographien, waren ihre Dienste den Wissenschaftlern und Medizinern ganz unentbehrlich. Andererseits galt ihr Schaffen bei vielen als uninspirierte, mechanisch-handwerkliche Tätigkeit des bloßen Abbildens, der das eigentlich Künstlerische fehlt.

Wissenschaftliche Zeichnungen sind keine autonomen Kunstwerke. Als Medium der Hervorbringung und Kommunikation wissenschaftlichen Wissens bleiben sie integraler Bestandteil von Text-Bild-Zusammenhängen, die in der publizierten Form häufig noch durch Verweisbuchstaben miteinander verzahnt sind. Schon in den Vorskizzen Veiths ist dieser Textbezug unübersehbar: kleine Buchstaben oder Zahlen, herausgezeichnete Details, auf die im vorgesehenen Text gesondert eingegangen werden soll, Hinweise auf Größenverhältnisse, Einpassung in den Satzspiegel oder das vorgesehene Layout – Spuren eines Entstehungs- und Herstellungsvorganges, bei denen sich unterscheiden lässt zwischen bleibenden Verweisen und prozessualen Hinweisen für den Zeichner oder Lithographen, die zwar für das Zustandekommen des Bildes konstitutiv, nach seiner Umsetzung in den Druck jedoch verschwunden sind.

Das zeichnerische Werk Friedrich Veiths verrät den Rollenkonflikt zwischen dem Geltungsanspruch des Künstlers, als der er ausgebildet war, und der Aufgabe des naturwissenschaftlichen Zeichners, als der er seinen Lebensunterhalt bestritt. Auge und Hand hatten sich hier der disziplinierenden Wirkung der wissenschaftlichen Disziplinen unterzuordnen, die sich an den Universitäten des 19. Jahrhunderts neu formierten. In Veiths Vorzeichnungen ist die Disziplinierung und Objektivierung noch nicht so weit fortgeschritten, dass alle Spuren des Individuell-Künstlerischen getilgt wären. Das geschieht erst im Druck. Doch mit vollem Namen signiert, wie Künstler es tun, hat Veith nur ein einziges der überlieferten Blätter: die besonders sorgfältig ausgeführte Zeichnung des Helmholtzschen Myographiums [→ 5.1.1.] von 1860.

Klaus Hentschel, *Gaußens unsichtbare Hand: Der Universitäts-Mechanicus und Maschinen-Inspector Moritz Meyerstein, ein Instrumentenbauer im 19. Jahrhundert*, Göttingen 2005. – Elke Schulze, *Nulla dies sine linea: Universitärer Zeichenunterricht – eine problemgeschichtliche Studie*, Stuttgart 2004. – Klaus Hentschel, “Drawing, engraving, photographing, plotting, printing: Historical studies of visual representations, esp. in astronomy”, in: Ders. u. Axel D. Wittmann (Hgg.), *The Role of Visual Representations in Astronomy: History and Research Practice*, Thun u. Frankfurt/Main 2000, 11-43. – Renato G. Mazzolini (Hg.), *Non-Verbal Communication in Science prior to 1900*, Florenz 1993.

CN/CM

2.1. **Karl Friedrich Veith** (1817, Heidelberg – 1907, Heidelberg)

Selbstbildnis, Öl/Leinwand, 38,5 x 31,5 cm, bez.: Selbstporträt 1842, München, Vth; nach: Lohmeyer, 1920, Nr. 27, und Lohmeyer 1935, S. 415, Abb. 323



Am 3. Februar 1817 als Sohn eines Heidelberger Herrendieners geboren, hatte Friedrich Veith bereits früh privaten Zeichenunterricht erhalten und schon mit 17 Jahren an einer Heidelberger Schule, aus der 1835 die Gewerbeschule hervorging, selbst Zeichenstunden erteilt. Er besuchte naturwissenschaftliche Vorlesungen, befasste sich mit den Techniken von Lithographie und Kupferstich und soll auch Illustrationen zu einem geologischen Werk geliefert haben.

Von 1840 bis 1845 besuchte er die Akademie der Bildenden Künste in München, erscheint jedoch erst im November 1842 als Student der Malerei in der Matrikel. Anderen Angaben zufolge soll er bereits 1839 bei dem Leiter der Akademie, Peter von Cornelius, studiert haben, der in München Fresken für die Glyp-

tothek, die Alte Pinakothek und die Ludwigskirche geschaffen hatte, bevor er 1841 nach Berlin ging.

Nach einem der Überanstrengung zugeschriebenen Augenleiden, das Veith zwei Jahre lang arbeitsunfähig machte, trat er im Oktober 1847 eine Stelle als Lehrer für den Zei-

chenunterricht an der Höheren Bürgerschule (dem späteren Realgymnasium) in Heidelberg an, die er bis zu seiner Pensionierung im Juli 1891 innehatte. In dieser Zeit habe er „Generationen von Schülern in der Kunst richtig zu sehen und die Natur nachzubilden erzogen“ (Chronik, 353), daneben aber auch am Gymnasium, der Gewerbeschule und anderen Einrichtungen Zeichenunterricht erteilt.

In unserem Zusammenhang wichtiger ist seine Tätigkeit für die Universität Heidelberg. Im Januar 1846 hatte Veith sich um Aufnahme in das Vorlesungsverzeichnis bemüht [→ 2.4.]; doch obwohl er von 1846 bis 1901 im Universitäts-Adressbuch in der Gruppe der Sprachlehrer und Exerzitienmeister geführt wurde und regelmäßig „Privat-Unterricht im Zeichnen naturhistorischer Gegenstände“ ankündigte, scheint er nie eine eigentliche Anstellung als Universitäts-Zeichenlehrer gehabt zu haben.

Die „von Herrn F. Veith meisterhaft ausgeführten Bilder“ hielt Otto Becker, Direktor der Heidelberger Universitäts-Augenklinik, auf dem Ophthalmologenkongress von 1874 für so bemerkenswert, dass er den Zeichner in einer späteren Publikation ausgewählter Blätter [→ 2.6.] ausdrücklich lobte. Doch umgeben von aufstrebenden Nachwuchswissenschaftlern und medizinischen Koryphäen, blieb Friedrich Veith, der Studenten und Forschern über Jahrzehnte hinweg den genauen Blick und die zeichnende Hand geliehen hatte, selbst so gut wie unsichtbar. Er sei „den Künstlerlexiken unbekannt und völlig vergessen“, schreibt Lohmeyer schon 1920, und nicht einmal sein Selbstbildnis lässt sich inzwischen mehr nachweisen.“

Dabei sollen aus der Feder von Friedrich Veith ganze 4018 wissenschaftliche Zeichnungen publiziert worden sein, darunter 80 Lehrtafeln und über 300 mikroskopische Bilder! Ob diese minutiösen Angaben von ihm selbst oder einem anderen stammen, geht aus dem anonymen Nachruf in der *Chronik der Stadt Heidelberg* nicht hervor. Das Zahlenverhältnis von Gesamtwerk zur Zahl der noch nachweisbaren Stücke macht das Unsichtbarwerden von Person und Oeuvre solcher wissenschaftlicher Zeichner eindrucksvoll deutlich. Auch von der „kurzen Skizze seines Lebens“, die Veith für die Seiten niedergeschrieben haben soll, fehlt jede Spur.

In der Nacht vom 24. zum 25. September 1907 ist Friedrich Veith im Alter von 90 Jahren in Heidelberg gestorben.

Chronik der Stadt Heidelberg für die Jahre 1907–1909, bearb. v. Ferdinand Rösiger, Heidelberg 1913, 352-354. – Karl Lohmeyer, *Heidelberger Maler der Romantik*, Heidelberg 1935, 414-415 – *Verzeichnis der im Städtischen Sammlungsgebäude zu Heidelberg vom 15. Mai bis 15. September 1920 ausgestellten Gemälde von Rahl, Feuerbach, Trübner und anderen zeitgenössischen Meistern aus Heidelberger Besitz*, hg. v. Karl Lohmeyer, Heidelberg 1920, 4. – *THIEME/BECKER* 34, 182. – *Einwohner-Verzeichniß der Stadt Heidelberg nebst Angabe ihrer Wohnungen und Gewerbe in alphabetischer Ordnung für 1863 und 1864*, Heidelberg 1863, 126-127. – Generallandesarchiv Karlsruhe, 76/13609, Personalakte F. Veith.

CN/CM

2.2. *Friedrich Veith: Entwürfe zu Zeichnungen*

Bindemappe, mit blauem Papier kaschiert und mit ornamental ausgeschnittenem, sorgfältig beschriftetem Papieretikett, 36 x 31 cm, bez.: „Einige Entwürfe zu Zeichnungen nach Apparaten & Präparaten zu verschiedenen wissensch[aftlichen] Zwecken für academis[ch]e Lehrer u[nd] a[ndere] Dozenten. G[eheimer] R[at] Bunsen, Kirchhoff, Helmholtz, Friedreich, Simon, Becker, Moos, Cerny, Fürstner, Arnold u[nd] 92 Andere Dozenten“. Darin 2 Umschläge und 54 ursprünglich nicht foliierte Bll. unterschiedlicher Formate, von 19 x 9 cm bis 34 x 43 cm; Privatbesitz

Von den ungezählten naturwissenschaftlichen Zeichnungen, die Veith angefertigt hat und die zumeist ohne Namensnennung in Druck gingen, hat sich nur ein verschwindender Bruchteil erhalten, darunter allerdings einige wissenschaftshistorisch besonders bedeutsame Stücke. Es handelt sich um Bleistift-Vorzeichnungen für danach ins Reine gezeichnete Abbildungsvorlagen, die anschließend zur Publikation an den Verlag oder die Lithographenanstalt geschickt wurden. In der Regel tragen die Blätter von der Hand Veiths den Namen des Auftraggebers und ein Datum, oft auch Preisangaben, vermutlich die Gebühr für die Ausfertigung der Reinzeichnung. Die Namens- und Datumsangaben sind – gewiss ebenfalls von Veiths Hand, jedoch mit deutlich größerem Duktus – später noch einmal daraufgesetzt, gelegentlich auch über die ursprüngliche Beschriftung.

Die Blätter bestehen aus glattem Schreibpapier oder dünnem Zeichenkarton und sind von uneinheitlichem Format. Offenbar wurden sie freihändig aus größeren Bogen herausgeschnitten, und zwar – mit zwei Ausnahmen – so, dass die Zeichnungen für einen Auftraggeber auf jeweils einem eigenen Blatt zu stehen kamen. Die Blätter sind überwiegend einseitig verwendet; bei drei für Friedrich Krafft angefertigte Skizzen hat Veith jedoch die Rückseiten von Schülerzeichnungen benutzt, von denen zwei auf 1888 und eine auf 1889 datiert sind, Namen und Klasse der Schüler sowie einen Hinweis auf die Realschule Heidelberg enthalten. Einige von Veiths Zeichnungen weisen ein unterlegtes Gitternetz [→ 5.2.6.] oder andere Hilfslinien auf, die der maßstabsgerechten Übertragung in die Reinzeichnung dienten; gelegentlich [→ 5.2.1.] wurden Konturen durchgepaust.

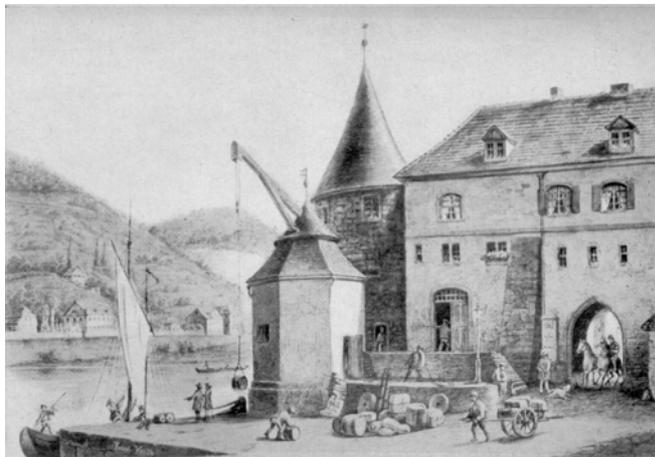
In der Bindemappe liegen ferner zwei leere gefaltete Bögen im doppelten Folio-Format, die als Umschläge bestimmt waren. Der erste [*1] trägt die Aufschrift „Chemische & physikalische Apparate nach Modellen aufgenommen von Bunsen, Kirchhoff, Helmholtz, Krafft, Weill, Thoma, Wundt, Erlenmeyer, Mathisson, Schiel, Konneck, Ochon, Carius, Trautfeder, Kekulé, Dr. X.“ und war gewiss als Umschlag für denjenigen Teil der Zeichnungen bestimmt, der sich erhalten hat. Die restlichen, auf die das Etikett auf der Bindemappe noch verweist, sind inzwischen verschollen. Der zweite Papierumschlag [*22] trägt den Betreff „Chemische Apparate für Prof. Kekulé“ und darunter eine Abrechnung: „Juli 1 Apparat = fl. 4; Sept 3 App. à 4 = fl. 12; Sept 1 Ap. = 1–4; 1 dto. 3–10; 1 dto. 2–30“ und hat ursprünglich wohl einige für Kekulé gezeichnete Blätter zusammengefasst.

Es gibt wenig Zweifel daran, dass Friedrich Veith selbst es war, der diese Vorzeichnungen aufbewahrt, beschriftet und gesammelt hat – vielleicht so, wie andere Künstler und Handwerker ihre Muster- und Skizzenbücher aufbewahren. Dies erfüllte einerseits den praktischen Zweck, bei Bedarf eine zweite Reinzeichnung anfertigen zu können. So hat Veith etwa auf der Zeichnung des Helmholtzschen Myographium [→ 5.1.1.] vermerkt, dass er davon für Hermann Helmholtz eine viermal so große kolorierte und für dessen Assistenten Wilhelm Wundt eine halb so große Zeichnung gefertigt habe. Andererseits hat Veith diese Blätter aber vielleicht auch deshalb aufbewahrt, um die – innerhalb der wissenschaftlichen Kommunikation letztlich bloß intermediären – Schöpfungen seines Bleistifts festzuhalten und sein schon zu Lebzeiten unsichtbar werdendes Oeuvre dem Vergessen zu entreißen, dem wissenschaftliche Texte und Bilder früher oder später anheimfallen.

2.3. „... die Schönheiten von Heidelberg“

Heidelberg: Der alte Kranen mit dem Marstall, Sepiazeichnung, 1857, bez.: Fried. Veith; nach einer Vorlage des Kunstverlags Edm. von König, Heidelberg; in: Rudolf Sillib u. Karl Lohmeyer, *Heidelberg*, Stätten der Kultur, hg. v. Georg Biermann, Bd 36, Leipzig 1927, Taf. nach S. 50

Das künstlerische Werk Friedrich Veiths ist praktisch verschollen. Dabei wäre es interessant zu sehen, wie sich der Rollenkonflikt zwischen Künstler und wissenschaftlichem Zeichner im Oeuvre ausdrückt. Außer dem Selbstbildnis von 1842 [→ 2.1.] ist von ihm nur bekannt, dass er sich von 1892 an, nach Ausscheiden aus dem Schuldienst, vermehrt damit beschäftigt habe, „die Schönheiten



von Heidelberg und dem Neckartal künstlerisch festzuhalten, zeichnend, malend und tuschend“ (*Chronik*, 353). In diesen Zusammenhang gehört wohl auch die Zusammenarbeit mit dem bekannten Heidelberger Kunst- und Postkartenverlag von Edmund von König. Veith dürfte dem Verleger auch persönlich bekannt gewesen sein; sein Selbstbildnis ist zuletzt im Besitz der Witwe des Verlegers nachgewiesen. Der Verlag selbst ist vor wenigen Jahren im Schöning-Verlag Lübeck aufgegangen; ob ein Verlagsarchiv existiert, war nicht in Erfahrung zu bringen.

Chronik der Stadt Heidelberg für die Jahre 1907–1909, bearb. v. Ferdinand Rösiger, Heidelberg 1913, 352-354.

CM

2.4. „... als Zeichnen-Lehrer den Herrn Akademikern empfohlen“

Eingabe, F. Veith an den Senat der Universität Heidelberg, Heidelberg, 2. Januar 1846; Universitätsarchiv Heidelberg, RA 6658, Zeichenunterricht 1830-1909

Eine der wenigen Spuren, die Veith in den Akten der Universität Heidelberg hinterlassen hat, ist ein Gesuch vom 2. Januar 1846 um „empfehlende Aufnahme“ in das Vorlesungsverzeichnis, dem am 14. Januar stattgegeben wurde. Darin heißt es etwas gestelzt:

Fried Veith
Grüßmann-Lafona

„Gehorsamst unterzeichnet, bitte ich einen hochverehrlichen akademischen Senat, da ich als Zeichnen-Lehrer den Herrn Akademikern empfohlen zu sein möchte, um Anführung als solcher im Vorlesungs-Prospectus. Insbesondere erlaube ich mir noch zu bemerken, daß ich aus langer Praxis, gründliche Anleitung

zur Darstellung naturhistorischer Gegenstände zu geben im Stande bin, was zum Behufe wissenschaftlicher Untersuchungen, Manchem erwünscht sein dürfte.

Hochgeneigter Gewährung meines Gesuches hoffnungsvoll entgegensehend, verharre ich Eines hochverehrlichen akademischen Senats gehorsamster Fried Veith, Zeichnen-Lehrer.“

2.5. *Anatomie des Auges*

Otto Becker, *Atlas der pathologischen Topographie des Auges*, gezeichnet von Dr. Carl Heitzmann, 3 Bde, Wien 1874-1878, 12 + 9 + 12 Tafeln, 23 x 28,5 cm

Seit 1818 hatte Heidelberg eine Ophthalmologische Klinik, die, als Teil der Chirurgie, anfangs mit der Medizinischen Klinik im Gebäude des ehemaligen Dominikanerklosters untergebracht war. 1862 gründete Hermann Knapp (1832–1911), der sich im Wintersemester 1859/60 in Heidelberg für Augenheilkunde habilitiert hatte, eine zunächst privat geführte Augenklinik in der Hauptstraße, für die er 1865 ein persönliches Extraordinariat und einen laufenden Etat bekam [→ 5.1.4]. Ihm folgte Otto Becker (1828–1890) aus Wien 1868 als ordentlicher Professor und Direktor der Augenklinik, welche 1878 einen Neubau bezog. Angeregt durch die Arbeiten von Hermann Helmholtz [→ 7.5.], der von 1858–1871 den Lehrstuhl für Physiologie innehatte und dessen 1850 erfundener Augenspiegel eine völlig neue Ära der ophthalmologischen Diagnostik eröffnet hatte, war Heidelberg damals ein Zentrum der experimentellen Augenheilkunde. So war es denn nur konsequent, dass die von dem Berliner Augenkliniker Albrecht von Graefe (1828–1870) gegründete Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, die zum wichtigsten Forum des jungen Spezialfaches wurde, seit 1857 jährlich in Heidelberg tagte.

Für Otto Becker hat Friedrich Veith nicht bloß die in den Vorlesungen verwendeten Zeichnungen von Schnittpräparaten pathologisch veränderter Augäpfel geliefert, sondern auch eine Reihe von Vorlagen zu den von Appel & Co. in Wien hergestellten Lithographien für Beckers dreibändigen *Atlas der pathologischen Topographie des Auges* (Wien 1874–1878). Dass neben den Assistenzärzten, die die übrigen Zeichnungen zu dem Werk angefertigt hatten, auch Veiths Name im Titel des *Atlas* erscheint, darf als Ausdruck besonderer Wertschätzung gelten.

Otto Becker, *Die Universitäts-Augenklinik in Heidelberg: Zwanzig Jahre klinischer Thätigkeit*, Wiesbaden 1888. – Wolfgang Jäger, „Theodor Leber und die Begründung der Experimentellen Ophthalmologie“,



Abszessbildung im Glaskörper, Schnittpräparat, Farblithographie, 23 x 29 cm, bez.: Gez. v. F. Veith, lith. v. Dr. J. Heitzmann / Verlag von W. Braumüller / Lith. Anst. v. Appel & Comp. Wien; aus: Otto Becker, *Atlas der pathologischen Topographie des Auges*, Bd 3, Wien 1878, Taf. XIII

in: *SEMPER APERTUS* 2 (1985), 321-331. – M. Tetz, M. Blum u. H.E. Völcker „Zum 200. Geburtstag von Maximilian Joseph von Chelius (1797-1876), erster Ordinarius für Chirurgie und Ophthalmologie in Heidelberg“, *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 205 (1994), 368-371.

CM

2.6. *Entwicklung des Auges*

Julius Arnold, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges*, mit vier lithographirten Tafeln gezeichnet von F. Veith, Heidelberg 1874, VI, 79 S.

Auch für die 1874 erschienenen *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Auges* des Heidelberger Pathologen Julius Arnold [→ 7.1.] hat Veith die Vorlagen für die vier lithographierten Tafeln gezeichnet, während die Tafeln selbst von der Lithographenanstalt J.G. Bach in Leipzig ausgeführt wurden. Wiederum findet sich Veith namentlich auf dem Titelblatt erwähnt – eine Ehre, die ihm bei ungezählten anderen Werken, in denen seine Zeichnungen im Druck erschienen, nicht widerfuhr. In der hier genannten Arbeit untersuchte Arnold, v.a. im Anschluss an Untersuchungen des Berliner Neurohistologen Robert Remak (1815–1865), die Entwicklung der anatomischen Strukturen des Auges bei Rinderembryonen.

CM

2.7. „... dürften ihnen sogar einen bleibenden Werth verschaffen“

Photographische Abbildungen von Durchschnitten gesunder und kranker Augen, gezeichnet von Friedrich Veith, photographirt von J. Schulze in Heidelberg, hg. von Otto Becker, 3 Mappen mit jeweils 10 Kartons, Wien 1876, 23,2 cm

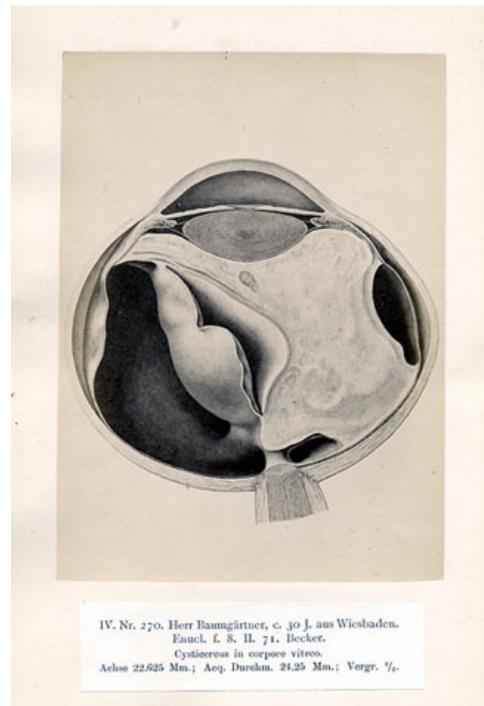
Otto Becker, Direktor der Heidelberger Augenklinik, hatte ein neues Verfahren entwickelt, um Schnittpräparate durch den menschlichen Augapfel herzustellen und davon im Winter 1874/75 eine größere Zahl anfertigen lassen. Diese ließ er unmittelbar nach der Präparation – noch vor der histologischen Untersuchung – von Friedrich Veith in achtfacher Vergrößerung zeichnen, um Vorlagen für seinen *Atlas der pathologischen Topographie des Auges* [→ 2.5.] zu gewinnen. Dafür war ein mehrfacher Wechsel des Mediums erforderlich: vom frischen Augendurchschnitt und dessen zeichnerische Wiedergabe, über das für die anschließende histologisch-mikroskopische Untersuchung aufbereitete Präparat, das überhaupt erst die Deutung des frischen Schnittes erlaubte und die nachträgliche Korrektur der zunächst angefertigten Zeichnung erforderte, die ins Reine gezeichnete Vorlage für den Lithographen, die Übertragung auf den Stein und schließlich den Druck für die Publikation. Dass solche Medienwechsel nicht unproblematisch sind und zu jeweils unterschiedlichen und interpretationsbedürftigen Repräsentationen führen, war Becker durchaus bewusst:

„Da sie [die Zeichnungen], nachdem die Augen durchschnitten sind, noch vor der histologischen Untersuchung angefertigt werden müssen, so geben sie nur die gröberen topographischen Verhältnisse wieder. Nicht jedes in dieser Weise gezeichnete Auge wird in meinem Atlas oder an einem anderen Orte eine genaue Beschreibung finden. Von dem Ergebnisse der histologischen Untersuchung hängt es in jedem einzelnen Falle ab,

ob das Auge einer solchen Publikation werth ist. Nach diesen Ergebnissen werden aber auch eines Theils mannichfache Einzelheiten in den grossen Abbildungen corrigirt und andern Theils wieder neue Details hineingezeichnet werden müssen. Die Abbildungen sind daher in der ursprünglichen Form auch nicht ohne Mängel. Trotzdem scheinen sie mir Interesse genug zu besitzen, um eine photographische Reproduktion in halber Grösse (also viermaliger Vergrößerung des Präparats) zu rechtfertigen. Die genauen Maasse der Dicken- und Lagenverhältnisse der Formhäute des Auges und seiner inneren Theile dürften ihnen sogar einen bleibenden Werth verschaffen.“

Auf die Hälfte verkleinert hatte Becker die Zeichnungen von dem Heidelberger Photographen J. Schulze reproduzieren und die Abzüge auf dreimal 10 römisch numerierte Kartons aufziehen lassen, die auf einem aufgeklebten Zettel außerdem die systematische Fundstelle, die Bezeichnung der Krankheit, sowie Namen und Alter des Patienten trugen. Die in der ersten Lieferung vom März 1875 zunächst als Privatdruck, dann im Verlag von Wilhelm Braumüller in Wien erschienenen Sammelmappen widmete Becker denjenigen Freunden und Kollegen, die ihn bei der Arbeit am *Atlas* unterstützt hatten.

Beckers Vorgehensweise ist bemerkenswert. Denn offenbar geschieht hier so etwas wie eine Umkehrung der für wissenschaftliche Veröffentlichungen etablierten Illustrationskonventionen und Publikationswege. Dass die Lithographie nur eine der möglichen Wiedergabetekniken ist und wie jede andere auch ihre medialen Besonderheiten aufweist, naturwissenschaftliche Illustrationen mithin auch medienspezifischen Visualisierungsbedingungen gehorchen, damit aber problematisch und interpretationsbedürftig bleiben, hatte Becker bei seinen Augenschnitten erfahren. Deshalb wies er den lavierten Handzeichnungen Veiths, die sonst bloß als Vorlage für den Lithographen gedient hätten und anschließend vernichtet worden wären, hier einen eigenständigen, authentischen Status zu, ja, Becker nobilitierte sie geradezu, indem er sie als Privatdruck an Kollegen verschenkte, denen er wissenschaftlich besonders verbunden war. Diese Nobilitierung geschieht aber nun bezeichnenderweise nicht in der Art und Weise, wie man mit künstlerischen Blättern verfahren wäre: nämlich durch Passepartout, Rahmung und Hängung, sondern ausgerechnet durch Wechsel in dasjenige Medium, das im ausgehenden 19. Jahrhundert die wissenschaftliche Zeichnung aus ihrem bisherigen Recht verdrängen sollte: die Photographie.



Photographie, 15 x 10 cm, nach einer Zeichnung von Veith; aus: *Photographische Abbildungen von Durchschnitten gesunder und kranker Augen*, gezeichnet von Friedrich Veith, photographirt von J. Schulze in Heidelberg, hg. von Otto Becker, 3. Lieferung, Wien 1876, Taf. XXI.

3. **PRÄGNANZ: ZU DEN NATURWISSENSCHAFTLICHEN ZEICHNUNGEN VON FRIEDRICH VEITH (1817–1907)**

„Ich hatte bisher alle Gegenstände in Hinblick auf meine Wissenschaft gezeichnet, und in dieser waren Merkmale die Hauptsache. Diese mußten in der Zeichnung ausgedrückt sein, und gerade die am schärfsten, durch welche sich die Gegenstände von verwandten unterschieden.“ (Adalbert Stifter)

Der Held in Adalbert Stifters Bildungsroman „Der Nachsommer“ beschäftigt sich – wie der Autor selbst – gleichermaßen ausgiebig mit den Naturwissenschaften und bildender Kunst. Er zeichnet beflissen und umkreist in seinen Erwägungen den unterschiedlichen Status der Zeichnung im künstlerischen wie im wissenschaftlichen Metier. Und auch wenn er den Gebrauchswert und die daraus folgende Gestaltungsart der jeweiligen zeichnerischen Arbeiten je verschieden bestimmt, so bleibt doch eine grundlegende Verwandtschaft beider Felder, so dass er konstatieren muss: „daß ich selber die Grenze nicht angeben könne, wo die naturwissenschaftlichen Zeichnungen in die künstlerisch angelegten übergangen.“¹

Was sich hier spiegelt, verdankt sich nicht allein der Tatsache, dass Adalbert Stifter selbst Poet, Naturforscher und Maler gewesen war, sondern es bildet zugleich eine im 19. Jahrhundert weit verbreitete Praxis ab: die Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern und Künstlern. Und obgleich diese Kooperation gerade von Seiten der Wissenschaftler hoch geschätzt wurde, ist meist wenig über die beteiligten Künstler und ihr Schaffen überliefert. Für dieses Paradox liefert das Zeichnungskonvolut Friedrich Veiths ein ebenso seltenes wie beredtes Zeugnis. Es gewährt auf einzigartige Weise Aufschluss über die experimentelle Forschungswelt so bedeutender Wissenschaftler wie Helmholtz, Bunsen, Wundt, Kirchhoff und Erlenmeyer in einem Zeitraum von 1856 bis 1891 und zeigt zugleich eine charakteristische Handschrift.

Über die Biographie Friedrich Veiths ist nur sehr Spärliches bekannt – auch das kann als typisch für „naturhistorische Zeichner“ gelten. Sie hatten als Künstler gemeinhin kein Prestige, vielen, wohl auch häufig ihnen selbst, erschien ihr Schaffen als kunstfern und unfrei, schlicht als Handwerk, das den Zwecken der Wissenschaft untergeordnet, mit den Ansprüchen autonomer Kunst unvereinbar sein musste. In der Konzeption des Künstlers als eigenschöpferischem Genie war für ein derartiges Schaffen kein Platz vorgesehen, und so bleiben diese Künstler oft gesichts- wenn nicht gar namenlos. Auch ihre soziale Realität war alles andere als glamourös, in den Archiven deutscher Universitäten künden eine Vielzahl untertänigster Bittschriften von ihrer bitteren Lage.²

Karl Lohmeyer, der 1935 unter Einbezug von zeitgenössischen Quellen einen verdienstvollen Überblick über die „Heidelberger Romantik“ vorlegte, musste schließlich einräumen, dass es sich bei Veith um einen „längst vergessenen Künstler“ handelt.³ Dass Veith selbst sich in der Tradition deutscher Romantik gesehen hat, belegt ein Selbstbildnis, das ganz im Duktus der Nazarener gehalten ist. Veith hatte seine künstlerische Laufbahn mit einem Studium bei dem wohl einflussreichsten Nazarener begonnen, bei Peter Cornelius an der Münchener Akademie. Cornelius hatte die im Kreis der romdeutschen Künstlerkolonie aufgeladene Zeichnungskunst ins Nordalpine transferrt; der Kult um die zeichnerische Linie, um den feinen Kontur als Essenz des Künst-

lerischen schlechthin, sollte die künstlerische Auffassung an den Akademien und auch jenseits von ihnen maßgeblich prägen. Wie ein vitaler Reflex auf die italienischen *dise-gno*-Theorien von Vasari bis Zuccaro mutet diese Aufwertung der Zeichnung an und findet nicht zuletzt auch ihre museale Würdigung im Ankauf der gezeichneten Kartons von Cornelius durch die frisch gegründete Berliner Nationalgalerie, wo sie lange Zeit im sogenannten „Cornelius-Saal“ das programmatische Herz der Sammlung bildeten.⁴

Ludwig Richter hat die zeichnerische Passion seiner Künstlergeneration lakonisch gefasst: „Der Bleistift konnte nicht hart, nicht spitz genug sein, um die Umrisse bis ins feinste Detail fest und bestimmt zu umziehen. Gebückt saß ein jeder vor seinem Malkasten, der nicht größer war als ein kleiner Papierbogen, und suchte mit fast minuziösem Fleiß auszuführen, was er vor sich sah. Wir verliebten uns in jeden Grashalm, in jeden zierlichen Zweig, und wollten keinen ansprechenden Zug uns entgehen lassen. Luft- und Lichteffekte wurden eher gemieden als gesucht; kurz, ein jeder war bemüht, den Gegenstand möglichst objektiv, treu wie im Spiegel, wiederzugeben.“⁵

In diesem Umkreis nun hat Friedrich Veith gelernt; üblicherweise basierte die akademische Bildung auf der zeichnerischen Praxis, nach Vorlagen, nach Gipsen und dann nach der Natur. Es kann als sicher gelten, dass Veith hier seine Beobachtungsgabe und sein akkurates zeichnerisches Vermögen schulte und sich dabei an den Standards jener elaborierten Zeichenkunst der Romantik orientierte. Gleichwohl ist er als bildender Künstler einzig in seinen Arbeiten für die Wissenschaftler an der Heidelberger Universität greifbar. Nachgewiesen ist seine zeichnerische Tätigkeit für verschiedene Naturwissenschaftler und auch die Erteilung von Unterricht an der Universität. Ein „schweres Augenleiden“, das in der Literatur als Erklärung für den Abbruch der künstlerischen Laufbahn angeführt wird, erscheint mit Blick auf die Tatsache, dass Veith für die renommiertesten Forscher seiner Zeit gearbeitet hat, zumindest fragwürdig. Reizvoll ist, hier einen metaphorischen Kern zu vermuten: muss Veith als Künstler gewissermaßen „blind“ werden, um als naturwissenschaftlicher Zeichner zu reüssieren?

Was schon beim ersten Blick auf die vorliegenden Zeichnungen überraschen mag, ist das gänzliche Fehlen zeichnerischer Geschmeidigkeit im Sinne der romantischen Linienkunst. Dieses steht in einem so entschiedenen Gegensatz zur Zeichnungsliebe der Münchener Akademie und ist doch zugleich so konsequent durchgehalten, dass es weder Unvermögen noch Zufall sein kann. Im Gegenteil, hier dokumentiert sich eine klare stilistische Haltung, die auf die spezifischen Ansprüche naturwissenschaftlicher Bilder abgestimmt ist. Und dies geschieht aus dem Geiste zeichnerischer Reflexion, aus dem Bewusstsein über die Potenzen der Zeichnung.

So hatte Johann Georg Sulzer in seiner *Allgemeinen Theorie der Schönen Künste* 1787 festgestellt: „Aber durch bloße Richtigkeit der Zeichnung kann der Künstler nicht groß werden. Die Vollkommenheit der Kunst besteht nicht darin, daß man jeden Gegenstand in der größten Richtigkeit zeichne, sondern darin, daß man den nach dem besondern Zweck wohl gewählten Gegenstand so zeichne, daß er in seiner Art die höchste Wirkung thue. Er muß also leicht, mit Geist, und nachdrücklich gezeichnet seyn, damit er das Auge zur nähern Betrachtung reize.“⁶

Das naturwissenschaftliche Auge verfolgte nun eine eigenständige Logik, aus der sich spezifische Ansprüche an Gegenstand und Art der bildlichen Niederlegung orientierten. Jenes Anforderungsprofil schärfte sich in einem durchaus widersprüchlichen Diskurs in Auseinandersetzung mit der Leistungskraft der graphischen Medien und der Photogra-

phie. Im Zentrum stand dabei die Frage nach der Objektivität der Bilder und nach der Urteilskraft von Künstlern im Kontext der Wissenschaft. So sollten die Künstler zwar solide bildnerische Fähigkeiten vorweisen können, jedoch als künstlerische Persönlichkeit bewusst zurücktreten. Andererseits sollte mit den Abbildungen ja gerade das etwa Charakteristische eines Befundes oder die für einen Nachvollzug notwendigen Spezifika eines experimentellen Arrangements kommuniziert werden. Das bedeutete für die Künstler, Einsicht in das wissenschaftliche Interesse zu gewinnen, in dessen Dienst sie ihre künstlerische Urteilskraft zu stellen hatten. Folgerichtig begegneten in den Auseinandersetzungen um die wissenschaftlichen Zeichner an Universitäten zwei Motive: die Diffamierung der Künstler als unselbständige Handwerker – und das emphatische Lob für Künstler, deren Verständnis der Gattungsnotwendigkeiten sie für die Forschung unentbehrlich macht.

Veith hat ein derartiges Verständnis in besonderer Weise besessen, seine Zeichnungen zeugen davon: Was er schildert, ist ein straff organisiertes visuelles Ganzes aus Details und dem Umriss größerer Zusammenhänge. Dem ging – gewiss im Austausch mit den jeweils beteiligten Wissenschaftlern – eine Auswahl voraus, deren Essenz in Veiths zeichnerischem Rapport ihren Ausdruck findet. Seine Zeichnungen liefern in einem disziplinierten Darstellungssystem von Andeutung und Ausformulierung eine Vielzahl an Informationen, er bildet keineswegs nur ab, was er vor sich sieht. In dieser Hinsicht sind die Darstellungen künstlerischer Zeichnung verwandt, die ja auch ein differenziertes Abstraktum des Sichtbaren entwickelt. Sie sind aber unterschieden darin, wie sie dieses gestalterisch realisieren.

In Veiths Zeichnungen tritt das, was interessiert, in gleicher Weise hervor, unabhängig vom tatsächlich Augenfälligen treten diese Aspekte pointiert in den Vordergrund. Sie bilden Äquivalente des Sichtbaren, aber sie sind so prägnant, ja penibel ausformuliert, dass sie eher einer lesenden Perspektive zuarbeiten. So sind konstruktive Details, wie Schrauben und Verbindungen, häufig in Entkräftung perspektivischer Standards betont und übergroß gegeben. Was nicht interessiert indessen, wird verkürzt oder weggelassen, so dass im Ergebnis eine komplexe Bildstruktur aus Konkretisierung und Vernachlässigung etabliert ist, die sich der künstlerisch geprägten Sehgewohnheit entgegenstellt. In diesem Paradox liegt die Tragik des Künstlers begründet, aus ihm zugleich resultiert der Wert solcher Zeichnungen für die Wissenschaft.

Der Unterschied in der Darstellungslogik hat auch Adalbert Stifter beschäftigt, und er lässt seine Protagonisten diese Differenz an Landschaftszeichnungen diskutieren: „Ihr Urteil ging einstimmig darauf hinaus, daß mir das Naturwissenschaftliche viel besser gelungen sei als das Künstlerische. Die Steine, die sich in den Vordergründen befänden, die Pflanzen, die um sie herum wüchsen, ein Stück alten Holzes, das da läge, Teile von Gerölle, die gegen vorwärts säßen, selbst die Gewässer, die sich unmittelbar unter dem Blicke befänden, hätte ich mit Treue und mit den ihnen eigentümlichen Merkmalen ausgedrückt. Die Fernen, die großen Flächen der Schatten und der Lichter an ganzen Bergkörpern und das Zurückgehen und Hinausweichen des Himmelsgewölbes seien mir nicht gelungen. Man zeigte mir, daß ich nicht nur in den Farben viel zu bestimmt gewesen wäre, daß ich gemalt hätte, was nur mein Bewußtsein an entfernten Stellen gesagt, nicht mein Auge, sondern daß ich auch die Hintergründe zu groß gezeichnet hätte, sie wären meinen Augen groß erschienen, und das hätte ich durch das Hinaufrücken der Linien angeben wollen. Aber durch beides, durch Deutlichkeit der Malerei und durch

die Vergrößerung der Fernen, hätte ich die Letzteren näher gerückt und ihnen das Großartige benommen, das sie in der Wirklichkeit besäßen.”⁷

Die künstlerische Darstellung des Augeneindrucks gewinnt zeichnerisch Überzeugungskraft nur dann, wenn die Darstellung nicht von allzu aufdringlicher Präzision ist. Volumina eines Laubwerkes etwa gewinnen keineswegs Evidenz durch die festumrissene Abschilderung jedes einzelnen Blattes, im Gegenteil. Das ist eine Grunderfahrung zeichnerischer Praxis. So wird in der Kritik Stifters hier die Wirklichkeit des Sichtbaren gegen die Wirklichkeit des Dinghaften gestellt, die Schilderung nach den Gesetzen der Wahrnehmung begründet den künstlerischen Status der Darstellung, die Herausstellung des Einzelnen hingegen den naturwissenschaftlichen. Ähnlich verhält es sich beim vorliegenden Konvolut.

Veiths Zeichnungen transportieren weniger einen visuellen Befund als eine analytisch strukturierte Dichte an Informationen, die aus dem Visuellen gezogen wurde und die sich auch visuell organisiert. Dass es um Information geht, die der textlichen Ergänzung bedarf, geht nicht zuletzt aus den handschriftlichen Anweisungen hervor, die bereits die Verknüpfungen zu der geplanten Publikation vorwegnehmen. Gerade in der Anonymisierung und herausgestellten Sachlichkeit der Lineatur drückt sich das Verständnis für den kommunikativen Anspruch derartiger Bilder aus und sichert so deren spezifische Qualität. Hier dokumentiert sich die reflektierte Potenz der unsichtbaren Hand Veiths und mit ihr eine akribische Beobachtungsgabe, wie sie die Romantik als Tugend der optischen Aufmerksamkeit ausgeprägt hatte.

Im zeichnerischen Duktus und der linearen Syntax hingegen gleichen Veiths Arbeiten mittelalterlichen Musterbüchern. Diese waren ihrer Funktion gemäß eigentümlich anonym und temperamentlos, in ihrer peinlich genauen Ausführung auf unmissverständliche Lesbarkeit hin kalkuliert. Musterbücher wuchsen über Generationen heran, sie sicherten das künstlerische Repertoire einer Werkstatt, weshalb sie wie ein Schatz gehütet worden waren. Mit welchen Motiven die Zeichnungsmappe Veiths zusammengetragen und überliefert wurde, ist nicht dokumentiert. Aber es ist fraglos, dass dies von einer Wertschätzung der Blätter getragen war.

Denkbar ist, dass es Veith selbst war, der seine ersten zeichnerischen Aufnahmen der verschiedenen Experimentalsituationen bewahrte. Nachweislich boten sie die Grundlage für druckgraphische Ausarbeitungen zu Illustrationen in diversen naturwissenschaftlichen Publikationen. Auf dem Deckblatt der Mappe ist die Sammlung als „Entwürfe zu Zeichnungen“ bezeichnet, sie sind entsprechend als erste zeichnerische Notizen Veiths einzustufen, aus denen die Vorlagen für die Drucker entwickelt wurden. Somit gewährt die Mappe einen höchst seltenen Einblick in die Werkstatt eines „naturhistorischen Zeichners“.

Im Kontrast aber zu diesem ausführlichen Umstricheln der Gegenstandskanten steht die Organisation der jeweiligen Blattgestalt, steht der Umgang mit dem Format. Studienblättern gleich springt seine Darstellung hin und her zwischen der Abschilderung von Einzelheiten und den größeren Zusammenhängen. Dieser Fokuswechsel wirkt so effektiv, dass sich sowohl die Anlage der Aufbauten rekonstruieren lässt, als auch über wichtige Detailfragen aufgeklärt wird. Die Blätter sind von hochgradiger zeichnerischer Rationalität.

Aller romantischen Rhetorik zum Trotz: Es gibt keine naive Linie – jede Linie hat Kalkül, gerade ein Versuch wie die *écriture automatique* der Surrealisten beweist die Gren-

ze einer absichtsvollen Umgehung dieses Kalküls. Nun hat sich seit der Renaissance ein kennerschaftlicher Betrachterblick etabliert, der an Zeichnungen die Handschrift maßgeblich als Niederschlag des künstlerischen Temperaments verfolgt. Diese Perspektive ist aber nicht für alle Bereiche zeichnerischer Praxis konstitutiv, ganz besonders gilt das für die Zeichnung in den Wissenschaften.

Veiths gestalterische Entscheidungen sind weder voraussetzungslos, noch sind sie von niedergelegter Reflexion getragen. Im scheinbaren Widerspruch der unterdrückten Handschriftlichkeit, in der Vermeidung zeichnerischer Virtuosität hallt die konzeptualisierte Linienkunst der Romantik nach. In die Auseinandersetzung mit den spezifischen Anforderungen der naturwissenschaftlichen Darstellung fließt sein Wissen über die kommunikativen Fähigkeiten der zeichnerischen Lineatur ein. Auf Grundlage dessen erst kann er seine zeichnerischen Mittel anpassen zu einer ökonomischen Bildstruktur mit stark betonten Akzentuierungen hin, jenen Merkmalen, von denen Stifter spricht, und statischem, ostentativ unpersönlichem Liniengefüge. Diese Blätter folgen entschieden nicht der Logik des gezeichneten Stillebens, Veith verleugnet in ihnen die Standards seiner künstlerischen Bildung, und doch kommt in ihrer besonderen, tastend entwickelten Gestaltung seine „darstellungsbezogene Intelligenz“ (Svetlana Alpers, Michael Baxandall) zum Tragen.

Zugleich offenbart sich hier ein Urgrund aller zeichnerischen Bewegung, wie sie von Walter Crane beschrieben wurde: „Wir können den Bleistift nicht auf das Papier setzen, ohne dass wir gleichsam einen Vertrag mit den Bedingungen schließen. Gegeben ist eine weiße Ausdehnung – eine ebene Fläche, – gegeben ist etwas, womit man schwarze Striche machen kann. Die künstlerische Verwirklichung entweder eines Gedankens oder der Wiedergabe eines Gegenstandes der Kunst oder der Natur wird von unserer freien Anerkennung der natürlichen Grenzen des Ausdrucksvermögens von Bleistift und Papier, von Ebene, Linie und Farbe als den Bedingungen der Darstellung und unserer genauen Beachtung derselben abhängen. Die Anerkennung dieser Forderungen verleiht aller Zeichnung gemäß der Individualität und Eigenart des Künstlers einen bestimmten Ausdruck. Wir erkennen seinen Stil und seine Persönlichkeit an seiner Art, die Bedingungen der Arbeit zu behandeln.“⁸

Die gewissermaßen negative Präsenz der Künstlerindividualität Veiths in seinen Zeichnungen etabliert sich in den disziplinierten Setzungen seiner unsichtbaren Hände. Es tritt uns in den Zeichnungen das tüchtige zeichnerische Vermögen Veiths entgegen, zugleich wird an ihnen sein Selbstbild-Drama als erfolgloser Künstler deutlich. Was seinen Zeitgenossen als Tragik des Epigonalen erscheinen musste, bildete doch die Grundlage der Leistungsfähigkeit seiner Zeichnungen für die Wissenschaft. In dieser künstlerischen Askese realisierte sich jedoch mit gestalterischer Klugheit und sachlicher Potenz eine Auffassung von Zeichnung, wie sie bis in die Gegenwart von Künstlern immer wieder aufgegriffen wird: die Ablehnung des Handschriftlichen und die Vermeidung von Schönlinigkeit sollten zentrale Aspekte der Zeichenkunst des 20. Jahrhunderts werden. Wird Veith in seinen biographischen Umrissen dunkel bleiben, so tritt doch in den Zeichnungen eine künstlerische Physiognomie zu Tage, deren prägnante Konturen nicht allein von Naturwissenschaftlern wie Helmholtz und Bunsen, sondern auch im Horizont der Kunsterfahrung der Moderne neu gewürdigt werden können. Zumal künstlerische und wissenschaftliche Zeichnung in ihren Darstellungsoptionen geschieden werden können, im *disegno* als bildnerischer Denkform aber verschwistert begründet sind.

- 1 Adalbert Stifter, *Der Nachsommer* [1857], Leipzig 1988, 512.
- 2 Elke Schulze, *Nulla dies sine linea: Universitärer Zeichenunterricht – eine problemgeschichtliche Studie*, Pallas Athene, Bd 12, Stuttgart 2004.
- 3 Karl Lohmeyer, *Heidelberger Maler der Romantik*, Heidelberg 1935.
- 4 Kat. *Die Götter Griechenlands: Peter Cornelius, Die Kartons für die Fresken der Glyptothek in München aus der Alten Nationalgalerie Berlin*, Berlin 2005.
- 5 Ludwig Richter, *Lebenserinnerungen* [1824], zit. n.: Kat. *Kabinett der Zeichnung*, hg. v. Kunstfonds e.V., Düsseldorf 2000, 115.
- 6 Johann Georg Sulzer [1787], zit. n.: Kat. *Kabinett der Zeichnung* (wie Anm. 5), 94.
- 7 Stifter, *Nachsommer* (wie Anm. 1), 362.
- 8 Walter Crane, zit. n.: Georg Kerschensteiner, *Die Entwicklung der zeichnerischen Begabung*, München 1905, 467.

Elke Schulze, Berlin

4. *MATERIE UND STRAHLUNG*

Neben der Evolutionstheorie Charles Darwins gehört die empirische Neubegründung der Materievorstellungen und des Energiebegriffs zu den großen synthetischen Leistungen der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert. Kam die Frage nach den letzten Grundlagen der stofflichen Welt zunächst aus der Chemie und fand im chemischen Atomkonzept und später im Periodensystem ihre theoretische Fundierung, so entstand die Idee der Einheit und Umwandelbarkeit aller Naturkräfte zunächst im Kontext der spekulativen Naturphilosophie der deutschen Romantik, bevor die in unterschiedlichen Forschungsprogrammen von Physikern, Physiologen und Chemikern verfolgte Idee 1847 durch den Energieerhaltungssatz von Helmholtz zuerst in mathematisch-physikalisch klarer Form formuliert wurde und die Thermodynamik als neue Wissenschaft hervorbrachte. Im verwirrend vielfältigen und theoretisch zunächst schwer fassbaren Bereich der ‚Strahlung‘ verbanden sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts Materielehre und Energiephysik zu einem Forschungsfeld, aus dem mit der Wende zum 20. Jahrhundert die Atomphysik hervorging.

Für Heidelberg sind in diesem Zusammenhang vor allem die Arbeiten von Kirchhoff und Bunsen zum Spektrum des Sonnenlichts und den Emissionsspektren aus Flammenfärbungen zu nennen, die 1859 zur Spektralanalyse [→ 4.1.] und zu Kirchhoffs Formulierung eines allgemeinen Gesetzes für ideale Wärmestrahler führten; ferner die von Bunsen in Zusammenarbeit mit Roscoe durchgeführten Untersuchungen zur chemischen Wirkung von Licht [→ 4.2.], die die Autoren selbst in den Kontext der Erforschung kosmischer Energiebilanzen gestellt haben. Schließlich gehören in diesen Zusammenhang auch Kirchhoffs Arbeiten zu einer allgemeinen Theorie der Elastizität und sein Versuch, diese mit der mathematischen Beschreibung der Ausbreitung von Elektrizität zu einer gemeinsamen mechanischen Theorie zu verbinden. Diese drei Themen markieren die Blütezeit der Heidelberger Physik und Physikalischen Chemie im 19. Jahrhundert. In den Zeichnungen Veiths sind sie mit Blättern von wissenschaftshistorisch herausragender Bedeutung vertreten.

P.M. Harman, *Energy, Force, and Matter: The Conceptual Development of Nineteenth-Century Physics*, Cambridge 1982. – Christa Jungnickel u. Russell McCormach, *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, Bd 1, Chicago 1986, 285-310.

CM

4.1. *SPEKTRALANALYSE*

Die Spektralanalyse, d.h. die Anwendung spektroskopischer Methoden auf analytisch-chemische Fragestellungen war zweifellos das spektakulärste Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen Forschern unterschiedlicher Disziplinen und des Methodentransfers über Fachgrenzen hinweg, wie er in Heidelberg seit den 1850er Jahren praktiziert wurde.

Erste systematische Untersuchungen über die spektrale Zusammensetzung des Lichts reichen bis auf Isaac Newton zurück. Doch meist war nicht das Spektrum selbst Analy-

segegenstand; vielmehr bildete das prismatisch zerlegte und damit monochromatische Licht ein Hilfsmittel für andere optische Versuche.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wiesen John Wollaston und Joseph Fraunhofer erstmals darauf hin, dass das Sonnenspektrum nicht kontinuierlich verläuft, sondern von dunklen Linien unterbrochen ist. Die Rezeption der nach ihrem Entdecker benannten ‚Fraunhoferschen Linien‘ war zunächst verhalten – nur wenige Forscher verfügten in dieser Zeit über so gute optische Apparaturen, dass Fraunhofers Beobachtung nachvollzogen werden konnte. Fraunhofer war es auch, der als erster einen Theodoliten umbaute, um damit das Sonnenspektrum untersuchen zu können – mit etwas gutem Willen kann man darin einen ersten Vorläufer des Bunsen-Kirchhoffschen Spektrometers erkennen. Allerdings richtete sich Fraunhofers Interesse modern gesprochen auf Absorptions-, Kirchhoffs und Bunsens Interesse jedoch vornehmlich auf Emissionsspektren – zwei Seiten einer Medaille.

Die Leistung Bunsens und Kirchhoffs, die ihnen weltweite Anerkennung sicherte, bestand darin, die Spektralanalyse wissenschaftlich zu fundieren, d.h. eine nachvollziehbare chemische Analysemethode zu entwickeln und diese theoretisch zu begründen. Das bedeutete im Wesentlichen, eine Erklärung für die Koinzidenz heller im Labor erzeugter Spektrallinien mit den dunklen Linien im Sonnenspektrum zu finden und eine plausible Erklärung für die lange Zeit für Verwirrung sorgende Dominanz der Natrium-D-Linie zu liefern.

Spektroskope dienen als Werkzeuge der chemischen Analyse. Da sich einzelnen Elementen charakteristische Spektrallinien zuweisen lassen, ermöglicht die Spektralanalyse einen qualitativen optischen Nachweis geringster Stoffmengen und ist ein Hilfsmittel bei der Entschlüsselung der Zusammensetzung chemischer Verbindungen. Darüber hinaus bietet sie die Möglichkeit der Entdeckung neuer Elemente; Bunsen beispielsweise fand durch sie die Elemente Cäsium und Rubidium. Letztlich ermöglichte sie die Bestimmung der Zusammensetzung der Fixsterne, was zu der Einsicht führte, dass diese – zumindest in Teilen – aus der gleichen Materie zusammengesetzt sind wie die Erde.

Die von Friedrich Veith angefertigten Zeichnungen von Spektralapparaten bieten einen interessanten Einblick in die Instrumentengeschichte: Sie zeigen, wie binnen kurzer Zeit auf den Prototyp [→ 4.1.1.] zunehmend ausdifferenzierte bzw. auf spezielle Bedürfnisse zugeschnittene Modelle folgten.

Jochen Hennig, *Der Spektralapparat Kirchhoffs und Bunsens*, München 2003. – Klaus Hentschel, *Zum Zusammenspiel von Instrument, Experiment und Theorie. Rotverschiebung im Sonnenspektrum und verwandte spektrale Verschiebungseffekte von 1880 bis 1960*, Hamburg 1998, Teil 1, 81-84, 96-106. – Klaus Danzer, *Robert W. Bunsen und Gustav R. Kirchhoff: Die Begründer der Spektralanalyse*, Leipzig 1972.

CN

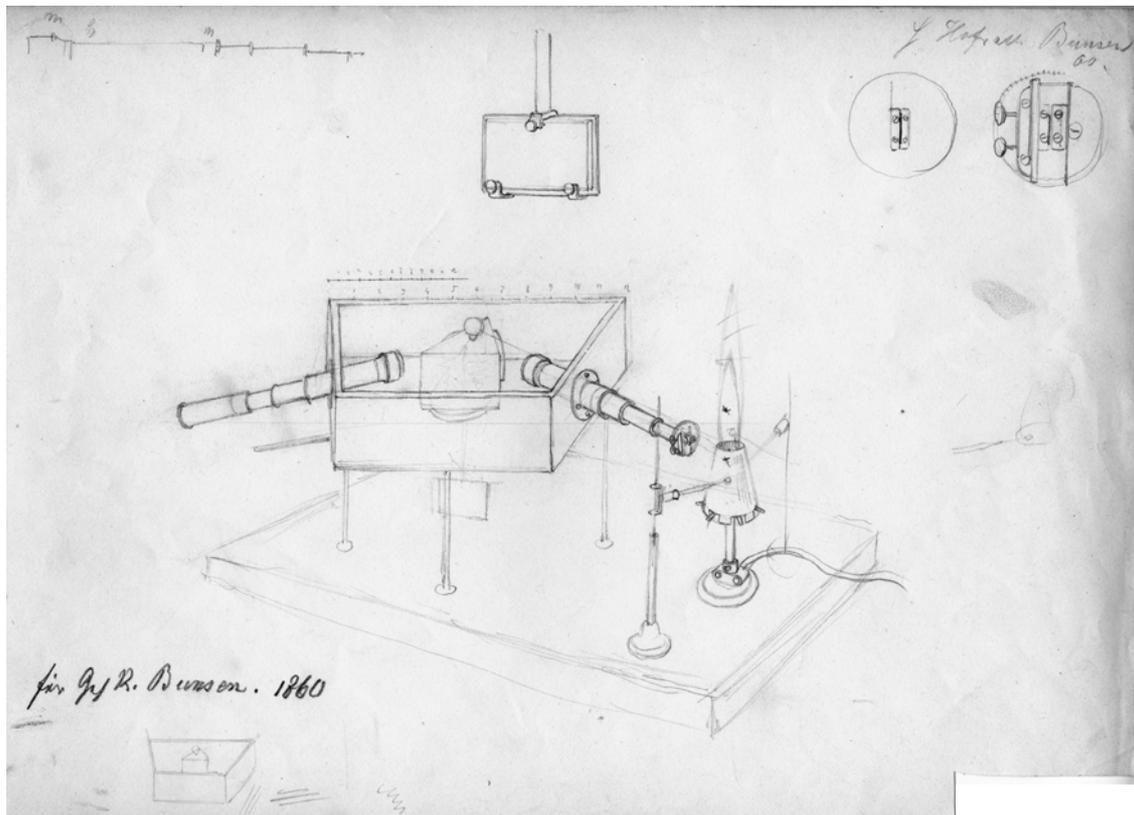
4.1.1. Erster Spektralapparat von Kirchhoff und Bunsen

[*6] Bleistiftzeichnung, 21,3 x 31 cm, rechte untere Ecke beschnitten; bez.: für Geh. R. Bunsen 1860

Der erste Spektralapparat Bunsens und Kirchhoffs entstand in Eigenproduktion. In seiner Einfachheit und Zweckmäßigkeit, aber auch in seiner ein gewisses Experimentiergeschick voraussetzenden Handhabe, trägt er die Handschrift Bunsens, der zahlreiche

Geräte dieser Art konstruierte. Die vorliegende Skizze ist eine Vorstudie zu der Abbildung in Bunsens und Kirchhoffs bahnbrechendem Aufsatz „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“.

Ins Auge fällt zuerst der trapezförmige, auf drei Beinen stehende Kasten. Er sollte, innen schwarz gestrichen, dazu dienen, Streulicht von der eigentlichen Apparatur fernzuhalten. Bei den späteren Spektralapparaten wurde er durch ein schwarzes, passgenau über das Instrument zu stülpendes Tuch ersetzt. Der Kasten hat aber auch noch eine zweite Funktion: Er hält das Beobachtungsfernrohr und den Kollimator, die in einem Winkel von 58° zueinander stehen. Beim rechten Fernrohr, dem Kollimator, ist das Okular entfernt und durch einen aus zwei Messingscheiden gebildeten Spalt ersetzt worden, der im Brennpunkt der Objektivlinse positioniert ist. Vor diesem Spalt steht ein Bunsenbrenner, in dessen Flammensaum mittels eines an einem Träger befestigten feinen Platindrahtes die zu untersuchende Probe eingebracht wird. Der Brenner, den Bunsen erst drei Jahre zuvor im Rahmen der „Photochemischen Untersuchungen“ [→ 4.2.] der Öffentlichkeit vorgestellt hatte, spielt eine zentrale Rolle für die Durchführung der spektralanalytischen Untersuchungen beider Forscher, liefert er doch eine verhältnismäßig ruhige „Flamme von sehr hoher Temperatur und sehr kleiner Leuchtkraft“.



Ein weiteres zentrales Element der Apparatur ist das zwischen den Objektiven der beiden Fernrohre angebrachte Hohlprisma, das für die erste publizierte Versuchsreihe mit Schwefelkohlenstoff, einer stark brechenden Flüssigkeit, gefüllt war. Das Prisma ruht auf einer drehbaren Messingplatte. Über einen an dieser befestigten Spiegel und eine nicht abgebildete Ablesevorrichtung, bestehend aus einem weiteren Fernrohr und einer Skala, wies man den beobachteten Spektrallinien eine bestimmte Position innerhalb des Sonnenspektrums zu, welches als Vergleichsstandard diente. In der Skizze von Veith finden sich zusätzliche Elemente, die in der Lithographie fehlen und auf den Entste-

hungsprozess der Zeichnung verweisen, wie z.B. der zweite Holzkasten in der unteren Ecke oder auch der angedeutete zweite Probenhalter neben dem Bunsenbrenner. Zudem sind einige Details konstruktiv hervorgehoben, die möglicherweise als Vorlage für einen Mechanikus gedient haben könnten, so der Spiegel samt Halterung und der mit zwei Stellschrauben regulierbare Spalt.

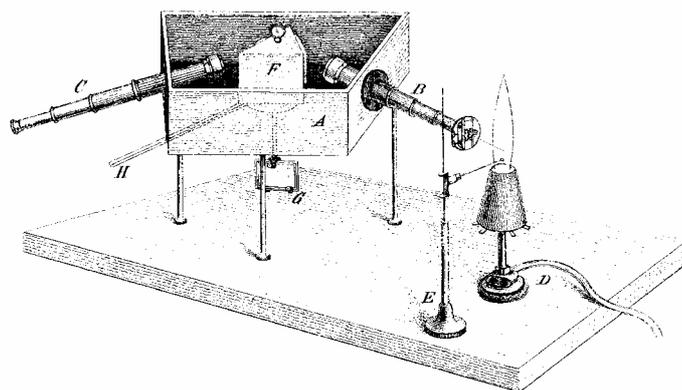
Mit diesem einfachen Prototyp, dessen erste veröffentlichte Abbildung in Poggendorffs *Annalen* etwas unglücklich an den Rand der Lithographie gequetscht wirkt, entwickel-

ten Bunsen und Kirchhoff die Methodik der Spektralanalyse am Beispiel einiger Alkali- und Erdalkalimetalle (Natrium, Lithium, Kalium, Strontium, Calcium und Barium) – eine qualitative Nachweismethode von bisher ungekannter Präzision und Empfindlichkeit, der die Autoren bereits in der Erstpublikation das Potential zutrauten, damit noch weitere, bisher unbekannte Elemente zu entdecken.

Darüber hinaus konnten die beiden Forscher die bis dahin nur theoretisch begründete Vermutung von Kirchhoff, dass die Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum den Absorptionslinien chemischer Elemente entsprechen, erstmals experimentell beweisen; damit leisteten sie einen bedeutenden Beitrag zur Astrophysik.

Robert Bunsen u. Gustav Kirchhoff, „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen,“ *Annalen der Physik und Chemie* 110 (1860), 161-189, Taf. VI, Fig. 1. – Robert Bunsen u. Henry Roscoe: „Photochemische Untersuchungen. Zweite Abhandlung. Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 43-89, sowie Tafeln I und II, 85. – Jochen Hennig, *Die frühen spektroskopischen Arbeiten von Bunsen und Kirchhoff: Experimentelle und historische Analyse mit der Replikationsmethode*, Dipl.-Arbeit, Fachbereich Physik der Universität Oldenburg, Oldenburg 2000.

CN



Prototyp des Spektrometers, Lithographie, ca. 5 x 9 cm, bez.: A. Schütze in Stein gest.; aus: Robert Bunsen u. Gustav Kirchhoff, „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“, *Annalen der Physik und Chemie* 110 (1860), 161-189, Taf. VI, Fig. 1.

4.1.2. Spektralapparat nach Kirchhoff/Bunsen und Steinheil

[*7] Bleistiftzeichnung, 20 x 25,9 cm; bez.: Hofrath Bunsen, April [18]61

Endete der erste Teil von Bunsens und Kirchhoffs spektralanalytischen Untersuchungen noch mit der geheimnisvollen Andeutung, dass die beiden Forscher mit ihrem neuen Verfahren ein bisher unbekanntes Element innerhalb der Alkaligruppe entdeckt hätten, so wird dieses Element, Cäsium, samt einem weiteren, Rubidium, im zweiten Teil der Abhandlung detailliert vorgestellt.

Einer breiten Darlegung über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der neuen Elemente bzw. ihrer Verbindungen folgt die Geschichte ihrer Sichtbarmachung

und mit ihr die Vorstellung eines neuen Gerätes: eines Spektralapparats, der nach den Vorgaben Kirchhoffs und Bunsens von einem der renommiertesten Hersteller optischer Instrumente seiner Zeit angefertigt worden war: Carl August Steinheil in München.

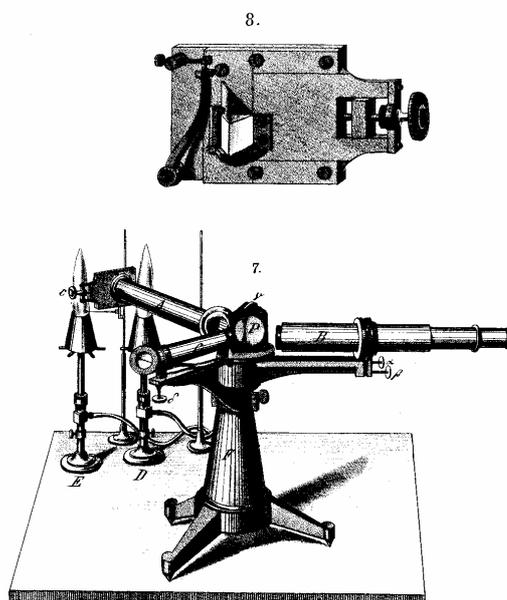
Dieser neue Spektralapparat war nicht nur einfacher zu handhaben als der Prototyp [→ 4.1.1.] und erlaubte die Erzeugung hellerer und schärferer Bilder, sondern bot auch neue Funktionen: Zum einen verfügt er am Kollimator über einen regulierbaren Spalt mit Reflexionsprisma, der es ermöglicht, zwei Spektren direkt übereinander abzubilden und so miteinander zu vergleichen. Zum anderen erlaubt es der dritte, jetzt ebenfalls auf der Trägerplatte montierte Tubus, eine Millimeterskala in das Gesichtsfeld des Beobachters einzublenden. Beobachtungs- und Skalenfernrohr sind nicht mehr fest montiert, sondern um die Achse des Instrumentenfußes drehbar und bieten feine Justierungsmöglichkeiten. Weiterhin ist das ursprünglich verwendete Hohlprisma durch ein Flintglasprisma ersetzt, das durch eine Feder fixiert wird.

Beschränkten sich Bunsen und Kirchhoff im ersten Teil ihrer spektralanalytischen Untersuchungen noch darauf, die grundsätzliche Funktionsweise ihres Apparates zu schildern, so enthält die zweite Untersuchung detaillierte Anweisungen zur Handhabung – vielleicht ein Vorgriff darauf, dass dieser rasch Verbreitung finden sollte und bald nicht nur in Steinheils Sortiment, sondern auch in das zahlreicher anderer Instrumentenbauer aufgenommen wurde.

Die Vorlage zu den Abbildungen in der Publikation von 1861 lieferte wiederum der Heidelberger Universitätszeichenlehrer Friedrich Veith. Zu dem Aufsatz gehört allerdings noch eine Detaildarstellung des Spaltes. Sie fehlt auf der vorliegenden Skizze, findet sich aber auf dem

Blatt, das Kirchhoffs „Großen Lichtanalyseur“ zeigt [→ 4.1.4.]. Nicht auf der Lithographie, dafür aber in der Zeichnung ist hingegen die Flamme des Bunsenbrenners mit einem in die Flamme eingebrachten Probenstäbchen vergrößert herausgezeichnet.

Gustav Kirchhoff u. Robert Bunsen, „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen: Zweite Abhandlung“, *Annalen der Physik und Chemie* 189 (1861), 337-381, Taf. III, Fig. 7 u. 8; Reprint in: Gustav Kirchhoff, *Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spektren der chemischen Elemente und weitere ergänzende Arbeiten*, hg. v. Hans Kangro, Osnabrück 1972. – Jochen Hennig, *Der Spektralapparat Kirchhoffs und Bunsens*, München 2003.



Gustav Kirchhoff u. Robert Bunsen, „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen: Zweite Abhandlung“, *Annalen der Physik und Chemie* 189 (1861), 337-381, Taf. III, Fig. 7 u. 8.

4.1.3. *Details des Spektralapparats*

[*8] Bleistiftzeichnung; 20,3 x 26,7 cm, bez.: Hofrat Bunsen, April, [18]61

Die vorliegende Zeichnung zeigt Details des verbesserten Spektralapparats von Kirchhoff/Bunsen und Steinheil [→ 4.1.2.]. Wie die Vorzeichnung zu diesem ist auch dieses Blatt auf den April 1861 datiert.

Besonders hervorgehoben ist die Platte mit dem verstellbaren Spalt und dem vor dessen unterer Hälfte aufgesetzten Prisma. Durch Totalreflexion lenkt dieses die Strahlen einer rechts stehend zu denkenden Lichtquelle durch den Spalt, während die Strahlen der zweiten Lichtquelle frei durch dessen obere Hälfte hindurchgehen. Der Beobachter sieht die beiden Spektren dann direkt übereinander und kann die Lage der Linien miteinander vergleichen. Mit der Stellschraube rechts wird die Breite des Spalts reguliert, um Auflösung und Helligkeit zu optimieren.

Darunter sieht man einen Bunsenbrenner mit Aufsatz. Dieser „conische Schornstein“ sollte bewirken, „dass die Flamme vollkommen ruhig und ohne flackernde Bewegung brennt“.

Der rechts daneben abgebildete Träger hält einen sehr feinen, zu einem Ohr gebogenen Platindraht, mit dem die zu untersuchende Salzperle in den Saum der Gasflamme eingebracht wird.

Robert Bunsen u. Gustav Kirchhoff, „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“, *Annalen der Physik und Chemie* 110 (1860), 161-189, Taf. VI, Fig. 1. – Dies., „Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen: Zweite Abhandlung“, *Annalen der Physik und Chemie* 113 (1861), 337-381. – Robert Bunsen, *Flammenreactionen*, 2. Aufl., Heidelberg 1886, 3.

KM

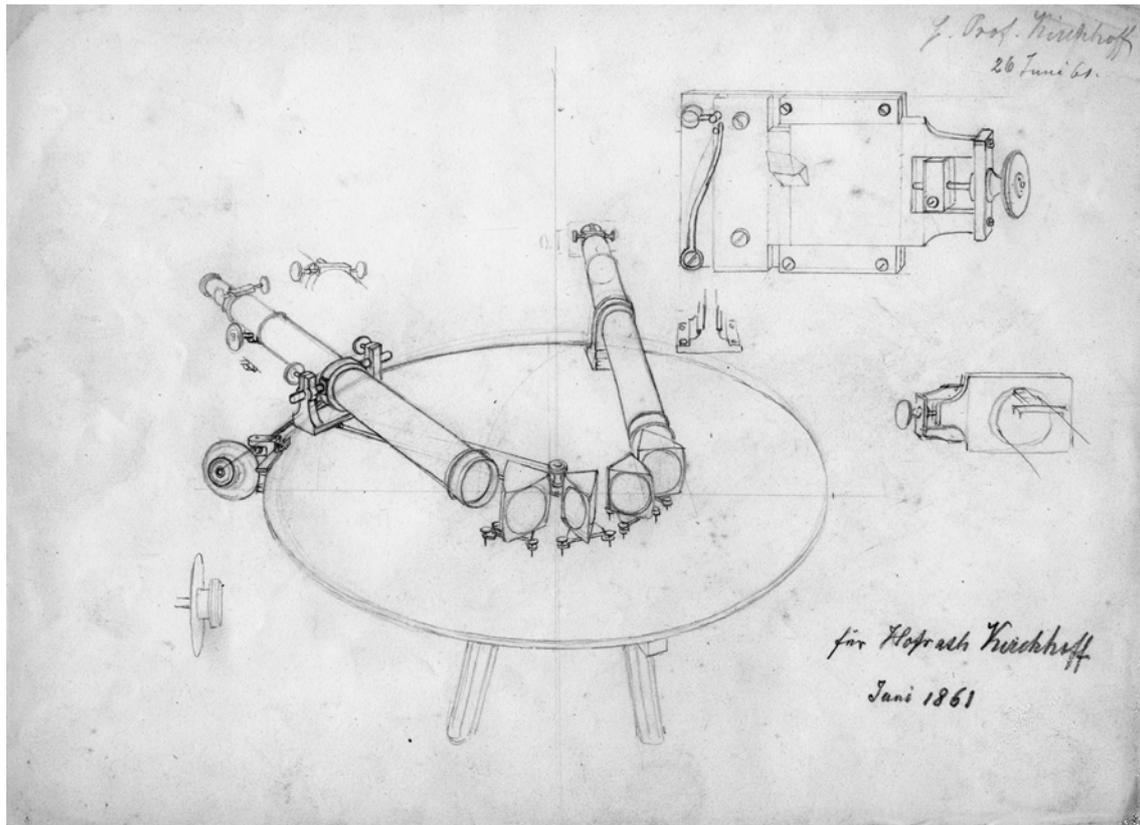
4.1.4. *„Großer Lichtanalyseur“*

[*32] Bleistiftzeichnung, 21,7 x 29 cm; bez.: H. Prof. Kirchhoff, 26. Juni [18]61 / für Hofrath Kirchhoff, Juni 1861

Das hier dargestellte Spektroskop ist ein Spezialinstrument zur Analyse des Lichts der Sonne und der Fixsterne. Es zeichnet sich durch seine besonders hohe Auflösungsfähigkeit aus. Mit den Messreihen, die Kirchhoff damit erhielt, beginnt die Entschlüsselung der physischen Beschaffenheit der Sonne. Kirchhoff hatte das Gerät nach seinen Angaben von dem angesehenen Münchener Instrumentenbauer Carl August Steinheil anfertigen lassen. Friedrich Veiths Zeichnung stellt eine Vorstudie zu der Tafel in Kirchhoffs 1861 erschienener Publikation „Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente“ dar.

Diese zeigt zwei auf eine runde eiserne Platte montierte Fernrohre, optisch verbunden durch vier hintereinander geschaltete Glasprismen. Durch einen regulierbaren Spalt am rechten Fernrohr fällt Sonnenlicht ein, wird im weiteren Strahlengang prismatisch zerlegt, und mit Hilfe des links abgebildeten Fernrohrs kann dann das Spektrum betrachtet werden.

In der oberen rechten Ecke der Zeichnung ist die am rechten Fernrohr angebrachte, allerdings eher schlecht zu erkennende, Vorrichtung zur Regulierung des Lichteinfalls



einschließlich eines Vergleichsprismas vergrößert herausgezeichnet. Eine solche Vorrichtung findet sich auch schon im zweiten Teil von Bunsens und Kirchhoffs spektralanalytischen Untersuchungen [→ 4.1.3.]. Sie erlaubt die gleichzeitige Abbildung zweier Spektren übereinander, indem nur die obere Hälfte des verstellbaren Spaltes frei, die untere jedoch durch ein kleines Glasprisma überdeckt ist, über das – durch ein Schirmchen vor der ersten Lichtquelle geschützt – ein zweiter Lichtfunken oder eine zweite Flammenfärbung in den Strahlengang eingeblendet werden kann.

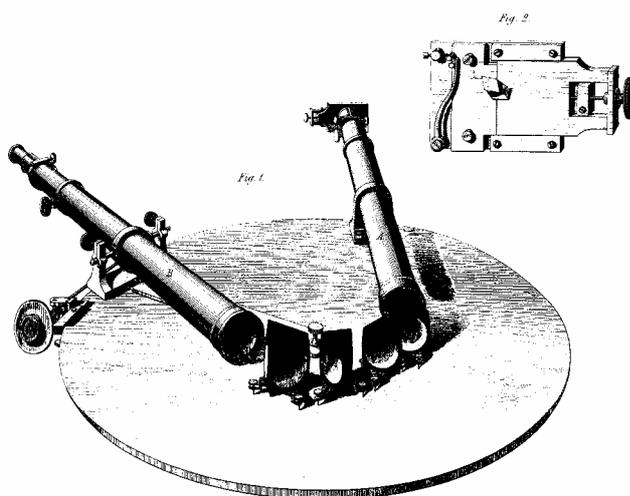
Wie schon bei Bunsens und Kirchhoffs allererstem Spektralapparat [→ 4.1.1.] ließ sich auch hier eine – im Bild nicht gezeigte – Ablesevorrichtung anbringen. Dabei konnten den Linien im Spektrum mit Hilfe eines Skalenfernrohrs über einen Spiegel bestimmten Zahlenwerte zugeordnet werden.

In Veiths Vorzeichnung zu den „Untersuchungen über das Sonnenspektrum“ sind bestimmte Einzelheiten besonders hervorgehoben: Unmittelbar neben dem Spektralapparat finden sich Details der Halterungen und Verstelleinrichtungen, etwas prominenter ist in der rechten Bildhälfte der Anschluss des regulierbaren Spaltes an den Kollimator angedeutet.

Kirchhoffs Spezialapparat wurde mit hohem Aufwand gefertigt. Aus der zugehörigen Untersuchung erfahren wir beispielsweise, dass neben der vierfachen Prismenanordnung zwei besonders lichtstarke, vierzigfach vergrößernde Fernrohre verwendet wurden, um eine möglichst hohe Auflösung zu erzielen. Zudem verfügt die Apparatur über zahlreiche Einstellungsmöglichkeiten, so des Spaltes, der Fernrohre und der Prismen – Indizien dafür, dass wir es hier mit einem recht kostbaren Spezialapparat zu tun haben, der dem Experimentator einiges Geschick abverlangte.

Kirchhoffs Bemühungen, die Spektren der Sonne und der Fixsterne zu entschlüsseln, und die damit verbundenen intensiven Beobachtungen schädigten seine Augen so sehr, dass er zeitweise arbeitsunfähig wurde und die Arbeiten von seinem Assistenten zu Ende führen ließ.

Der Spektralapparat, der unter dem Namen „Großer Lichtanalyseur“ in das Steinheilsche Verkaufssortiment aufgenommen wurde, sollte seine Erfinder lange überleben: Das Instrument wurde – mit geringfügigen Verbesserungen – in dieser Form fast hundert Jahre lang hergestellt.



Gustav Kirchhoff, „Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spectren der chemischen Elemente“, *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften*, Berlin 1861 (1862), 63-95, Taf. III, Fig. 1 u. 2.

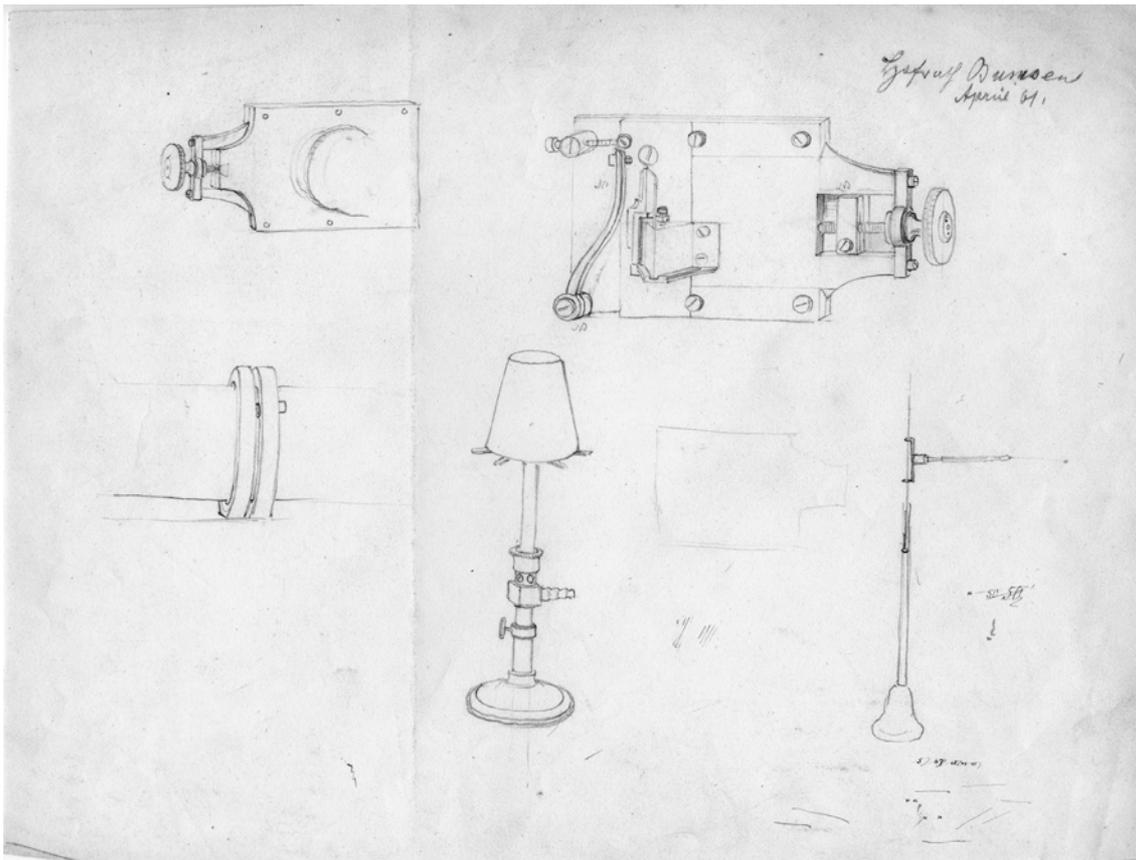
Gustav Kirchhoff, „Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spectren der chemischen Elemente [gelesen in der Akademie der Wissenschaften, Berlin, am 11. Juli 1861 v. G. Magnus]“, *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften*, Berlin 1861 (1862), 63-95, Taf. III, Fig. 1 u. 2. – Gustav Kirchhoff, *Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spectren der chemischen Elemente und weitere ergänzende Arbeiten*, hg. v. Hans Kangro, Osnabrück 1972. – Jochen Hennig, *Der Spektralapparat Kirchhoffs und Bunsens*, München 2003. – Ders., „Die frühen spektroskopischen Arbeiten von Bunsen und Kirchhoff: Experimentelle und historische Analyse mit der Replikationsmethode“, Dipl.-Arbeit, Fachbereich Physik der Universität Oldenburg, Oldenburg 2000. – Klaus Hentschel, *Zum Zusammenspiel von Instrument, Experiment und Theorie. Rotverschiebung im Sonnenspektrum und verwandte spektrale Verschiebungseffekte von 1880 bis 1960*, Hamburg 1998, Teil 1, 81-84, 96-106.

CN

4.1.5. Kleiner Spektralapparat zum Gebrauch in Laboratorien

[*9] Bleistiftzeichnung, 21,8 x 20,5; bez.: H, Hofr. Bunsen, Oct. [18]61.

Dieser Spektralapparat funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie derjenige, den Bunsen und Kirchhoff im zweiten Teil ihrer spektralanalytischen Untersuchungen [→ 4.1.2.] vorgestellt hatten, ist aber zeitlich etwas später anzusetzen. Es ist gleichsam die etwas preiswertere Variante ‚für den Hausgebrauch‘, vom Aufbau her etwas schlichter, kleiner und weniger leistungsfähig, und auch die zahlreichen Einstellmöglichkeiten des zweiten Modells fehlen. So ist beispielsweise die Befestigung der drei Fernrohre grundsätzlich anders gelöst: Beobachtungs- und Skalenfernrohr sind nicht mehr einzeln drehbar, sondern über eine neue Halterung, die im Detail herausgezeichnet ist, fest auf der Grundplatte montiert, die um ihre vertikale Achse gedreht werden kann.



Details des Spektralapparats; 20,3 x 26,7 cm, bez.: Hofrat Bunsen, April, [18]61 [→ 4.1.3.]

Veiths Skizze enthält nahezu dieselben Elemente wie die letztlich veröffentlichte Abbildung. Lediglich am oberen und unteren linken Rand seiner Zeichnung finden sich ‚Fingerübungen‘: angedeutete Details der Okulare.

Ebenso wie eine weitere Abhandlung von Bunsen und Kirchhoff über die Eichung der Spektralapparate im gleichen Band von Fresenius' *Zeitschrift für analytische Chemie* unterstreicht die kurze Veröffentlichung „Kleiner Spektralapparat zum Gebrauch in Laboratorien“, dass Wissenschaft kein einseitig vom Forscher nur an die Wissenschaftlergemeinschaft gerichteter Prozess ist, sondern Dialogcharakter besitzt, auch wenn die Quellen oft nur die eine Seite sichtbar werden lassen. Die Unterschiede zwischen den viel komplexeren Spektralapparaten für die Spitzenforschung und diesem eher für Unterrichtslaboratorien entwickelten Modell machen darüber hinaus deutlich, welche Bedeutung der Materialität solcher Artefakte in der Geschichte der Wissenschaften zukommt.

Robert Bunsen u. Gustav Kirchhoff, „Kleiner Spectralapparat zum Gebrauch in Laboratorien“, *Zeitschrift für analytische Chemie* (1862) 139-140. – Dies., „Die Spectren der Alkalien und alkalischen Erden“, *Zeitschrift für analytische Chemie* (1862), 1-2.

4.2. *PHOTOCHEMIE*

Die Erforschung chemischer Reaktionen, die durch Einwirkung von Licht initiiert werden, war Hauptgegenstand einer fast zehn Jahre dauernden gemeinsamen Forschungsarbeit von Robert Bunsen mit seinem Schüler Henry E. Roscoe in Heidelberg, die auch dann noch fortgesetzt wurde, als Roscoe bereits wieder nach England zurückgegangen war.

Der erste Teil ihrer Experimente auf diesem Gebiet war die Erforschung lichtinduzierter Kettenreaktionen in wässrigen Lösungen von Jod, Brom und v.a. Chlor. Die chemische Wirkung von Licht auf die Reaktion der Gase Wasserstoff und Chlor war bereits 1809 von Joseph Louis Gay-Lussac und Louis Jacques Thenard erkannt worden. Quantitativ haben diese Reaktion aber erst der Engländer John Draper (1811–1882) und der Münchner Privatdozent Wilhelm Wittwer (1822–1908) untersucht, welcher 1861 Lyzealprofessor in Regensburg wurde. Bunsen und Roscoe konnten bei ihren Untersuchungen zwar an diese Vorarbeiten anknüpfen, brachten aber gleichzeitig entscheidende methodische und instrumentelle Verbesserungen ein, die zu viel genaueren Ergebnissen führten und den Forschern gestatteten, die Chlorknallgas-Reaktion in einer „Aktinometer“ genannten Apparatur als Messinstrument für die chemische Wirkung des Lichtes zu verwenden.

Im zweiten Teil ihrer photochemischen Experimente beschäftigten sich Bunsen und Roscoe mit dem Sonnenlicht als Energiequelle, den Auswirkungen von Licht in Abhängigkeit von der Strahlungsintensität sowie mit den spezifischen Wirkungen des gestreuten und direkten Lichts.

Die ersten Resultate aus diesen Untersuchungen hat Roscoe bereits 1855 vor der British Association for the Advancement of Science vorgetragen. Die endgültigen Ergebnisse ihrer Arbeit publizierten Bunsen und Roscoe zwischen 1856 und 1862 gemeinsam in einer Artikelserie, und zwar sowohl in Deutschland (*Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie*) als auch in England (*Royal Institution Proceedings, Philosophical Magazine*). Diese Arbeiten – ein frühes Beispiel langfristiger Forschungs Kooperation zwischen etablierten Experimentalwissenschaftlern über große Distanzen hinweg – fanden unter den Zeitgenossen große Beachtung. Darüber hinaus sind sie voll kleiner, aber bedeutsamer apparativer Innovationen, von denen der 1857 publizierte Bunsenbrenner wohl die bekannteste ist.

Die photochemischen Untersuchungen von Bunsen und Roscoe führten zur Formulierung des Reziprozitätsgesetzes (Bunsen-Roscoe-Gesetz), das in der Photographie von Bedeutung ist. Es besagt, dass die Schwärzung der lichtempfindlichen Schicht dem Produkt aus Belichtungsintensität und Belichtungsdauer proportional ist.

Wilhelm Ostwald, Begründer der Physikalischen Chemie, hat die „Photochemischen Untersuchungen“ von Bunsen und Roscoe 1892 in seine bekannte Reihe *Klassiker der exakten Wissenschaften* aufgenommen und dazu bemerkt:

„Die photochemischen Untersuchungen von Bunsen und Roscoe verdienen den Namen einer klassischen Arbeit in zweierlei Hinsicht. Einmal haben sie für ihren Gegenstand grundlegend und vorbildlich gewirkt, indem in ihnen die vorher zwar in einzelnen Punkten ermittelten, aber noch nicht systematisch untersuchten allgemeinen Gesetze der

chemischen Wirkungen des Lichtes einem außerordentlich umfassenden und ins einzelne gehenden Studium unterzogen worden sind, welches als Grundlage und Ausgangspunkt für alle weiteren Forschungen auf diesem Gebiet gedient hat. Sodann aber kann man nicht anstehen, sie nicht nur als ein klassisches Vorbild, sondern geradezu als das klassische Vorbild für alle späteren experimentellen Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie zu bezeichnen.

Eine gleiche Summe von chemischer, physikalischer und rechnerischer Geschicklichkeit, von Scharfsinn im Ersinnen der Versuche und von Geduld und Ausdauer in ihrer Durchführung, von eingehendster Sorgfalt an jeder kleinsten Erscheinung und ausgiebigstem Weitblick den größten meteorologisch-kosmischen Verhältnissen gegenüber, findet sich in keiner anderen wissenschaftlichen Arbeit auf diesem Gebiete wieder.“

Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Die Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, v.a. S. 142-159. – Georg Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen: Lebensbild eines deutschen Naturforschers*, Stuttgart 1949, 129-139. – Henry Enfield Roscoe, *Ein Leben der Arbeit: Erinnerungen*, Leipzig 1919, 49.

PK

4.2.1. *Chlorknallgas-Aktinometer*

[*42] Bleistiftzeichnung, 21,2 x 31,4 cm; bez.: Herr Dr. Roscoe, Juni [18]56

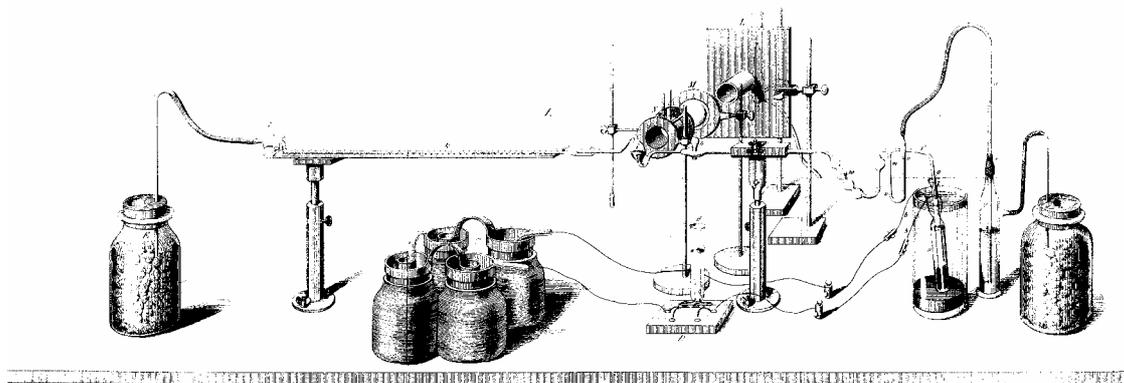
Das Chlorknallgas-Aktinometer ist eine Apparatur zur Messung der chemischen Wirkung des Lichts. Es wurde von Bunsen entwickelt und wies gegenüber Drapers „Titonometer“ maßgebliche Verbesserungen auf, so dass viel genauere Messergebnisse erzielt werden konnten. Das von Veith gezeichnete Blatt diente offenbar 1857 als Vorzeichnung für die Originalpublikation in Poggendorffs *Annalen der Physik und Chemie*.

Bei den Messungen arbeitete man mit einem elektrolytisch erhaltenen Chlor-Wasserstoff-Gemisch. Dieses wurde in der Apparatur kontrolliert mit Licht bestrahlt. Das in exothermer – und bei mangelnder Vorsicht sehr heftig verlaufender – Reaktion entstehende Chlorwasserstoffgas wurde sogleich von dem als Sperrflüssigkeit dienenden Wasser absorbiert, und aus der Volumenabnahme ließ sich die Menge des verbrauchten Chlorknallgases ermitteln; dies war das gesuchte Maß für die chemische Wirkung des Lichtes.

Die Zeichnung zeigt den Aufbau der ungeheuer komplexen Apparatur, bei der allein schon die vorbereitende Sättigung des als Sperrflüssigkeit dienenden Wassers 3-9 Tage erforderte. Rechts im Hintergrund stehen vier Zink-Kohle-Batterien [sog. Bunsen-Elemente → 6.1.7.]. Sie liefern den Strom für die elektrolytische Freisetzung von Chlor und Wasserstoff aus wässriger Salzsäure. Links davor sieht man einen Druckregulator, der über eine Kautschukleitung an die davor befindliche Elektrolysezelle angeschlossen ist. Die Richtung des Stroms kann dabei mit Hilfe des unten noch einmal vergrößert herausgezeichneten Polwenders umgeschaltet werden, bei dem ein abnehmbarer Bügel aus Kupferdraht in mit Quecksilber gefüllte Näpfchen auf einer Holzplatte eintaucht.

Das erhaltene Chlorknallgas wird durch eine mehrgliedrige Waschvorrichtung zum eigentlichen Zentrum des Apparats, dem Reaktionsgefäß in der Mitte der Zeichnung, geleitet, um dort belichtet zu werden. Die Lichtquelle, Bunsens „Kastenflamme“

[→ 4.2.4.], befindet sich dabei hinter einem Schirm und ist auf der Zeichnung nicht zu sehen. Zusätzlich war das Reaktionsgefäß durch einen mit Wasser gefüllten Glaszylinder vor der Strahlungswärme der Flamme geschützt. Das entstehende Chlorwasserstoffgas wird in ein langes Glasrohr geleitet, auf dessen Skala die Änderung des Gasvolumens abgelesen werden kann.



Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 43-88, Taf. II, Fig. 1.

Die Untersuchung war alles andere als problemlos. So berichten die Autoren von ungewöhnlich aufwendigen „Präliminarversuchen [...], die unsere Geduld über ein halbes Jahr lang auf die härteste Probe gestellt haben“, und einer Reihe von Fällen, bei denen „der Apparat durch eine heftige Explosion zertrümmert wurde.“ Aus heutiger Sicht sind die Ergebnisse allerdings wenig aussagekräftig, zumal eine Reihe der von Bunsen und Roscoe ausführlich untersuchten Effekte, so z.B. das etwas verzögerte Ingangkommen der Reaktion, noch nicht wirklich verstanden waren. Den genauen Mechanismus der Chlorknallgas-Kettenreaktion haben erst Walther Nernst und Max Bodenstein um 1900 aufklären können.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen Zweite Abhandlung: Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 43-88, Taf. II, Fig. 1. – Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, 142-148.

PK

4.2.2. Details des Chlorknallgas-Aktinometers

[*12] Bleistiftzeichnung, 21,3 x 25,1/25,8 cm; bez.: Hofr. Bun[sen] / für Hofr. Bunsen, 1860

Die ins Reine gezeichneten Vorlagen, die dann zur Publikation an die Lithographenanstalt gingen, setzte Friedrich Veith häufig aus einzelnen Vorzeichnungen zusammen. Diese umfassten sowohl Gesamtübersichten der Apparatur [→ 4.2.1.], oft mit vergrößert herausgezeichneten Details, als auch auf separaten Blättern festgehaltene besondere Teile der jeweiligen Versuchsanordnung. Das – möglicherweise erst im Nachhinein – auf 1860 datierte und für Bunsen gezeichnete Blatt zeigt einzelne Elemente des Chlorknall-

gas-Aktinometers, welche sich auch schon auf einem 1856 für Henry Roscoe gezeichneten Blatt [→ 4.2.1.] finden, so dass davon auszugehen ist, dass beide Blätter tatsächlich in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang entstanden sind.

Links sieht man das zur elektrolytischen Entwicklung von Chlor dienende Standgefäß mit zwei Elektroden, die daneben noch einmal herausgezeichnet sind. Es handelt sich um von Bunsen durch Auskochen mit Königswasser und nachfolgendem Glühen in Chlorgas speziell präparierte Kohleelektroden mit einer in Glas eingeschmolzenen Zuleitung aus Platindraht.

Rechts daneben – und auch in der Publikation mit einer eigenen Abbildung bedacht – ein doppelter Metallschirm, dessen Öffnung mit zwei klaren, lichtdurchlässigen Glimmerplättchen bedeckt ist, und vor der sich eine innen geschwärzte Metallkapsel befindet, die zur Aufnahme des eigentlichen, ca. 7 ml fassenden Belichtungsgefäßes („Insolationsgefäßes“) dient und zum Schutz vor Fremdlicht mit einem Deckel verschlossen werden kann.

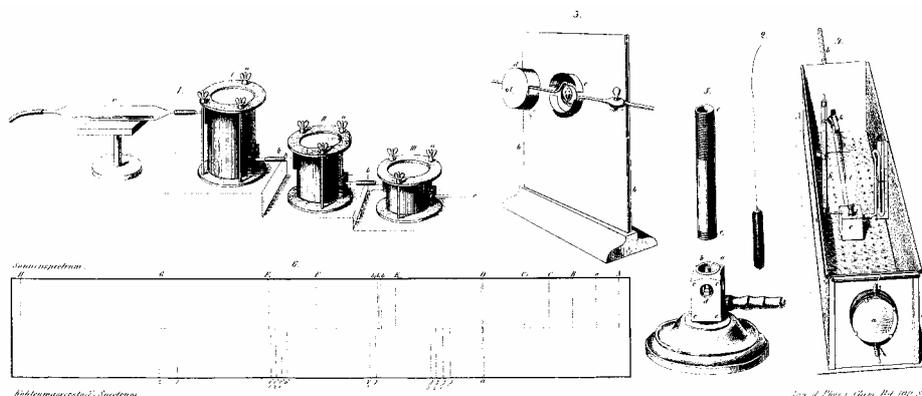
Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 43-88, Taf. I, Fig. 2 u. 3; Taf. II, Fig. 1. – Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, bes. S. 144.

CM

4.2.3. Photochemische Induktion

[*43] Bleistiftzeichnung, 14,5 x 18,8 cm; bez.: H. Dr. Roscoe, 1862

Dass die durch Licht induzierte Chlorknallgasreaktion erst mit einer gewissen Zeitverzögerung in Gang kommt, hatte bereits Draper beobachtet und mit einem besonderen („allotropischen“) Zustand des Chlorgases zu erklären versucht. Bunsen und Roscoe postulierten für dieses Phänomen eine eigene Theorie – die der „chemischen Induktion“. Sie verstanden darunter die zur Überwindung eines Verbindungswiderstandes der Gasteilchen notwendige Schwelle, d.h. eine Art Aktivierungsenergie. Für diese waren nach Ansicht von Bunsen und Roscoe das Volumen des belichteten Gases und die Lichtintensität maßgeblich.



Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 43-88, Taf. I.

Die zur Untersuchung dieser Verhältnisse erdachte Versuchsanordnung ist in derselben Veröffentlichung wie das Aktinometer [→ 4.2.1.] und der Belichtungsapparat [→ 4.2.4.] beschrieben. Ihre Funktionsweise war relativ unkompliziert. Drei in Reihe verbundene, luftdichte Metallzylinder von unterschiedlicher Höhe wurden mit Chlorknallgas gefüllt und gleichmäßig belichtet. Als Lichtquelle wurde wieder eine Flamme benutzt, wobei sich zwischen dem Brenner und den Reaktionsgefäßen eine Konvexlinse und ein Schirm befanden, was eine gezielte Beleuchtung von bestimmten Sektoren erlaubte.

Die Theorie der „chemischen Induktion“ wurde allerdings in den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts durch Jacobus Henricus van't Hoff in Zweifel gezogen. Erst Anfang des 20. Jahrhunderts konnte endgültig bewiesen werden, dass es sich um kein eigenständiges physikalisch-chemisches Phänomen handelt, sondern dass Verunreinigungen der Sperrflüssigkeit im Apparat für das verzögerte Eintreten der Reaktion verantwortlich sind.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 43-88, Taf. I., Fig. 1. – Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, 152-159.

PK

4.2.4. Belichtungsapparat – „Kastenflamme“

[*44] Bleistiftzeichnung, 19,2 x 9,2 cm; bez.: Herr Dr. Roscoe, July 56

Das Aktinometer [→ 4.2.1.] erfordert eine konstante Lichtquelle. Dafür hat Bunsen mit Roscoe einen eigenen Belichtungsapparat entwickelt. In ihm war die Flamme nicht nur vor äußeren Einflüssen geschützt, sondern er ermöglichte auch den konstanten Abstand der Lichtquelle zur übrigen Apparatur.

Als Lichtquelle dient ein Leuchtgasbrenner in einem innen geschwärzten Kasten mit durchlöcherter Boden. Mittels eines Schiebers lässt sich die Position der Flamme exakt einstellen. Daran befindet sich auch ein Regulator, um die Höhe der Flamme konstant zu halten. Der Lichtauslass erfolgt über ein rundes Glasfenster im Vorderteil des Kastens. Um die Wirkung von farbigem Licht auf die Chlorknallgasreaktion zu untersuchen, kann die Flamme des Brenners mittels poröser Kohlestückchen, die mit einer entsprechenden Salzlösung getränkt sind, angefärbt werden.

Das Blatt diente als Vorzeichnung für die Originalpublikation von Bunsen und Roscoe in Pogendorffs *Annalen der Physik und Chemie* von 1857.

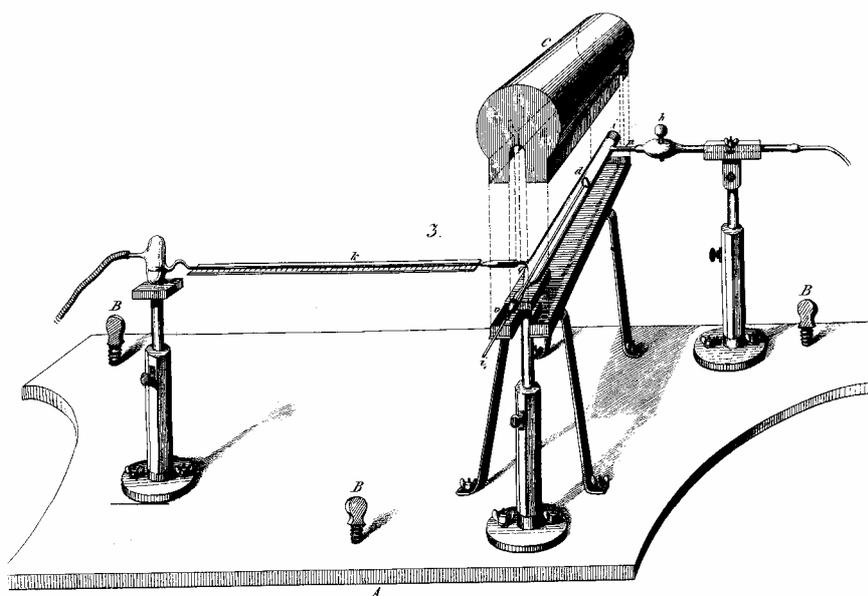
Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Zweite Abhandlung: Maassbestimmung der chemischen Wirkungen des Lichts“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), v.a. S. 60-62 u. Taf. I. – Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, 148-151.

PK

4.2.5. *Verhältnis von optischer und chemischer Extinktion*

[*13] Bleistiftzeichnung, 21,4 x 30 cm; bez.: für Hofr. Bunsen 1860 / Hofr. Buns[en]

Von Roscoe in Glasgow seit 1855 angestellte Versuche über den Zusammenhang zwischen Gasmasse und chemischer Wirkung schienen darauf hinzudeuten, dass das vom Chlorknallgas absorbierte Licht nicht vollständig in Wärme umgewandelt wird, sondern außerdem noch eine sogenannte „chemische Extinktion“ stattfindet. Gemeinsam mit Bunsen versuchte Roscoe deshalb die Frage zu klären, ob es sich bei der lichtinduzierten Chlorknallgasreaktion um eine quantitative Umwandlung von Lichtenergie in mechanische Arbeit handelt. Dazu wurden zunächst die Extinktionskoeffizienten von Chlor- und Chlorknallgas in Abhängigkeit von Schichtdicke und Verdünnung untersucht. Die Bestimmung erfolgte mit Hilfe des Aktinometers [→ 4.2.2.]. An Stelle des flachen Belichtungsgefäßes kam jedoch nun eine lange Glasröhre als „Insolationsgefäß“ zum Einsatz, deren plangeschliffene Vorderseite der Lichtquelle zugewandt war und bei dem ein in der Röhre laufender Schieber, dessen Stempel oben rechts noch einmal vergrößert herausgezeichnet ist, eine Variation der Gassäule erlaubte. Zum Schutz vor Fremdlicht und Wärme wurde eine Blechhaube auf die Röhre aufgesetzt.



Belichtungsapparatur, Lithographie, ca. 13 x 18 cm; aus: Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Vierte Abhandlung: Optische und chemische Extinktion der Strahlen“, *Annalen der Physik und Chemie* 101 (1857), 235-263, Taf. II, Fig. 3.

Auf einer gekehlten Grundplatte, die mit drei Stellschrauben geneigt werden kann, steht auf Stativen das Belichtungsrohr mit darin laufendem Glasschieber, dessen Handgriff nach vorne durch eine Kautschukkappe geführt ist. Von rechts hinten strömt das Chlorknallgas über einen Hahn zu und entweicht nach der Belichtung links vorne durch das Skalenrohr des Aktinometers.

Vor dem Versuch wird das Belichtungsrohr zur Hälfte mit Wasser gefüllt und die gesamte Apparatur mit der Grundplatte so geneigt, dass sich das Wasser vor der Zuleitungsrohre sammelt und von dem eintretenden Gasmisch durchströmt wird. Dann

wird das gesamte Gasvolumen „induziert“, d.h. durch das geöffnete Fenster der Dunkelkammer belichtet. Wenn das Skalenrohr des Aktinometers das Erreichen des Induktionsmaximums anzeigt, stellt man die Apparatur wieder horizontal.

Die Versuche ergaben, dass bei der photochemisch induzierten Chlorknallgasreaktion eine der geleisteten Arbeit äquivalente Menge an Licht verloren geht – was aus heutiger Sicht allerdings nur für die initiale Dissoziation von Cl_2 in zwei Chloratome gilt. Doch wurden Mechanismus und Kinetik der Chlorknallgasreaktion erst um 1900 von Walther Nernst und Max Bodenstein aufgeklärt. Die von Bunsen und Roscoe beobachteten Absorptionsunterschiede von Chlor und Chlorknallgas wurden in Wirklichkeit von Verunreinigungen im Aktinometer-Sperrwasser verursacht.

Das offenbar nachträglich auf 1860 datierte Blatt – die ursprüngliche Beschriftung ist beschnitten und weist kein Datum auf – wäre damit zeitlich *nach* der Erstpublikation von 1857 anzusetzen. Derartige Fälle sind in dem Bestand sonst aber nicht belegt. Es ist deshalb anzunehmen, dass es sich auch hier um eine Vorzeichnung für die Originalpublikation handelt und diese auf 1857 zu datieren wäre. Dafür spricht auch, dass die hier noch in Vorder- und Rückansicht gezeichnete Blechhaube, die auf das Reaktionsrohr aufgesetzt wird, in der publizierten Tafel in eine einzige Haube zusammengezeichnet wurde, die die rückwärtige Öffnung halbtransparent erkennen lässt. Ob dies bereits Veith in der Reinzeichnung oder erst der Lithograph getan hat, ist nicht mehr festzustellen.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Vierte Abhandlung: Optische und chemische Extinktion der Strahlen“, *Annalen der Physik und Chemie* 101 (1857), 235-263. – Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, 164-171.

KM

4.2.6. *Photometrische Untersuchung des Himmelslichts*

[*46] Bleistiftzeichnung, 20 x 16,2 cm; bez.: Dr. Schiel, 1859

Zur Untersuchung der chemischen Wirkung des vom wolkenlosen Himmel ausgestrahlten Lichtes hatten Bunsen und Roscoe eine Vorrichtung [→ 4.2.8.] konstruiert, um das Licht des Zenits über einen um 45° geneigten Spiegel durch ein in den Fensterladen ihrer Dunkelkammer eingelassenes Rohr und durch zwei Glimmerblättchen auf das Belichtungsgefäß (,Insolationsgefäß’) zu leiten. Als „chemische Lichteinheit“ diente die Wirkung auf das im Belichtungsgefäß befindliche Chlorknallgas, normiert auf die Einheit der einminütigen Einwirkung einer Vergleichsflamme in 1 m Entfernung.

Oberhalb des schematisch gezeichneten Versuchsaufbaus – das Insolationsgefäß links darüber noch einmal vergrößert herausgezeichnet – sind die Maße für Röhrenöffnung, Abstand zum Belichtungsgefäß und Neigung des Spiegels notiert; sie entsprechen in etwa den publizierten Zahlen.

Das Blatt ist auf die Entstehungszeit der Arbeit von Bunsen und Roscoe datiert und zeigt Details der 1862 in den *Annalen der Physik* publizierten Tafel. Dass die Zeichnung Jakob Schiel zugeschrieben ist, deutet darauf hin, dass dieser – damals gerade erst aus den Vereinigten Staaten nach Heidelberg zurückgekehrt – an der Vorbereitung der Pu-

blikation beteiligt war, wenngleich Bunsen und Roscoe ihre Messungen im Wesentlichen bereits 1856–1858 vorgenommen hatten.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Fünfte Abhandlung: Die Sonne“, *Annalen der Physik und Chemie* 108 (1859), 193-273, Taf. I.

CM

4.2.7. *Fettfleck-Photometer und Spiegel*

[*47] Bleistiftzeichnung, 14,8 x 19 cm; kopfstehend bez.: Dr. Schiel, [18]59 [verso: wohl Vorzeichnung zu → 4.2.6.]

Im Zusammenhang mit meteorologischen Problemen suchten Bunsen und Roscoe die Frage zu klären, wie sich die einzelnen Bestandteile des Sonnen- und Himmelslichts hinsichtlich des von ihnen postulierten Unterschieds zwischen optischer und „chemischer Extinktion“ [→ 4.2.5.] verhalten. Dazu wurde das Sonnenlicht mit Hilfe des Metallspiegels eines Heliostaten in die Dunkelkammer geleitet, dort prismatisch zerlegt und auf seine chemischen Wirkungen hin untersucht, während das Licht des wolkenlosen Himmels direkt bestimmt wurde. Die Ergebnisse, an denen offenbar auch Jakob Schiel beteiligt war, wurden 1859 im fünften Teil der „Photochemischen Untersuchungen“ von Bunsen und Roscoe unter dem einfachen Titel „Die Sonne“ in den *Annalen der Physik und Chemie* zusammengefasst. Von den in der Arbeit vorgestellten Apparaturen haben sich unter den von Veith gezeichneten Blättern Skizzen zu unterschiedlichen Photometern erhalten.

Bei Verwendung eines Spiegels können Absorption oder Polarisation das Ergebnis der Lichtstärkebestimmung verfälschen. Um die „chemische Lichtstärke“ [→ 4.2.6.] mit der Intensität einer nicht reflektierten Lichtquelle zu vergleichen, benutzte Bunsen das von ihm erfundene Fettfleck-Photometer: Ein weißes Blatt Papier wird mit einem Stearinfleck versehen und in einem Tubus axial so befestigt, dass es durch ein seitlich angebrachtes Okularrohr betrachtet werden kann. Beleuchtet man das Papier nun von beiden Seiten mit genormten Lichtquellen (hier: gleich hellen Kerzenflammen), von denen das Licht der einen über einen um 45° geneigten Spiegel gelenkt wird, so wird der Fettfleck immer dann unsichtbar, wenn die Lichtstärke auf beiden Seiten gleich ist. Die abschwächende Wirkung des Spiegels ergibt sich aus dem Verhältnis der Entfernungen beider Lichtquellen vom Papier.

Die skizzierte Versuchsanordnung zeigt offenbar einen schlichten Vorversuch zu dem dann tatsächlich publizierten Photometertyp [→ 4.2.8.]. In die später in den *Annalen* veröffentlichte Arbeit ist diese Voruntersuchung, mit deren Durchführung Bunsen wohl den damals stellunglosen Privatdozenten Schiel beauftragt hatte, nicht eingegangen.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Fünfte Abhandlung: Die Sonne“, *Annalen der Physik und Chemie* 108 (1859), 193-273, bes. S. 213-215.

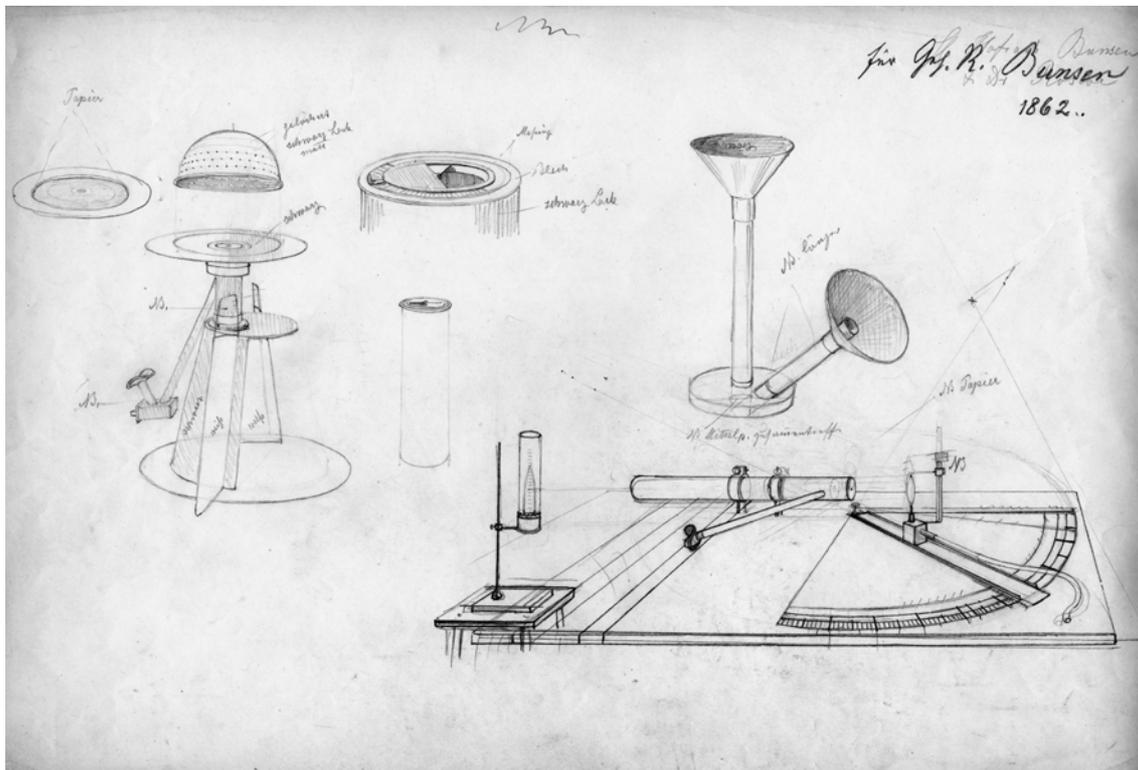
CM

4.2.8. Chemische Wirkung der Bestandteile des Sonnenlichts

[*14] Bleistiftzeichnung, 21,7 x 33,7 cm; bez.: H. Hofr. Bunsen & Dr. Roscoe / für Geh. R. Bunsen, 1862

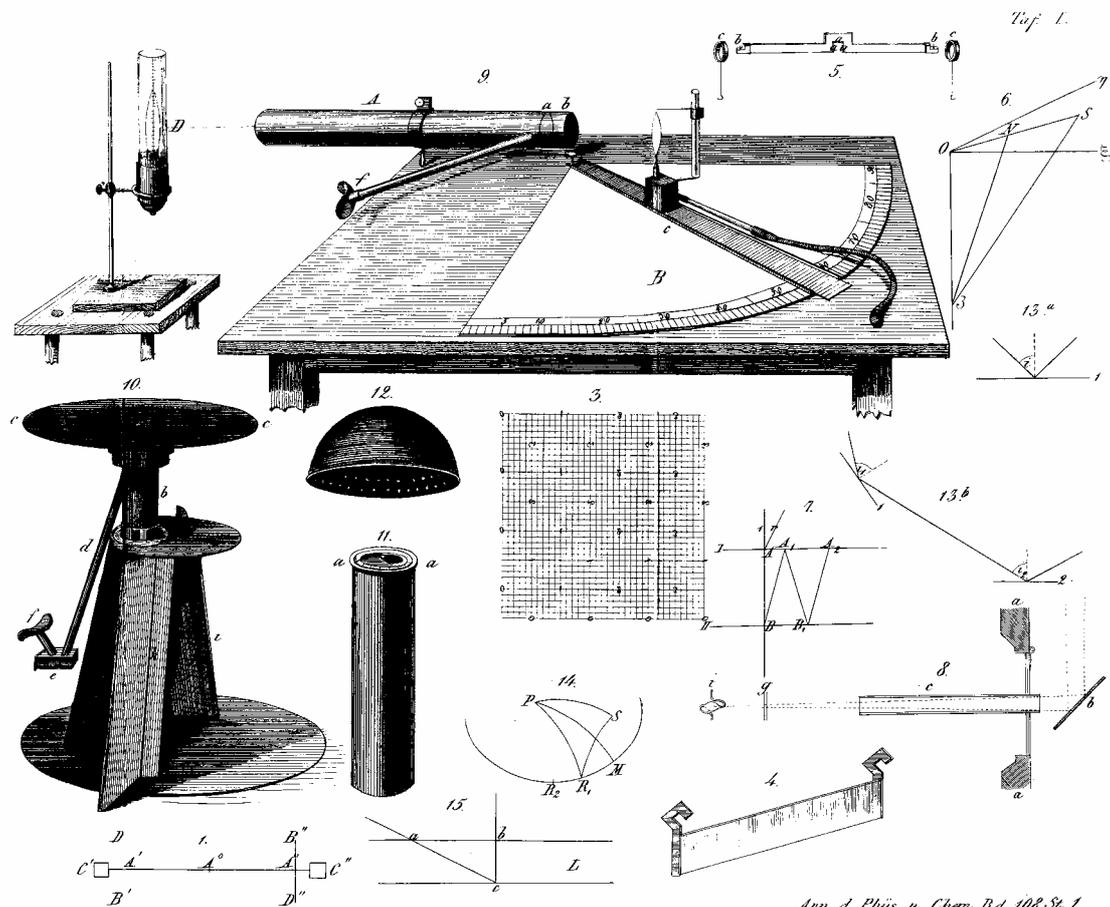
Bunsens fünfte, „Die Sonne“ überschriebene Photochemische Untersuchung beginnt wie ein Werbetext für erneuerbare Energien: „Der unermessliche Vorrath an lebendiger Kraft, welchen die Natur im Sonnenkörper aufgespeichert hat, fließt unablässig mit den Sonnenstrahlen in den Weltraum ab. Was die Erde [...] an Kraft verwendet, stammt fast ausschließlich aus dieser Quelle.“ (S. 193). Unter dem neuen Paradigma des Energieerhalts ging es Bunsen und Roscoe nun darum, die von den einzelnen Bestandteilen des Sonnenlichts zu leistende chemische Arbeit zu bestimmen.

Um zu einer Gesamtbilanz zu gelangen, musste die Wirkung des direkten und des von der Atmosphäre gestreuten Lichts gemessen und verglichen werden. Dazu musste zunächst die Abhängigkeit der Intensität vom Einfallswinkel bestimmt werden. Im Modellversuch bedienten die Forscher sich dazu einer Variante des von Bunsen erfundenen Photometers [→ 4.2.7.], welches in der rechten unteren Hälfte der Zeichnung dargestellt ist.



Vor dem horizontal liegenden Blechrohr, welches am Ende durch das Photometer-Papierblatt verschlossen ist, befindet sich ein mit einer Winkelskala versehener Viertelkreis, dessen Mitte genau im Mittelpunkt des Papierblattes liegt. Darauf befindet sich eine verschiebbare Messlatte, auf der sich eine Standard-Lichtquelle, z.B. die ‚Kastenflamme‘ [→ 4.2.4.], auf beliebige Winkel und Entfernungen vom Ende des Rohres einstellen lässt. Zum Vergleich dient eine zweite, gleichartige Flamme hinter der anderen Öffnung des Rohrs, und mit Hilfe des seitlich angebrachten Okularrohrs betrachtet man den Stearinleck auf dem beidseitig beleuchteten Papier. Je nach dem Verhältnis der

Beleuchtungsstärke auf beiden Seiten erscheint dieser einmal weiß auf dunklem Grund, verschwindet bei gleicher Intensität, oder tritt dunkel auf hellem Untergrund hervor.



Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 108. St. 1.

Photometer, Lithographie, ca. 18 x 19 cm; aus: Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen: Fünfte Abhandlung: Die Sonne“, *Annalen der Physik und Chemie* 108 (1859), 193–273, Taf. I.

Um die gleiche Messung am Himmelsgewölbe ausführen zu können, wurde das Photometer vertikal ausgerichtet und das seitliche Okularrohr mit einem kleinen Spiegelkasten versehen, um bequemer beobachten zu können. Innerhalb des Blechrohres befindet sich eine Blende in Gestalt eines offenen Halbkreises, über den sich eine ebenfalls halbkreisförmige Metallscheibe so drehen lässt, dass ein bestimmter Kreissektor offen bleibt. Auf diese Weise lässt sich der Lichteinfall von der als Vergleich genutzten konstanten Lichtquelle regulieren.

Um die gesamte Lichtwirkung des Firmaments zu bestimmen, wurde die Lichtstärke, mit der der gesamte Himmel auf einen Punkt der Erdoberfläche einstrahlt, mit derjenigen Lichtstärke verglichen, welche zur selben Zeit von einer gemessenen Kugelkreisfläche des Zenits auf denselben Punkt fällt. Dazu bediente man sich einer Halbkugel, die über das Photometerdiaphragma gesetzt wurde und mit angebrachten Löchern von gleichem Durchmesser versehen war (in der Zeichnung links). Bei der Beobachtung stellt man die Halbkugel über das Diaphragma und öffnet den unteren Kreissektor so weit, dass der Ring auf dem Papierdiaphragma gerade verschwindet. Um hingegen lediglich

einen bestimmten Ausschnitt des Himmels zu vermessen, benutzte man den rechts oben gezeichneten Röhrenaufsatz. Die Versuche ergaben, dass die chemische Wirkung der Sonne immer mehr zunimmt, je näher sie sich dem Zenit befindet.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Fünfte Abhandlung: Die Sonne“, *Annalen der Physik und Chemie* 108 (1859), 193-273, Taf. I. – Georg Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen: Lebensbild eines deutschen Naturforschers*, Stuttgart 1949, bes. S. 132-136.

KM

4.2.9. *Pendelapparat zur Einstellung der Belichtungsdauer und*

4.2.10. *Belichtungsmesser*

[*11] Bleistiftzeichnung, 21,6 x 32,2 cm; bez.: Hofr. Bunsen & Prof. Roscoe, Augst [18]62 / für Hofrath Bunsen & Dr. Roscoe, Aug. [18]62

[*10] Bleistiftzeichnung, 19,6 x 28,2; bez.: für Hofrath Bunsen, Aug. [18]52

Während Bunsen und Roscoe die photochemische Wirkung des Sonnenlichts zunächst für den wolkenlosen Himmel untersucht hatten, dehnten sie ihren Ansatz in der sechsten und letzten Abhandlung der „Photochemischen Untersuchungen“ unter dem Titel „Meteorologische Lichtmessungen“ auf die chemische und damit biologische Lichtwirkung indirekter Lichtquellen, hier: des bedeckten Himmels, aus. Dazu ließ sich das weniger empfindliche Chlorknallgas-Aktinometer [→ 4.2.1.] allerdings nicht verwenden. Die Forscher verfielen daher auf eine andere Nachweismethode, die dem an den damaligen Fortschritten der Photographie außerordentlich interessierten Bunsen besonders nahe lag: die Verwendung eines Papierstreifens, auf den lichtempfindliches Silberchlorid aufgetragen war. Dessen Schwärzung in Folge der Lichteinwirkung wurde dann mit einer aus einer Zinkoxid-Ruß-Mischung erhaltenen Grauskala als Normwert verglichen.

Den zur Regulierung der Belichtungszeit konstruierten Pendelapparat zeigt die erste, allein mit Bunsens Namen bezeichnete Skizze von Veith. Ein eisernes Gestell trägt eine Metallplatte, in der sich ein Schlitz befindet. Über diesem liegt ein geschwärztes Glimmerblatt, das von einem schwingenden Pendel über den Schlitz hin- und zurückgeschoben wird, so dass dieser an unterschiedlichen Stellen unterschiedlich lange belichtet werden kann. Unter diesem Schlitz schiebt man mit der rechts gezeichneten Metallkassette das lichtempfindliche Photopapier ein – eine Technik, die eindeutig aus der Photographie übernommen wurde. Nun löst man den das Pendel zunächst fixierenden Sperrhaken (oben noch einmal vergrößert herausgezeichnet), wartet die der gewünschten Belichtungszeit entsprechende Zahl von Pendelschwingungen ab und lässt das Pendel anschließend wieder einhaken. Auf diese Weise ließen sich die Zeiten, die zu gleichen Schwärzungen des Photopapiers führten, auf hundertstel Sekunden exakt messen.

Den zugehörigen Belichtungsmesser, auf der Skizze des Pendelapparats rechts unten nur schemenhaft angedeutet, zeigt ein zweites Blatt, das – offenbar nachträglich und irrtümlich – auf August 1852 datiert wurde, aber aus inhaltlichen Gründen zu dem anderen, für Bunsen und Roscoe gefertigten Blatt und damit in den August 1862 gehört.

Auf ein Holzbrettchen mit Skala wird der im Pendelapparat belichtete und dadurch geschwärzte Silberchlorid-Papierstreifen in einer Halterung vor der normierten Grauskala aufgebracht und über eine große Sammellinse mit dem gelben Licht der Natriumflamme eines Bunsenbrenners beleuchtet. Durch Einstellen des Schiebers mit der Grauskala

bestimmt man den Punkt gleicher Schwärzung. An der darüber befindlichen Skala kann man nun eintragen, welcher Belichtungsdauer der Papierstreifen im Pendelapparat jeweils ausgesetzt war.

Robert Bunsen u. Henry Roscoe, „Photochemische Untersuchungen. Sechste Abhandlung: Meteorologische Lichtmessungen“, *Annalen der Physik und Chemie* 117 (1862), 529-562. – Georg Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen: Lebensbild eines deutschen Naturforschers*, Stuttgart 1949, bes. S. 136-137. – Ursula Boberlin, *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J.W. Drapers und W.C. Wittwers: Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*, Berlin 1993, 194-196.

KM

4.3. *EIGENSCHAFTEN VON FESTKÖRPERN*

In seiner Heidelberger Rektoratsrede *Ueber das Ziel der Naturwissenschaften* hatte Gustav Kirchhoff 1865 es zur wichtigsten Aufgabe der Naturforschung erklärt, alle Naturerscheinungen letztlich auf Bewegung unveränderlicher Materien zurückzuführen. Die Mechanik war für ihn Grund- und Bezugswissenschaft, und aus mechanischen Gesetzmäßigkeiten, sollte sich der Gang der Natur, bei bekannten Ausgangsbedingungen, nicht bloß vorhersagen, sondern auch menschlichen Zwecken verfügbar machen lassen. Die Vereinigung der Molekularkräfte, der elektrischen Wirkungen, von Wärme und chemischer Reaktivität, die einheitliche Beschreibung von ponderabler Materie und elektromagnetischem Äther durch konsequente Reduktion auf Mechanik, war Kirchhoffs Ziel.

In den Zeichnungen Friedrich Veiths sind aus diesem Forschungsprogramm nur zwei Themen vertreten: die Untersuchungen von Augustus Matthiessen zur elektrischen Leitfähigkeit der Alkali- und Erdalkalimetalle [→ 4.3.1.] und die Experimente von Michail Okatow zur Elastizität von Festkörpern – beides Arbeiten, die von Gastwissenschaftlern im Mathematisch-Physikalischen Seminar bei Kirchhoff durchgeführt wurden.

Gustav Kirchhoff, *Ueber das Ziel der Naturwissenschaften*, Heidelberg 1865. – Christa Jungnickel u. Russell McCormach, *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, Bd 1, Chicago 1986, 295-297.

CM

4.3.1. *Natrium- und Kaliumpresse*

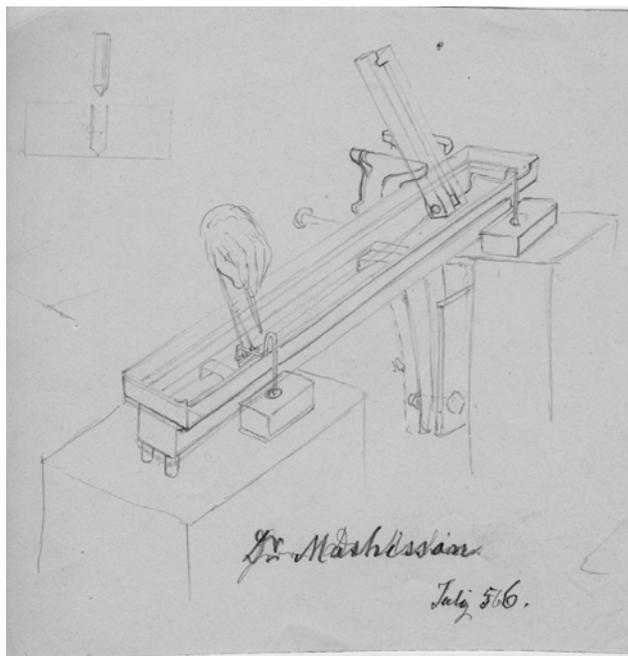
[*39] Bleistiftzeichnung, 15,2 x 14,7 cm; bez.: Herrn Dr. Mathissin, July 56 / überschrieben mit: Dr. Mathisson, Juli [18]56

Als Augustus Matthiessen 1853 nach Heidelberg kam, arbeitete er zunächst im Laboratorium von Robert Bunsen und beschäftigte sich fast ausschließlich mit der Erforschung der Elemente aus den ersten zwei Hauptgruppen der Alkali- und Erdalkalimetalle. Von besonderem Interesse waren für ihn dabei ihre elektrolytische Darstellung und ihre physikalischen Eigenschaften, v.a. die elektrische Leitfähigkeit. Wie die Veröffentlichungen aus seinen letzten zwei Jahren in Heidelberg belegen, wechselte Matthiessen für die Erforschung der letzteren in das Physikalische Laboratorium von Gustav Kirchhoff. Bei diesen Untersuchungen konnte er an ältere Arbeiten von Antoine Becquerel anknüpfen, dessen Ergebnisse er dank technischer Verbesserungen revidieren konnte.

Die Zeichnung zeigt eine Natriumpresse, wie sie Matthiessen für die Herstellung von Drähten aus weichen Metallen wie Natrium oder Kalium benutzt hat. Die Drähte wurden zur Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit gebraucht. Die Möglichkeit, aus Alkali- und Erdalkalimetallen Drähte zu pressen, war jedoch nicht nur für die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Bedeutung, sondern diente ihm auch zur Bestimmung ihrer Stellung in der thermo-elektrischen Spannungsreihe.

Da Alkali- und Erdalkalimetalle mit vielen Stoffen (wie Sauerstoff oder Wasser) sehr leicht reagieren, ist die Arbeit mit ihnen schwierig und erforderte einen für die damalige Zeit beträchtlichen materiellen Aufwand sowie bestimmte technische Neuerungen.

Die Presse bestand im Wesentlichen aus einem massiven Stahlstück, in das eine runde Höhlung hineingebohrt war, die sich an einem Ende zu einer kleinen Öffnung verengte (oben links). Das Metall wurde mit einem stählernen Stempel mit Hilfe eines Schraubstocks in die Bohrung hineingepresst und durch die kleine Öffnung herausgetrieben. Der austretende Draht wurde sogleich von einer speziellen Klemme erfasst, so dass man damit gerade und relativ lange Drähte auch aus besonders weichen Metallen herstellen konnte. Wegen der extrem leichten Oxidierbarkeit musste dieses Verfahren unter Ausschluss von Luft und Feuchtigkeit durchgeführt werden. Matthiessen tauchte deshalb die ganze Apparatur in einen mit Petroleum gefüllten Trog. Um die relativ kleine Presse durch den Schraubstock zu betätigen, wurde sie zwischen zwei eisernen Balken befestigt, von denen der eine die Presse festhält und der andere den Stempel drückt (rechts oben). Die Hand auf der Zeichnung ist gerade dabei, den frisch ausgepressten Draht mit einer kleinen Zange in der Klemme zu fixieren. Die Klemmen selbst waren mit Draht an zwei Holzklötzen (rechts vom Trog) befestigt. Der Trog mit dem zugehörigen Schraubstock steht auf zwei Sockeln, deren Höhe die Handhabung der Presse erleichtern sollte.



Matthiessens Natriumpresse vermittelt einen guten Eindruck von der hohen Bedeutung des manipulativen Geschicks beim Experimentieren und der wichtigen Rolle auch kleiner, apparativ-technischer Innovationen in den Experimentalwissenschaften des 19. Jahrhunderts.

Matthiessens Natriumpresse vermittelt einen guten Eindruck von der hohen Bedeutung des manipulativen Geschicks beim Experimentieren und der wichtigen Rolle auch kleiner, apparativ-technischer Innovationen in den Experimentalwissenschaften des 19. Jahrhunderts.

[Augustus Matthiessen,] „Ueber die Leitfähigkeit für Electricität von Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Calcium und Strontium, mitgetheilt v. G. Kirchhoff“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), 177-193, Taf. III. – [Augustus Matthiessen], „Darstellung des Lithiums, von R. Bunsen, Briefliche Mittheilung“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 94 (1855), 107-111. – Augustus Matthiessen „Ueber die thermo-elektrische Spannungsreihe, mitgetheilt v. G. Kirchhoff“, *Annalen der Physik und Chemie* 103 (1858), 412-428. – Augustus Matthiessen „Ueber die elektrische Leitungsfähigkeit der Metalle“, *Annalen der Physik und Chemie*, 103 (1858), 428-434. – Ders., „Ueber die elektrische Leitfähigkeit der Legirungen“, *ebd.* 110 (1860), 190-221.

PK

4.3.2. Detail aus dem Apparat zur Leitfähigkeitsmessung

[*40] Bleistiftzeichnung, 14,8 x 17,8 cm; bez.: Dr. Mathiessen, 1856

Die vergleichenden Widerstandsmessungen an den einzelnen Metallen wurden von Matthiessen nicht nur unter konstanten Bedingungen durchgeführt; er untersuchte auch die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Temperatur. Dazu presste er die Metalle

unter Ausschluss von Luft in dünne Glasröhren, in welche an zwei Stellen Platindrähte eingeschmolzen wurden. Die Zeichnung zeigt Details seiner Apparatur (oben; bez.: „NB: Die Kugel beim ersten App. leer“), sowie ein Detail der vorgesehenen Halterung für die gefüllte Glasröhre (unten; bez.: „gefüllt“).

[Augustus Matthiessen], „Ueber die Leitfähigkeit für Elektrizität von Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Calcium und Strontium, mitgetheilt v. G. Kirchhoff“, *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), bes. S. 187-188 u. Taf. III.

PK

4.3.3. *Materialuntersuchungen an Stahlstäben*

[*41] Bleistiftzeichnung, 21,3 x 30,1 cm; bez.: für einen älteren poln. Professor / für Dr. Ochow, 1863

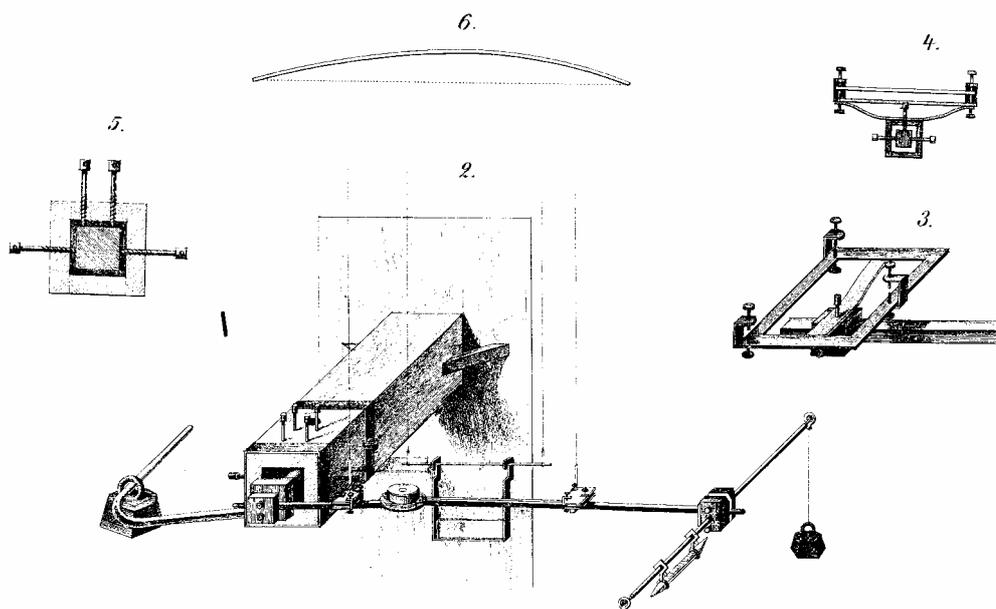
Materialuntersuchungen von festen Stoffen, vor allem Metallen, spielten besonders im 19. Jahrhundert eine große Rolle in der Physik. Mit den Fortschritten der Chemie hielten neue Theorien Einzug in die Materialwissenschaft. Die Vorstellung von Molekülen, aber ganz allgemein mikroskopische Theorien, erlaubten einen neuen Blick auf die Ursachen verschiedener thermischer und mechanischer Eigenschaften von Festkörpern. Das Verständnis von Elastizitätsmodulen, Ausdehnungskoeffizienten oder Steifigkeiten von Metallen war zum Beispiel für den rasch fortschreitenden Maschinenbau immens wichtig. Kein Wunder also, dass auch in Heidelberg an diesen Fragen geforscht wurde. Eine theoretische Abhandlung von Kirchhoff befasst sich mit dem „Verhältnis der Quercontraction zur Längendilatation bei Stäben von federhartem Stahl“.

Durch Messung dieses Verhältnisses konnte geprüft werden, ob gehärteter Stahl als homogen und in allen Richtungen gleichmäßig elastisch angenommen werden darf. Kirchhoff entwickelte dazu eine Theorie, die dieses Verhältnis in Abhängigkeit vom Torsions- und Biegungswinkel angibt. Über die Messung dieser Winkel konnten wichtige Materialdaten abgeleitet werden.

Der Professor für Mechanik und Mathematiklehrer Michail Okatow aus St. Petersburg arbeitete im Winter 1862/63 mit Kirchhoff zusammen und entwickelte neue Versuchsanordnungen. Dabei fand er heraus, dass die elastischen Eigenschaften sowohl von der Art des Stahls als auch von der Form und den Maßen des Stabes abhängen. Außerdem untersuchte Okatow die Veränderung der Werte, nachdem der Stahl ausgeglüht und abgekühlt worden war: Bei allmählichem Abkühlen erhielt er einen isotropen Stab; beim gezogenen und gehärteten Stahl hingegen ergaben sich anisotrope Stäbe.

In der Zeichnung ist eine Befestigungsmöglichkeit für Stahlstäbe dargestellt, deren Biegung und Torsion untersucht werden sollte. Die Bleistiftskizzen sind eine Vorstudie zu den Tafeln in Okatows Artikel für die *Annalen der Physik und Chemie* mit dem Titel „Ueber das Verhältnis der Quercontraction zur Längendilatation bei Stahlstäben“.

Ein Quader ist an einer Wand befestigt, angeschlossen ist eine Art Schraubstock, in den die Stahlstäbe eingespannt werden können. Diese Vorrichtung ermöglichte eine Bewegung und Neigung des Stabes, denn Okatow maß die betreffenden Winkel über Lichtzeiger. Die dafür benötigten beiden Spiegel waren auf dem Stab direkt über kleine Spiegelhalter angebracht. Einen Spiegelhalter sieht man in einer Detailzeichnung rechts. Die Justierschrauben des Stabträgers sind links oben vergrößert dargestellt.



Michail Okatow, „Ueber das Verhältnis der Quercontraction zur Längendilatation bei Stahlstäben“, *Annalen der Physik und Chemie* 119 (1863), 11-42; Taf. II.

Der Stab wurde zu Beginn des Experiments so eingestellt, dass er waagrecht aus dem Träger nach rechts herausragte. Über den Träger konnten nun die Lichtzeiger so justiert werden, dass die Torsions- und Biegewinkel mit zwei Fernrohren betrachtet werden konnten. Die Fernrohre sind nicht dargestellt. Okatow befestigte am rechten Ende des Stabes einen Ausleger im rechten Winkel. Mit einem Gewicht an diesem Ausleger konnte er nun sowohl ein Drehmoment um die Längsachse des Stabs als auch eine Kraft auf das Stabende selbst ausüben. Außer den beiden Spiegelträgern ist auf der Skizze noch eine Dosenlibelle und eine Skala am Stab selbst zu sehen, am Ausleger befindet sich eine Wasserwaage.

Das Blatt war ursprünglich mit „für einen älteren poln[ischen] Professor“ bezeichnet worden. Möglicherweise hat Veith den Namen schon damals nicht richtig verstanden und bei der späteren Ordnung des Bestandes dann „für Dr. Ochow“ darüber gesetzt.

Michail Okatow, „Ueber das Verhältnis der Quercontraction zur Längendilatation bei Stahlstäben“, *Annalen der Physik und Chemie* 119 (1863), 11-42; Taf. II. – Gustav Kirchhoff, „Ueber das Verhältnis der Quercontraction zur Längendilatation bei Stäben von federhartem Stahl“, *Annalen der Physik und Chemie* 108 (1859), 369-392. – Christa Jungnickel u. Russell McCormach, *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, Bd 1, Chicago 1986, 295-297.

BM

4.3.4. Detail für einen Übertragungsmechanismus

[*56] Bleistiftzeichnung, 22 x 29,5 cm; bez.: 1874 gezeichnet für Dr. ?

Die Zeichnung zeigt in vier unterschiedlichen perspektivischen Aufsichten technisch-konstruktive Details einer Vorrichtung, bei der ein mit einem Pendel oder Hebel verbundenes Zahnrad in ein als Zahnstange ausgebildetes Kreissegment eingreift. Der

Zweck der Vorrichtung ließ sich nicht ermitteln. Im Bestand ist es das einzige Blatt, das sich keinem Auftraggeber zuordnen ließ. Als Veith den Bestand seiner Vorzeichnungen zusammenstellte und neu beschriftete, war ihm der Name bereits entfallen.

CM

5 *MECHANIK DES LEBENS*

Mit dem Ende der alten Naturgeschichte um 1800, der Herausbildung des Systems wissenschaftlicher Disziplinen und der damit einhergehenden Neuordnung des Wissens von der Natur gewann die Frage nach dem Verhältnis von belebter und unbelebter Natur neue Aktualität. Lässt sich ‚Leben‘ auf chemisch-physikalische Ursachen zurückführen, oder ist es ein Zustand, der sich einer besonderen ‚Lebenskraft‘ verdankt? Oder eine Eigenschaft, die auftritt, wenn Materie durch natürliche Kräfte in einem bestimmten Komplexitätsgrad organisiert ist? Und wäre es dann prinzipiell möglich, die Funktionsweise von Organen oder die Lebensäußerungen von Organismen auf rein chemisch-physikalische Gesetzmäßigkeiten zu reduzieren? Müsste die Forschung hier nicht an eine prinzipielle Grenze der Erkennbarkeit stoßen? Der Mediziner Johannes Müller (1801–1858), Professor in Bonn und Berlin, hatte aus diesen philosophischen Fragen ein Forschungsprogramm für die experimentelle Physiologie gemacht. In dessen Zentrum stand die Hypothese einer Lebenskraft, deren spezifische Energien sich aus dem Verhältnis von Reiz und physiologischer Antwort bestimmen lassen sollten. Müllers Schüler, allen voran Hermann (von) Helmholtz [→ 7.5.] und Emil Du Bois-Reymond (1815–1895), wandten sich jedoch vom Vitalismus und der teleologischen Natursicht ihres Lehrers ab und entfalteten ein konsequent reduktivistisches Forschungsprogramm: Du Bois auf dem Gebiet der Elektrophysiologie, indem er Lebensvorgänge so in physikalische Experimente umsetzte, dass ‚Lebenskraft‘ als Potentialdifferenz messbar würde; Helmholtz, indem er auf dem Gebiet der Muskelphysiologie den Nachweis zu führen suchte, dass der Energieerhaltungssatz – als oberstes physikalisches Prinzip – auch für Organismen gilt und damit die Annahme einer besonderen Lebenskraft entbehrlich wird.

Die Physiologie ist eine der faszinierendsten Naturwissenschaften des 19. Jahrhunderts. Mit ihr entstand die moderne, naturwissenschaftliche Medizin, und ihre Methoden veränderten die ärztliche Praxis grundlegend. Die Erfolgsgeschichte der Physiologie gründet sich nicht zuletzt darauf, dass es dem Fach gelang, auf experimentellem Weg völlig neue Antworten auf die alten Fragen nach Gesundheit und Krankheit zu geben. Zu einem großen Teil verdankt sich der Erfolg dieser Wissenschaft dem Einsatz von Messinstrumenten, mit deren Hilfe physikalische Parameter registriert und Stoffwechselfvorgänge chemisch-quantitativ analysiert werden konnten.

Obwohl mit dem Kliniker Jakob Henle (1809–1885) physiologische Themen in Heidelberg bereits früh große Bedeutung gewannen, beginnt die eigentliche Institutionalisierung des Faches 1858 mit der Berufung des damals gerade 37jährigen Helmholtz auf den neugeschaffenen Lehrstuhl für Physiologie. Damit war ein Weg in die physikalische Richtung der Physiologie vorgezeichnet, der Helmholtz 1870 dann folgerichtig auf den Lehrstuhl für Physik an der Berliner Friedrich-Wilhelms-Universität führte.

Timothy Lenoir, *The Strategy of Life: Teleology and Mechanics in Nineteenth-Century Biology*, Chicago 1982. – Hans Schäfer, Hans-Günther Sonntag u. Georg Schmidt, „Von der Physiologie zu den ökologischen Fächern“, in: *SEMPER APERTUS* 4 (1985), 165-181.

5.1. *MOTORIK UND SINNESORGANE*

In Heidelberg entfaltete Helmholtz ein ungewöhnlich vielfältiges und fruchtbares Forschungsprogramm, und mit dem Umzug in den 1863 vollendeten Friedrichsbau, in dem auch Kirchhoff arbeitete und wohnte, verbesserten sich seine Möglichkeiten erheblich. Im Zentrum seiner Arbeiten standen Fragen der Reizleitung in den Nerven und der Muskelaktion, vor allem aber Untersuchungen zur Sinnesphysiologie. Dabei ging es ihm einerseits um ein physikalisches Verständnis des Hörvorganges, andererseits um die Augenbewegungen und deren Beziehung zum binokularen Sehen und der Orientierung im Raum. Die Gesetze der Mechanik und das Prinzip des Energieerhalts lieferten dabei die theoretischen Bezugsgrößen; Untersuchungsmethoden waren das Experiment und das Modell, Ziel war eine stringent mathematische Formulierung, die anschließend experimentell überprüft wurde.

Die Sinnesphysiologie war für Helmholtz so etwas wie eine Schnittstelle zwischen Philosophie, Erkenntnistheorie, Anatomie und Physik. Angesichts der ausgeprägten philosophischen Interessen von Naturforschern, für die die Philosophie Kants noch Bestandteil des Rigorosums war, versprach gerade die Sinnesphysiologie einen neuen Zugang zu alten erkenntnistheoretischen Fragestellungen – die nun auf einmal mit Methoden der Experimentalforschung lösbar erschienen. In der stark beachteten *Geschichte des Materialismus* aus der Feder des Neukantianers Friedrich Albert Lange, deren erste Auflage 1866 herauskam, erscheint die experimentelle Physiologie deshalb geradezu als „der entwickelte oder der berichtigte Kantianismus“. Hinsichtlich der Frage, ob Kategorien unsere Sinneserkenntnis wie Raum und Zeit dem Menschen eingeboren sind oder erst durch die Verknüpfung von Sinneseindruck und Motorik erlernt werden, was zwischen Vertretern des Nativismus und solchen des Empirismus heftig umstritten war, bezog Helmholtz aufgrund seiner physiologischen Arbeiten eine klar empiristische Position.

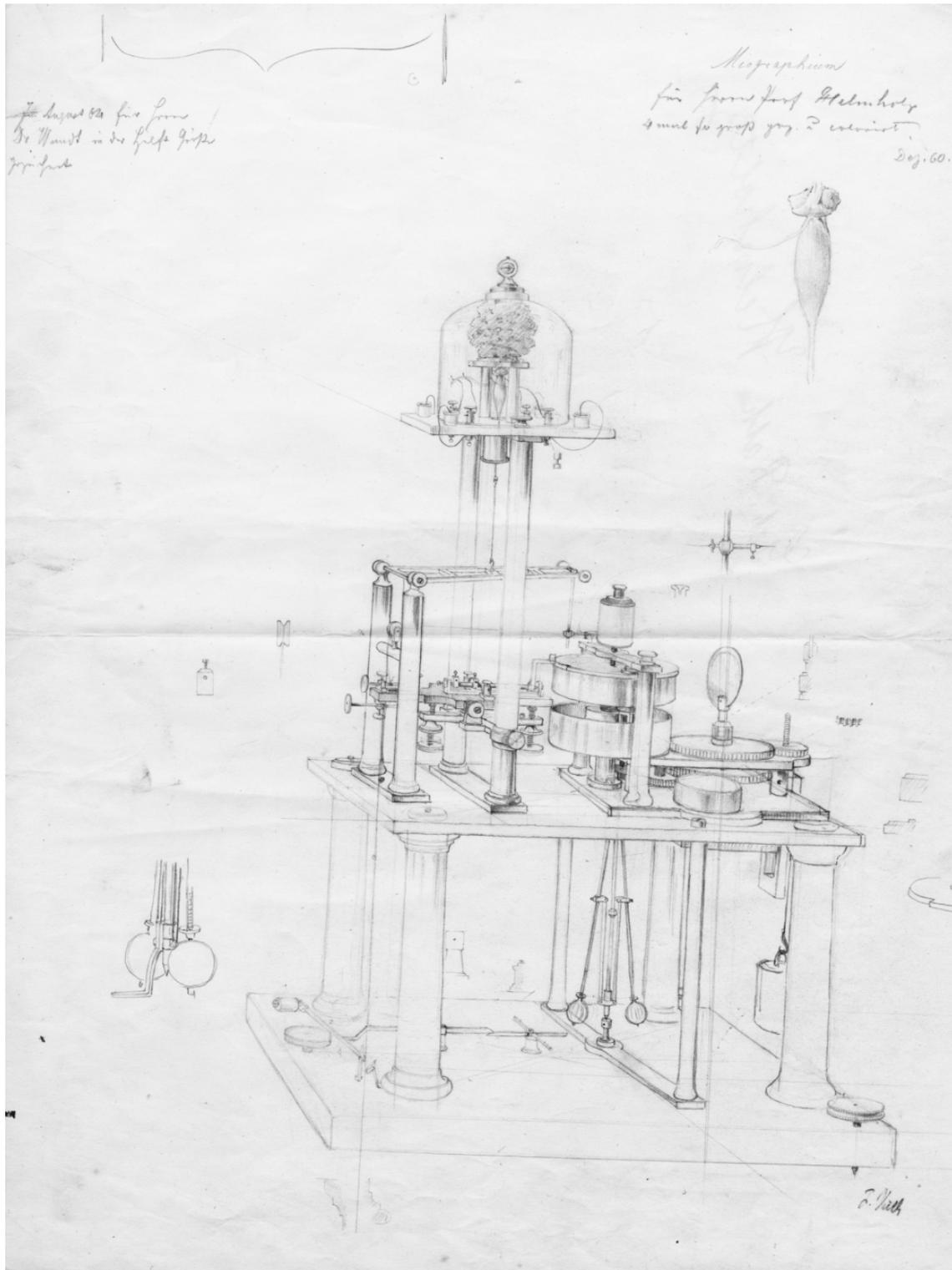
David Cahan (Hg.), *Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science*, Berkeley 1993.

CM

5.1.1. *Myographium*

[*20] Bleistiftzeichnung, 41,4 x 31,7 cm; bez.: Im August [18]64 für Herrn Dr Wundt in der Helft Größe gezeichnet / Miographium für Herrn Prof Helmholtz 4mal so groß gez. u. colorirt Dez. [18]60 / F. Veith

Das Myographium ist ein Apparat zur Erzeugung und Aufzeichnung der durch elektrische Stöße hervorgerufenen Zuckungen eines Froschmuskels. Den Prototyp hatte Helmholtz bereits in Königsberg von dem dortigen Mechanikus Egbert Rekoss anfertigen lassen und 1850/52 in *Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie* publiziert. Es interessierten ihn dabei die „Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven“. Während die Apparatur in der Erstpublikation, einer Vorlage von Helmholtz folgend, eher im Stil einer technischen Schnitt- und Konstruktionszeichnung publiziert ist, fertigte Veith die sehr sorgfältig und zweifellos direkt vom Objekt her aufgenommene Zeichnung in perspektivischer Aufsicht. Dadurch wirkt der Apparat viel plastischer als in der



[*20] Bleistiftzeichnung, 41,4 x 31,7 cm; bez.: Im August [18]64 für Herrn Dr Wundt in der Helft Größe gezeichnet / Miographium für Herrn Prof Helmholtz 4mal so groß gez. u. coloriert Dez. [18]60 / F. Veith

Publikation und erweckt den Eindruck von Stabilität und Größe. Tatsächlich handelt es sich aber um ein relativ zierliches Gerät von hoher Komplexität und äußerst filigraner Natur – der Gebrauch des empfindlichen Mechanismus verlangt vom Forscher aufgrund der Schnelligkeit seiner Abläufe viel Fingerspitzengefühl und Sorgfalt.

Der Wadenmuskel eines Frosches ist unter einer Glasglocke aufgehängt, oberhalb von ihm befindet sich ein nasser Schwamm, der den Innenraum der Glocke feucht hält. An verschiedenen Stellen des Muskels und seines Hüftnervs sind vier Kupferdrähte befestigt, die über Klemmschrauben nach außen in leitender Verbindung mit quecksilbergefüllten Näpfchen stehen, durch die der Strom für die Reizung des Präparates geleitet wird. An der Achillessehne hängt über Hähchen ein Hebel, der an einem Ende an zwei Messingsäulen befestigt ist und dessen anderes Ende über einen weiteren Hebel eine Stahlspitze trägt. Diese zeichnet die Zuckungen des Muskels auf einen sich rasch drehenden, berußten Glaszylinder auf.

Die mechanische Erzeugung einer gleichmäßigen Drehung des Zylinders mit Hilfe eines Uhrwerks stellte zu Helmholtz' Zeit ein noch ungelöstes Problem dar. Für sein Myographium konnte er dieses umgehen, indem er ein Uhrwerk konstruierte, dessen Geschwindigkeitsschwankungen nur langsam auftraten. So konnte er sie bei der bemerkenswert hohen Geschwindigkeit des Zylinders von sechs Umdrehungen pro Sekunde vernachlässigen. Helmholtz fügte einem üblichen Uhrwerk eine Schwungscheibe aus Blei hinzu, die auf derselben Achse wie der Zeichenzylinder befestigt ist und deren Flügel in einer teilweise mit Öl gefüllten Rinne umlaufen. Durch Einstellen dieser Flügel ist eine Regulation der Uhrwerksgeschwindigkeit möglich. Deren Veränderung wird auch anhand eines Fliehkraftreglers sichtbar gemacht, dessen Schwungkugeln mit zunehmender Geschwindigkeit einen größeren Abstand voneinander einnehmen.

Mit der Schwungscheibe ist eine Vorrichtung zum rechtzeitigen Auslösen des elektrischen Schlages verbunden: Ein sog. „Daumen“ am oberen Rand der rotierenden Schwungscheibe betätigt einen Hebel, der auf einem kippbaren, federgelagerten Messingkreuz angebracht ist, wodurch ein Induktionsstrom ausgelöst wird. Durch Kippen des Messingkreuzes kann das Zusammentreffen von Daumen und Hebel manuell verhindert werden.

In der Zeichnung sind die Spulen zur Erzeugung des Induktionsstroms nicht enthalten. Statt dessen finden sich auf dem Blatt einige Zusatzskizzen, die Details der Apparatur vergrößert darstellen: so z.B. den Froschmuskel, die Befestigung der Stahlspitze oder den Fliehkraftregler. Dies sind Aspekte, die für den Bau eines solchen Geräts wichtig sind. Daneben sind allerdings auch Details ausgearbeitet, die eher von ästhetischem Reiz sind, wie z.B. die plastische Ausführung der Holzsäulen, die das Myographium tragen, und in deren Ausführung Veith seine Ausbildung als Künstler nicht verleugnen kann. Anders als die übrigen Blätter aus unseres Bestandes hat er dieses denn auch sorgfältig mit vollem Namen signiert.

Hermann Helmholtz, „Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven: Am 19. Juli 1850 der Physikalischen Gesellschaft in Berlin mitgeteilt“, *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin* (1850), 276-364 u. Taf. VIII. – Ders., „Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven“, *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin* (1852), 199-216 u. Taf. VII.

5.1.2. *Abhängigkeit der Ermüdung der Muskeln von ihrer Arbeit*

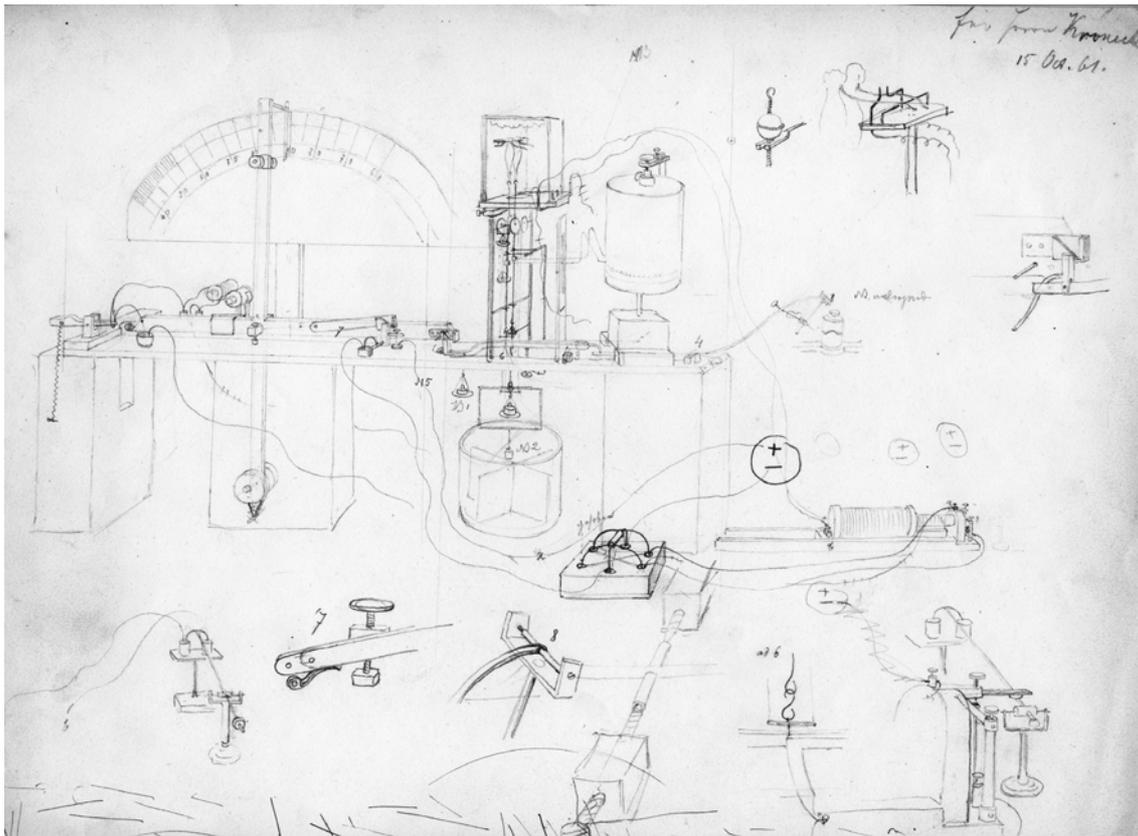
[*37] Bleistiftzeichnung, 22,8 x 30,3 cm; bez.: für Herrn Kronecker, 15. Oct. [18]61

Die Skizze ist die Vorlage für Tafel I aus der Dissertation Hugo Kroneckers *De ratione qua musculorum defatigatio ex labora eorum pendeat* aus dem Jahre 1863, mit der dieser auf Grund von Experimenten, die er 1860/61 bei Wilhelm Wundt in Heidelberg durchgeführt hatte, später bei Emil Du Bois-Reymond in Berlin promoviert wurde. Dargestellt ist eine Messapparatur für Belastungsversuche am Wadenmuskel (*Musculus gastrocnemicus*) des Frosches; einzelne Details sind dabei vergrößert herausgezeichnet. Das Messprinzip beruht auf der Beobachtung, dass die Kontraktionen eines elektrisch gereizten Muskels kontinuierlich abnehmen, also „Ermüdung“ zeigen. Mit der Apparatur wurde eine graphische Darstellung dieser Reaktion mit auswertbarer Skalierung erreicht. Die meisten Einzelteile hat Kronecker von anderen Autoren – z.T. modifiziert – übernommen, worauf er im Text immer wieder hinweist.

Im Zentrum des Versuchsaufbaus ist unter einem Glassturz, dessen Innenraum von einem mit destilliertem Wasser getränkten Schwamm feucht gehalten wird, ein Paar Froschmuskeln aufgehängt, deren Nervi ischiadici jeweils mit Kupferdrähten verbunden sind und auf diese Weise galvanisch gereizt werden können. Die elektrische Reizung erfolgt über einen Schlitteninduktor nach Du Bois-Reymond [→ 5.1.7.] mit nachgeschaltetem Stromwender. Während der eine Pol der sekundären Spule mit beiden Muskeln direkt verbunden ist, unterscheiden sich die Anschlüsse des anderen Pols: Derjenige Muskel, der kontinuierlich stimuliert wird, ist direkt mit dem zweiten Pol verbunden, wohingegen der Stromkreis zu dem anderen, bloß intermittierend stimulierten Muskel durch eine links in der Zeichnung gezeigte, als Schalter dienende Pendelvorrichtung für kurze Intervalle von jeweils ca. 0,13 sec geschlossen wird, so dass der Muskel sich periodisch kontrahiert.

Am freien Ende dieses Muskels hängt eine kleine variable Last an einer Schnur, über die die Muskelkontraktionen auf einer – hier nicht im Detail wiedergegebenen Registriervorrichtung, die der von Helmholtz in seinem *Myographium* [→ 5.1.1.] benutzten entspricht – mit Hilfe eines Schreiberarms aufgezeichnet werden. Im Ruhezustand liegt die anhängende Last auf einer Unterlage, damit der Muskel nicht permanent gedehnt wird. Zur Dämpfung von Torsionsbewegungen ist die Last unten mit einer Art liegendem Schaukelrad in einem ölgefüllten Zylinder verbunden. Über einen Umlenkhebel und einen zweiten Schreiberarm kann die Dauerkontraktion des zweiten Muskels, der permanent von Strom durchflossen wird, simultan aufgezeichnet werden.

Beide Schreiber sind über eine Schnur mit den freien Muskelenden verbunden. Durch Ausgleichsgewichte ist sichergestellt, dass auch noch kleinste Längenänderungen registriert werden. Die Schreiberarme selbst sind auf Elfenbein frei gelagert und übertragen die Muskelkontraktionen auf einen sich drehenden, beruhten Zylinder, so dass auf diesem zwei parallele Kurven in Abhängigkeit von der Zeit entstehen. Die gläsernen Schreibstifte sind vor dem Zylinder V-förmig umgebogen, um mittels Federwirkung für einen konstanten Andruck zu sorgen. Kronecker trieb offenbar großen Aufwand, um zu gewährleisten, dass die Reibung möglichst gering bleibt. Zur Vermeidung von äußeren oder durch Messung selbst hervorgerufenen Störungen sind mehrere Ausgleichs- und Dämpfungsvorrichtungen vorgesehen.



[*37] Bleistiftzeichnung, 22,8 x 30,3 cm; bez.: für Herrn Kronecker, 15. Dez. [18]61

Die Arbeiten Kroneckers zur Muskelermüdung stehen im Kontext der Helmholtzschen Arbeiten zur Energiebilanz bei der Muskelarbeit und wenden den von diesem erfundenen und in Heidelberg fortentwickelten Myographen [→ 5.1.1.] auf eine konkrete muskelphysiologische Fragestellung an. Diese führte hier zu dem Ergebnis, dass von zwei Muskeln, die in gleicher Weise mechanisch belastet und durch Stromstöße gleicher Intensität zur Kontraktion veranlasst werden, derjenige, der zur über längere Zeit andauernden Kontraktion gezwungen wird, dabei aber keine mechanische Arbeit verrichten kann, rascher und stärker ermüdet, als derjenige Muskel, dem Gelegenheit gegeben wird, durch häufigen Wechsel von Ruhe und Erregung mechanische Arbeit zu leisten.

Hugo Kronecker, *De ratione qua musculorum defatigatio ex labora eorum pendeat*, Berlin 1863. – Ders., „Über die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln“, in: *Arbeiten aus der Physiologischen Anstalt zu Leipzig*, 1871, 177-266. – Ders., „Über die Gesetze der Muskelermüdung“, *Monatsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1870, 6629-6640.

MF

5.1.3. *Stimmgabel auf Resonanzkörper*

[*21] Bleistiftzeichnung, 15,5 x 15,6 cm; bez.: für Hofr. Helmholtz, 1862

Während seiner Laufbahn hat Helmholtz sich vielfach mit Tönen, Klängen und Harmonien beschäftigt. Dabei strebte er wie bei allen seinen physiologischen Arbeiten danach, sämtliche Naturerscheinungen – in diesem Fall das menschliche Hörempfinden – auf

einfache physikalische Kräfte zurückzuführen. Nach Helmholtz' Resonanztheorie soll in der Gehörschnecke jede Frequenz eine bestimmte Stelle des Corti-Organs erregen, dessen Fasern wie Resonanzsaiten in den Rahmen der Schnecke eingespannt sind und je einer definierten Frequenz entsprechen. Für diesen reduktivistischen Forschungsansatz dienten Helmholtz neben Stimmgabeln die unterschiedlichsten Tonquellen als Untersuchungsobjekte: Musikinstrumente aller Art, Sirenen, Gläser, die menschliche Stimme oder sogar ein sich bewegender Muskel. Der Entstehungszeitpunkt der vorliegenden Zeichnung legt die Vermutung nahe, dass sie als Vorlage für die Abbildung in Helmholtz' *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* diene, welche 1862 in Druck ging und im folgenden Jahr erschien. Darin setzt er sich umfassend mit dem menschlichen Hörempfinden auseinander: So geht es ihm nicht nur um physiologische und physikalische Aspekte, sondern auch um musikwissenschaftliche und sogar harmonie-ästhetische Fragen. Noch zu Helmholtz' Lebzeiten erfuhr dieses Werk drei weitere Auflagen, und seine Bedeutung erstreckt sich weit über den Bereich der wissenschaftlichen Fachwelt hinaus. Die Stimmgabel auf dem Resonanzkörper beispielsweise ist bis heute ein im Schulunterricht beliebtes Mittel zur praktischen Demonstration von akustischen Phänomenen.

Neben Helmholtz' umfassendem Werk *Die Lehre von den Tonempfindungen* enthält auch sein im Winter 1857 in Bonn gehaltener Vortragszyklus „Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie“ eine der vorliegenden Zeichnung entsprechende Abbildung.

Das Gerät besteht aus einer stählernen Stimmgabel, die in einer Halterung auf einem Resonanzkörper aus Holz angebracht ist, welcher selbst auf den Ton der Gabel abgestimmt ist. Helmholtz verwendete diese Vorrichtung, um das Phänomen des Mitschwingens anschaulich darzustellen.

Bringt man eine solche Stimmgabel z.B. durch Streichen mit einem Geigenbogen zum Schwingen, so wird eine zweite, ebenso gestimmte in der Nähe nach kurzer Zeit mitschwingen. Nun kann man bei der ersten etwa durch Auflegen der Hand deren Schwingung dämpfen, die zweite klingt weiter und regt die erste bei Freigabe wiederum an, usw.

Helmholtz wählte Stimmgabeln, da diese relativ schwer in Mitschwingung zu versetzen sind. Zum einen haben sie im Vergleich zu beispielsweise einer Saite eine relativ hohe träge Masse, zum anderen bringt sie nur zum Schwingen, was genau auf sie abgestimmt ist. Dabei reichen schon sehr kleine Verstimmungen wie etwa ein kleines Wachsplättchen auf einem Zinken einer der beiden Gabeln, um das Mitschwingen merklich zu verringern. Die Befestigung auf Resonanzkästen, die selbst auf den Ton der Gabel gestimmt sind, ist erforderlich, um den Effekt zu zeigen.

Hermann Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* [1863], 6. Aufl. hg. v. R. Wachsmuth, Braunschweig 1913, Fig. 13. – Hermann Helmholtz, „Ueber die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie,“ in: Ders., *Populäre wissenschaftliche Vorträge*, Heft 1, Braunschweig 1865, 55-91, Fig. 7.

5.1.4. *Ophthalmotrop nach Knapp*

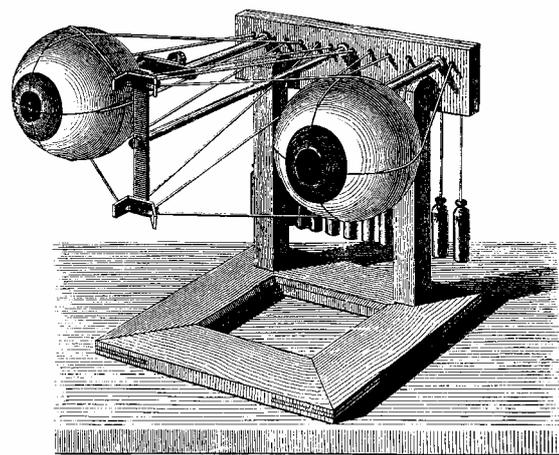
[*45] Bleistiftzeichnung, 12,5 x 15,6 cm; bez.: Dr. Roscoe, [18]61

Um die Augenbewegungen und insbesondere die Wirkung der an den Augäpfeln angreifenden Muskeln zu demonstrieren, hatte Christian Ruete, außerordentlicher Professor für Sinneskranke in Göttingen und später Ordinarius für Augenheilkunde in Leipzig, 1845 ein Modell konstruiert, das rasch populär wurde und von dem verschiedene, auch kommerziell vertriebene, Varianten existieren. Die bekannteste ist das 1861 von dem Heidelberger Privatdozenten Hermann Knapp (1832–1911) verbesserte Modell.

Knapp hatte sich im Wintersemester 1859/60 in Heidelberg für Augenheilkunde habilitiert und von 1861 an auch klinisch-ophthalmologische Vorlesungen angeboten. 1862 errichtete er mit einem staatlichen Zuschuss eine zunächst privat geführte Augenklinik, für die er 1865 ein persönliches Extraordinariat und einen laufenden Etat bekam. Als Otto Becker aus Wien 1868 Direktor der Heidelberger Augenklinik und ordentlicher Professor wurde, ging Knapp in die Vereinigten Staaten von Amerika und gründete in Greenwich Village, Manhattan, das New York Ophthalmic and Aural Institute, das heute Teil der Columbia University ist.

Um den Bewegungsapparat des Auges in einem Modell darzustellen, hatte Knapp die beiden Augäpfel auf einem Kugelgelenk um ihren Mittelpunkt drehbar gelagert und Äquator, Hornhaut und Meridiane auf ihnen markiert. Dort, wo die Muskeln angreifen, sind Fäden befestigt: jeweils vier, die den geraden Augenmuskeln entsprechen, führen durch vier nebeneinander liegende Löcher des dahinter befestigten Brettchens; jeweils zwei, die den beiden schiefen Augenmuskeln entsprechen, sind über kleine Umlenkrollen an einem senkrechten Balken geführt, der sich auf Höhe der Pupillen befindet. Jeder einzelne Faden wird durch ein angehängtes Gewicht gestrafft.

Die theoretische Grundlage liefert das Listing'sche Gesetz (1853), wonach sich mit einem Modell, welches um beliebige Achsen drehbar ist, die daraus resultierenden Raddrehwinkel ohne explizite Berechnung darstellen lassen. Das Besondere an dem vorliegenden Modell war, dass man damit in jeder Sehachsenstellung und jedem Raddrehwinkel angeben konnte, welche Muskeln zur Erhaltung dieser Augenstellung wirksam sind. Dabei verändern sich die Drehachsen der Muskeln am Augapfel bei Änderung der Augenstellung wie am lebenden Auge. Das Modell dient außerdem zur Ablesung der Veränderungen der Muskellängen beim Wechsel von einer Augenstellung zu einer anderen, wofür am hinteren Teil des Modells eine Skala angebracht ist.



Ophthalmotrop nach Ruete/Knapp, Holzstich, aus: Hermann von Helmholtz, *Handbuch der physiologischen Optik*, 3. Aufl., Bd 3, Hamburg, Leipzig 1910, 102.

Roscoe, der die Zeichnung bei Veith in Auftrag gab, hat selbst nicht auf diesem Gebiet gearbeitet. Möglicherweise hat er dieses eindrucksvolle Demonstrationsmodell bei sei-

nem Aufenthalt in Heidelberg kennengelernt und wollte eine Skizze davon mit nach England nehmen.

Christian Ruete, *Ein neues Ophthalmotrop*, Leipzig 1857. – Hermann von Helmholtz, *Handbuch der physiologischen Optik*, 3. Aufl., Bd 3, Hamburg, Leipzig 1910, 101-102 (Abb.). – Robert Hampe, *Das Augenmuskelmodell nach Wilhelm Wundt*, Schriftliche Hausarbeit zur Prüfung für das Lehramt Gymnasium, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg 2004, v.a. 10-12. – Otto Becker, *Die Universitäts-Augenklinik in Heidelberg: Zwanzig Jahre klinischer Thätigkeit*, Wiesbaden 1888. – G.B. Kara, „History of New York eye and ear infirmary: One hundred fifty years of continuous service,“ *New York State Journal of Medicine* 73 (1973), 2801-2808.

EM

5.1.5. *Ophthalmotrop zur Modellierung der Augenbewegung*

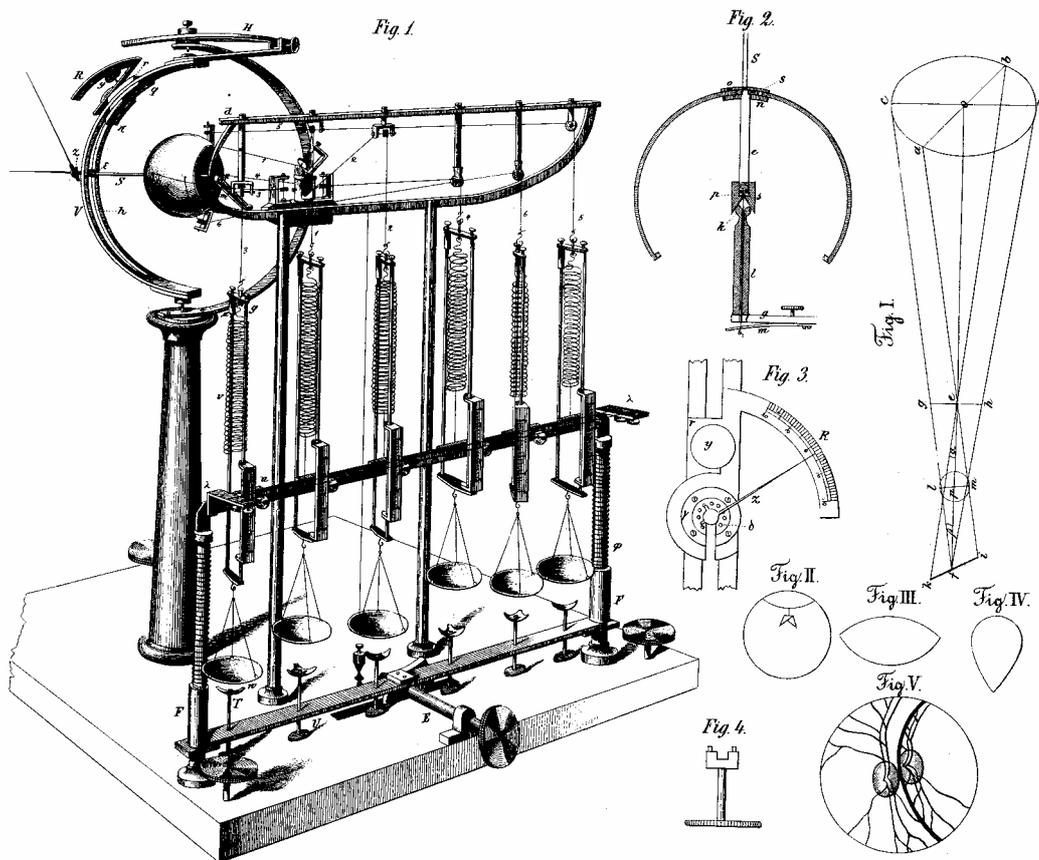
[*54] Bleistiftzeichnung, 28,9 x 21,5 cm; bez.: H. Dr. Wundt, 2. Juni [18]62

Im Umkreis der Knappschen Augenklinik [→ 5.1.4.] und der Helmholtzschen Arbeiten zur Sinnesphysiologie [→ 5.1.3.] bildete sich in Heidelberg ein neues, interdisziplinäres Arbeitsfeld heraus, dessen Programm Helmholtz mit einem im Mai 1863 vor dem Naturhistorischen Verein zu Heidelberg gehaltenen Vortrag „Über die Bewegungen des menschlichen Auges“ skizziert hatte. Sein damaliger Assistent Wilhelm Wundt, der später der Begründer der Experimentellen Psychologie werden sollte, hat dieses Gebiet gemeinsam mit Helmholtz bearbeitet.

Man hat Wundts Ophthalmotrop, das an das kurz zuvor von Hermann Knapp entwickelte, viel einfachere Augenmodell [→ 5.1.4.] anschloss, „the most sophisticated model of the nineteenth century“ (Simonsz/Tonkelaar, 103) genannt. Angefertigt hat es der Heidelberger Optiker und Mechaniker Ludwig Zimmermann. Das Modell sollte simulieren, wie sich das menschliche Auge unter Einwirkung der Kräfte der angreifenden Muskeln verhält und damit sozusagen eine physikalisch-mechanische Theorie der Augenstellungen liefern, um daraus experimentell die Gesetze der Augenbewegungen zu entwickeln. Der große Vorzug des Wundtschen Modells lag in der Möglichkeit, die angreifenden Kräfte und die resultierenden Stellungen zu quantifizieren.

Wundt verfolgte mit seinem Ophthalmotrop drei Ziele: Einmal wollte er mit Hilfe seines Modells die Theorie stützen, dass sich dieses in der Tat wie das menschliche Auge verhält, und zwar sollte die Statik der Augenstellung dem (von Helmholtz übernommenen) Prinzip des geringsten Gesamtwidestandes entsprechen. Zweitens sollte das Modell sowohl die Praxis der Augenheilkunde verwissenschaftlichen, als auch die weitere Erforschung der Augenbewegung ermöglichen. Vor allem bei Schielpatienten sah Wundt ein gutes Einsatzgebiet für sein Modell. Nicht zuletzt diente das Ophthalmotrop zur Untersuchung, wie sich das Auge von einer Sehachsenstellung in eine andere bewegt, um daraus eine Gesetzmäßigkeit für solche Bewegungen aufzustellen.

Den Bulbus des Auges repräsentiert in diesem Modell eine Kugel aus Messing, welche mit Hilfe eines Kugelgelenkes in ihrem Mittelpunkt frei drehbar gelagert ist. Damit sich der Schwerpunkt des künstlichen Bulbus im Mittelpunkt befindet, wurde an der hinteren Öffnung des Bulbus ein entsprechend schwerer Bleiring angebracht. Idee wie auch Koordinaten, Muskelansätze und Muskelursprünge waren von Ruete und Knapp übernommen [→ 5.1.4.]. Wo die Augenmuskeln ansetzen, sind Bohrungen im Bulbus ange-



Wilhelm Wundt, „Beschreibung eines künstlichen Augenmuskelsystems zur Untersuchung der Bewegungsgesetze des menschlichen Auges im kranken und gesunden Zustande“, *Archiv für Ophthalmologie* 8/2 (1862), Taf.

bracht, von denen aus Fäden bis zu den jeweiligen Ursprungsorten gespannt sind. Dort befinden sich auf Spitzen gelagerte Rollen, die die Fäden – z.T. über weitere Rollen – zu den Modellmuskeln umleiten. Zur Minderung der Reibung verwandte Wundt im Bereich des Bulbus Silber- und im weiteren Verlauf feine Seidenfäden. Aus der Position der Muskelansätze ist zu ersehen, dass es sich um ein Modell des linken Auges handelt.

Zur Bestimmung der Sehachsenstellung spielen der Vertikalkreis und der Horizontalkreis eine wichtige Rolle. Am Vertikalkreis ist der höhenverstellbare Winkelkreis angebracht. Dessen Skala dient zur Messung des Raddrehwinkels. Der Vertikalkreis läuft drehbar auf Spitzen und kann für die dynamische Untersuchung (Untersuchung der Augenbewegung) ganz aus dem Instrument entfernt werden.

Die sechs am Bulbus angreifenden Modellmuskeln sind durch Federn dargestellt, deren unteres Ende mit dem Gestell und deren oberes Ende mit den Fäden, welche zu den Ansätzen des Bulbus laufen, verbunden sind. Verändert man die Stellung der Sehachse, so dass sich der Muskel verlängern würde, kommt es zu einer Dehnung der Feder.

Die aktiven Kräfte der Muskeln werden im Modell durch Gewichte simuliert. Dafür sind am oberen Ende der Federn Bügel fixiert, an denen Waagschalen hängen. Die durch das Auflagengewicht verursachte Kraft drückt die Feder zusammen und simuliert

so die Muskelarbeit. Dabei kann die Kraft durch die Größe der Gewichte reguliert und damit quantifiziert werden.

Für die Untersuchungen der Augenbewegung aus beliebiger Augenstellung heraus sind unter den Waagschalen höhenverstellbare Auflageschälchen auf einer querlaufenden Metallleiste angebracht, die sich mit Hilfe eines mit einem Rändelrad verstellbaren Exzentrers verschieben lässt, so dass, wenn zuvor alle Waagschalen die Träger gerade leicht berühren, sämtliche angreifenden Gewichtskräfte gleichzeitig zu wirken beginnen.

Wilhelm Wundt, „Beschreibung eines künstlichen Augenmuskelsystems zur Untersuchung der Bewegungsgesetze des menschlichen Auges im kranken und gesunden Zustande“, *Archiv für Ophthalmologie* 8/2 (1862), 88-114, Taf., Fig. 1. – Robert Hampe, *Das Augenmuskelmodell nach Wilhelm Wundt*, Schriftliche Hausarbeit zur Prüfung für das Lehramt Gymnasium, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg 2004. – H.J. Simonsz u. I. den Tonkelaar, „Nineteenth-Century Mechanical Models of Eye Movements, Donders Law, Listing’s Law and Helmholtz’ Directions Circles“, *Documenta Ophthalmologica* 74 (1990), 95-112.

EM

5.1.6. *Akkommodation des Auges*

[*51] Bleistiftzeichnung, 20,3/20,7 x 19,3 cm; bez.: für Baron von Trautfeder im April [18]66

Mit der 1862 gegründeten, zunächst privat betriebenen Augenklinik von Jakob Hermann Knapp [→ 5.1.4.], die seit 1868 von Otto Becker als Universitäts-Augenklinik weitergeführt wurde, besaß Heidelberg eines der frühen Zentren für ophthalmologische Forschung. Dieses Fachgebiet verdankte seinen Aufschwung nicht zuletzt der Verwendung physikalischer Instrumente wie des von Helmholtz schon 1850 in Königsberg erfundenen Augenspiegels zur Darstellung des Augenhintergrundes oder seines Ophthalmometers, mit dem sich die Krümmung der Hornhaut messen lässt. Neu war aber vor allem das systematische Experimentieren am lebenden Tier.

Trautvetter hatte bereits in Kiew an Kaninchen, Katzen und Hunden Versuche angestellt, um herauszufinden, welche Nerven für die Akkommodation, d.h. die Anpassung der Augenlinse an unterschiedliche Distanzen, verantwortlich sind und ob diese den Ziliarmuskel oder die Iris innervieren. Dazu wurden Nervus sympathicus, N. oculomotorius bzw. N. trigeminus chirurgisch freigelegt und galvanisch gereizt. Kontrahierte die Augenlinse, so zeigte sich dies am veränderten Reflexionsmuster von punktförmigen äußeren Lichtquellen auf Hornhaut und Linsenkapsel, den sogenannten Purkinje-Sansonschen Bildchen.

Die in Russland angestellten Versuchsreihen Trautvetters hatten jedoch zu keinem klaren Ergebnis geführt. Er beschloss daher, sich an „Helmholtz, diesen genialen Physiologen und Spezialisten in der Lehre von der Accommodation zu wenden“ (Trautvetter, 131), und wiederholte die Experimente in dessen Heidelberger Laboratorium. Dabei wurden nun auch die Einflüsse des intraokularen Drucks und die Beteiligung der Iris untersucht. An Tauben und Hühnern gelang Trautvetter schließlich der Nachweis, dass der Ziliarmuskel (Musculus ciliaris) die Akkommodation der Linse bewirkt und vom N. oculomotorius innerviert wird – tatsächlich allerdings vom N. parasympathicus, dessen Strang Trautvetter von dem des N. oculomotorius nicht unterschied.

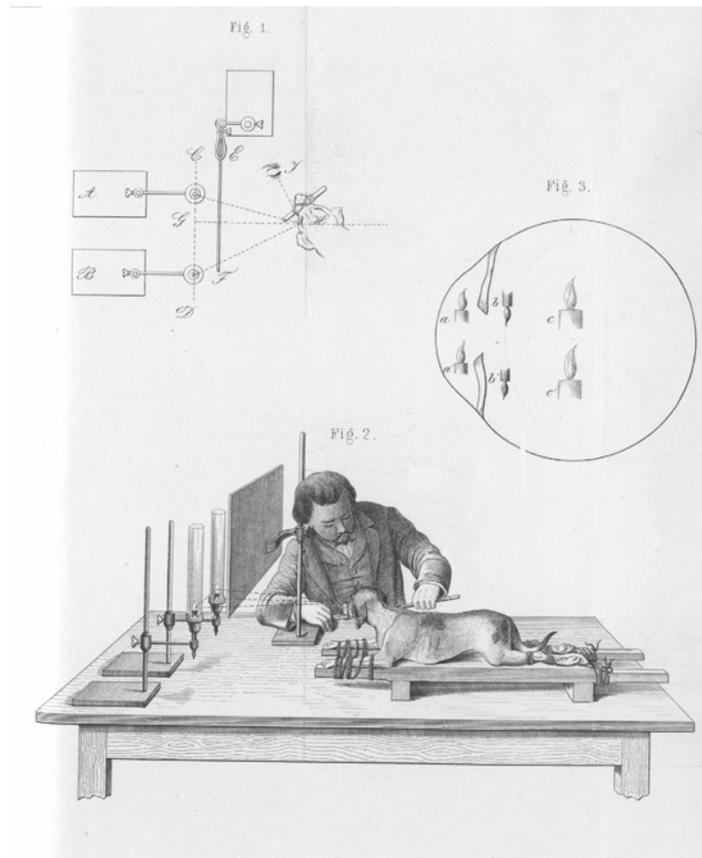
Die Zeichnung zeigt die Versuchsanordnung in Schrägsicht und darüber in Aufsicht. Im verdunkelten Labor wird das Versuchstier – in der Zeichnung ein Hund – auf einer beweglichen Holzlade fixiert und bekommt einen Stock zwischen die Zähne, an dem der Experimentator zugleich die Stellung des Tierkopfes und damit der Augen einstellen kann. Vor dem Versuchstier steht ein Paar Gaslampen, deren Licht axial auf die Pupille des Tierauges fällt. Ein an einem Stativ befestigter Schirm verhindert, dass ihr Licht den Experimentator blendet. Nun wird entweder der N. sympathicus am Hals des lebenden Versuchstiers freigelegt oder dessen Schädeldach aufgesägt, die beiden Großhirnhälften entfernt, um Zugang zu den N. oculomotorius bzw. trigeminus zu bekommen.

Die Nervenstränge werden durchtrennt und mittels aufgesetzter Elektroden gereizt. Der Experimentator bringt sein Auge nun auf Höhe des Tierauges und beobachtet, ob sich beim Anlegen von Spannung das Reflexionsmuster der beiden Lichtquellen in dessen Auge verändert. Um Störungen auszuschalten, durchtrennte Trautvetter nötigenfalls vorher die Augenmuskeln oder schnitt die Augenlider heraus.

Mit der Zeichnung von Veith war der Autor der Arbeit allerdings nicht völlig zufrieden: Der Stock erschien ihm zu lang geraten, und außerdem hätte der Experimentator gebückter dargestellt werden sollen, Auge in Auge mit dem Hund.

Unter den erhaltenen Blättern Veiths ist dieses das einzige, das einen Menschen und ein Tier zeigt – und zwar sowohl in der Zeichnung wie auch in der danach ausgeführten Lithographie mit der Geste einer geradezu fürsorglichen Hinwendung zu dem Hund, gerade so, als spiele er mit diesem Fass-den-Stock. Man mag dies als das künstlerische Fortwirken eines konventionellen Bildtypus deuten, oder sollte Veith hier bewusst oder unbewusst das blutige und qualvolle Versuchsgeschehen verdrängt haben? Eine Anti-Vivisektions-Bewegung hat sich in Deutschland jedenfalls erst 1879 formiert.

D. von Trautvetter, „Ueber den Nerv der Accomodation“, *Archiv für Ophthalmologie* 12 (1866), 95-149, Taf. II. – Wolfgang Jaeger, „Theodor Leber und die Begründung der Experimentellen Ophthalmologie“, in: *SEMPER APERTUS* 2 (1985), 321-331. – Hubert Bretschneider, *Der Streit um die Vivisektion im 19. Jahrhundert*, Stuttgart 1962.

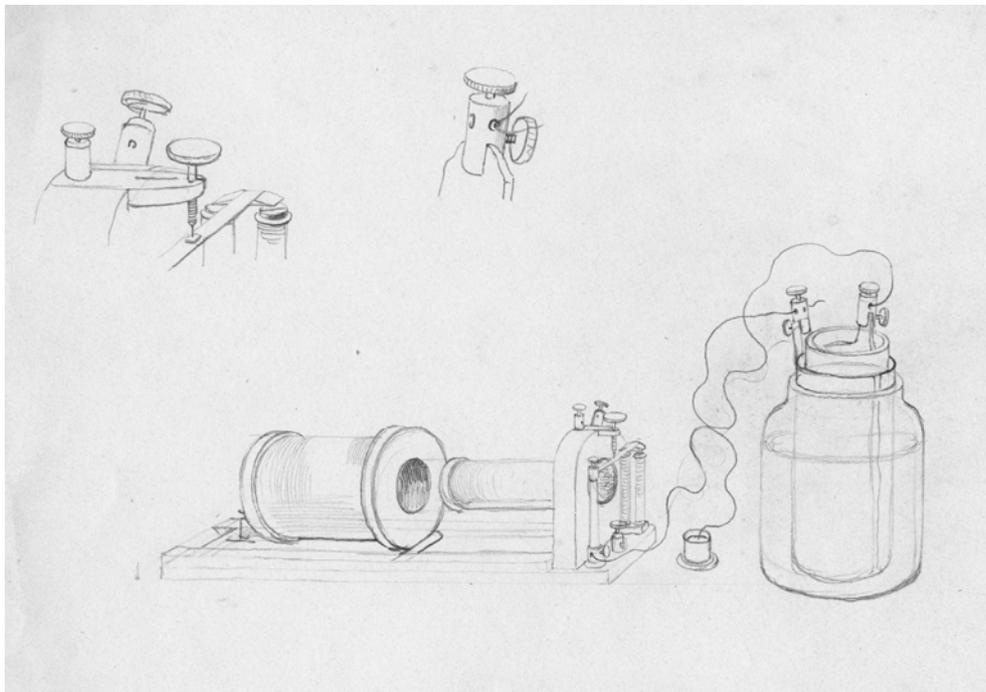


Lithographie aus: D. von Trautvetter, „Ueber den Nerv der Accomodation“, *Archiv für Ophthalmologie* 12 (1866), 95-149, Taf. II

5.1.7. Schlitteninduktor und Grovesche Zelle

[*55] Bleistiftzeichnung, 21 x 30,5 cm, bez.: H. Dr. Wundt, Agst [18]64

In den *Untersuchungen über die thierische Elektrizität*, mit denen Emil Du Bois-Reymond die experimentelle Elektrophysiologie begründete, ist 1848 eine „Inductions-vorrichtung“ erstmals erwähnt, die als ‚Schlitteninduktor‘ bald zur Standardausrüstung aller physiologischen Laboratorien gehören sollte und für die Behandlung von Nerven-erkrankungen auch Eingang in die ärztliche Praxis fand. Du Bois hatte sich das Gerät für nervenphysiologische Untersuchungen im Jahre zuvor von Werner Siemens in Berlin bauen lassen. Es handelt sich um einen Transformator mit variabler Kopplung, dessen Spannung durch Verschieben der Sekundärspule gegen die Primärspule eingestellt werden kann. Du Bois-Reymond untersuchte damit die physiologische Wirkung der Elektrizität, insbesondere Nerven- und Muskelaktionsströme sowie die Geschwindigkeit der Nervenleitung. Instrumente und physikalische Messgeräte spielten im Forschungsprogramm des Berliner Physiologen, das auf die Widerlegung der Lebenskraft-Hypothese zielte, eine zentrale Rolle.



Als Spannungsquelle dient ein Grovesches Element, d.h. eine Batterie aus Zink in verdünnter Schwefelsäure und Platin in konzentrierter Salpetersäure, getrennt durch eine poröse Tonwand. Die Spannungsquelle wird über einen Unterbrecher – hier vergrößert herausgezeichnet ein sogenannter Wagnerscher Hammer, in der Erstpublikation von 1848 statt dessen noch ein sich drehendes Spitzenrad – oder auch direkt mit der waagrecht montierten Primärspule verbunden. Auf Einkerbungen der Grundplatte gleitet, wie auf einem Schlitten, die sekundäre Induktionsspule. Diese kann nach Belieben ganz oder nur teilweise über die Primärspule geschoben werden, um die gewünschte Stromstärke einzustellen. Zur besseren elektromagnetischen Kopplung wurden Bündel von Eisenstäben in den inneren Hohlraum der Primärspule eingeführt.

Die zu den physiologischen Untersuchungen genutzten Stromstöße aus der Sekundärspule lassen sich auf dreierlei Weise erzeugen: bei Dauerstrom durch die Primärspule zum einen durch rasches Ein- und Herausschieben der Sekundärspule, zum anderen durch Unterbrechung des primären Stromkreises, wobei damals in der Regel ein Quecksilbernäpfchen als Schalter diente. Wird, drittens, zwischen Batterie und Primärspule ein Wagnerscher Hammer geschaltet, so erhält man einen gepulsten Induktionsstrom.

Wilhelm Wundt, der diese Zeichnung in Auftrag gegeben hat, dürfte den Schlitteninduktor kennengelernt haben, als er noch Student bei Du Bois und dessen Lehrer Johannes Müller in Berlin war. Ob die Zeichnung Veiths als Vorlage für eine Publikation gedacht war, ließ sich nicht ermitteln.

Emil Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über die thierische Elektrizität*, Bd 1, Berlin 1848, 446-447.

EM

5.2. *PHYSIOLOGIE UND PATHOLOGIE*

Auch die Heidelberger Medizin erlebte den für das 19. Jahrhundert typischen Umschwung von der morphologisch-anatomischen Betrachtungsweise hin zu einer Untersuchung von funktionalen Zusammenhängen. Mit Jakob Henle (1809–1885), dessen *Zeitschrift für rationelle Medizin* „physiologische und pathologische Fakta auf physikalische und chemische zurückzuführen und sie dadurch mit den Erscheinungen der toten Natur unter gemeinsame Gesichtspunkte zu bringen“ suchte, war bereits 1844 ein Vertreter der modernen, naturwissenschaftlich begründeten Anatomie und Histologie auf den Heidelberger Lehrstuhl berufen worden. Seine wichtigsten Leistungen liegen in der Erforschung und Systematik der Epithelien. Doch die kollegialen Verhältnisse in der Fakultät waren nicht zum Besten bestellt, so dass Henle bereits 1852 einen Ruf nach Göttingen annahm. Sein Nachfolger wurde Friedrich Arnold (1803–1890), der in in Heidelberg zuvor schon Prosektor gewesen war und als hervorragender Präparator galt, den neueren, naturwissenschaftlichen und instrumentengestützten Arbeitsweisen gegenüber aber reserviert blieb. Stärkere wissenschaftliche Impulse gingen von der 1866 neu begründeten Professur für Pathologische Anatomie aus, die dessen Sohn Julius Arnold innehatte und die 1870 in ein Ordinariat umgewandelt und 1877 um ein Extraordinariat für Richard Thoma ergänzt wurde.

Friedrich Veith hat für eine Reihe von Heidelberger Anatomen und Medizinerinnen gezeichnet, darunter auch Hunderte mikroskopischer Bilder, die zum Druck bestimmt waren, aber im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht ermittelt werden konnten. Die erhaltenen Bleistiftzeichnungen für Richard Thoma, Julius Arnold und Adolf Weil hat Veith vielleicht deshalb in die hier vorgestellte Sammlung aufgenommen, weil sie nicht Gewebeproben und anatomische Präparationen, sondern komplexe Apparaturen darstellen.

Hermann Hoepke, „Die Heidelberger Anatomen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts“, in: *SEMPER APERTUS* 2 (1985), 145-157. – Wilhelm Doerr, „Der anatomische Gedanke und die Heidelberger Medizin“, in: *SEMPER APERTUS* 4 (1985), 92-125.

CM

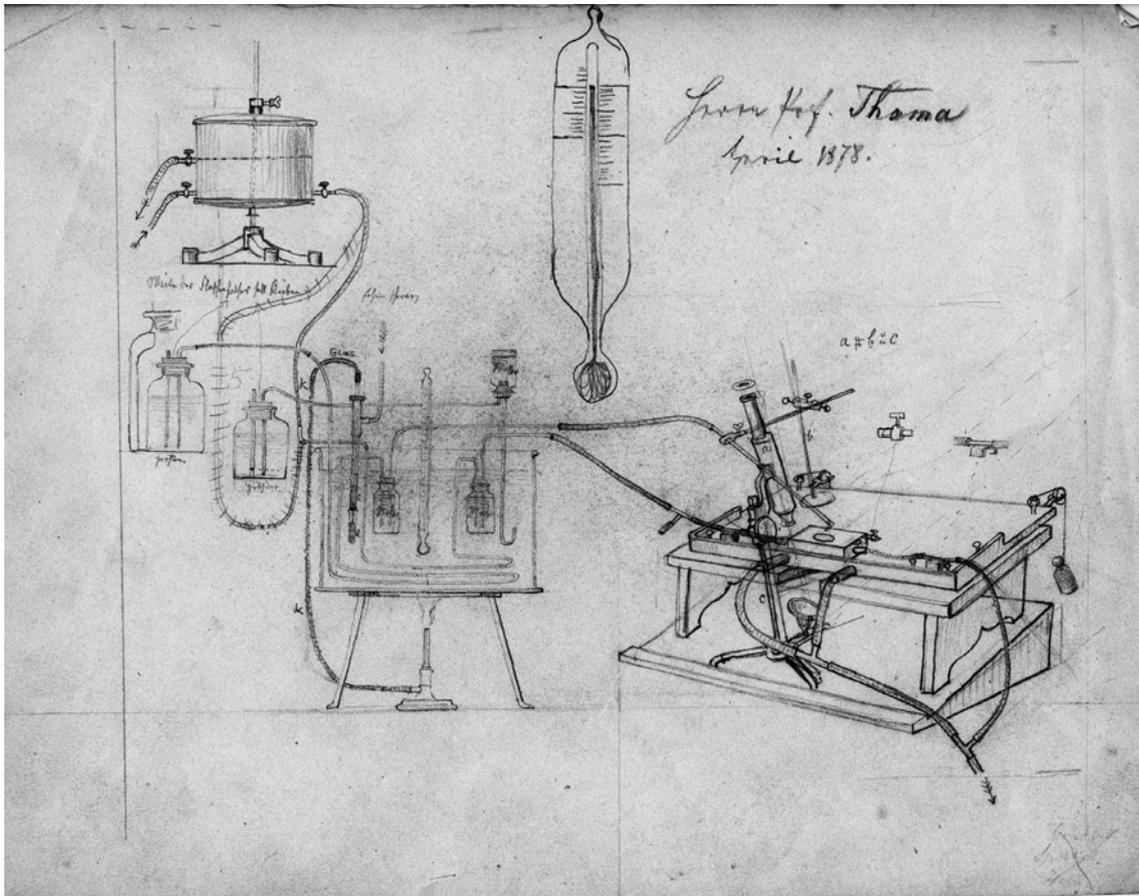
5.2.1. *Mikroskopische Untersuchungen des Blutkreislaufes*

[*50] Bleistiftzeichnung, 21,5/22 x 27,2/28,2 cm; bez.: Herrn Prof. Thoma, April 1878 [verso: unter dem Objektisch zum Durchpausen mit Graphit geschwärzt]

Der auf der Zeichnung dargestellte Apparat diente der mikroskopischen Beobachtung von Entzündungen der Kapillargefäße, die zu Störungen der Blutzirkulation führen. Mit seiner Hilfe konnte Richard Thoma den Einfluss des Salz- und Wassergehaltes der Gewebssäfte auf die Form- und Ortsveränderung der weißen Blutkörperchen, die Form der Auswanderung derselben und die sich daraus ergebenden Zirkulationsstörungen erstmals an Warmblütern untersuchen.

Die Histologen und Physiologen Salomon Stricker in Wien und Burdon Sanderson in England hatten bereits 1870 einen analogen Apparat für ähnliche Untersuchungen konstruiert, doch Thoma perfektionierte diesen so weit, dass er fast selbständig und sehr zuverlässig arbeitete, so dass man Versuche über sechs bis acht Stunden durchführen

konnte. Dabei war es dem Beobachter möglich, bis zu zwei Stunden abwesend zu sein, ohne dass der Versuch unterbrochen werden musste.



Die Zeichnung besteht aus drei Teilen: dem Beobachtungstisch, auf dem auch das Versuchstier zu liegen kommt, einem Wasserbad zur Erhitzung der Kochsalzlösung und des Wassers sowie einem Wassertank. Sie entspricht weitgehend der im November 1878 in *Virchows Archiv* abgedruckten Tafel mit der genauen Beschreibung des Versuchsaufbaus und den erzielten Ergebnissen. In der publizierten Version sind zusätzlich einige Details des Objektisches und der Aufbau des Wärmekastens zu sehen; dazu links unten die Signatur des Zeichners Friedrich Veith, rechts unten die des Lithographen Albrecht Schütz und des Lithographischen Instituts Berlin.

Der Beobachtungstisch (rechts im Bild) steht auf einem Holzkeil, so dass eine Neigung entsteht. Auf dem Tisch befindet sich ein lackiertes Eichenholzbrett, auf welches das Versuchstier gelegt wurde. Gewichte rechts und links am hinteren Rand des Brettes verhindern das Abrutschen. Tisch und Eichenholzplatte besitzen eine nach unten hin konisch erweiterte Aussparung, unter die der Beleuchtungsspiegel eines Mikroskops geschoben wird. Darüber befindet sich ein geschlossener Wärmekasten aus Metall, in dessen Ober- und Unterseite Glasscheiben eingelegt sind, so dass eine Beleuchtung von unten möglich ist. Rechts und links des Kastens sind Röhrrchen angebracht, um körperwarmes Wasser durch den Kasten zu leiten. Um die sich gelegentlich ansammelnden Luftblasen, die die Sicht beschränken, aus dem Kasten entweichen zu lassen, gibt es ein kleines Luftröhrrchen rechts oben. Auf die obere Glasscheibe dieses Wärmekastens wird zur Untersuchung das Dünndarm-Mesenterium des mit Curare betäubten Versuchstieres

aufgelegt und ständig mit Spüllösung befeuchtet. Die Schläuche, die vom Tisch weg führen, leiten das Wasser aus dem Wärmekasten und die Spülflüssigkeit in die Kanalisation des Labors.

Über dem Beobachtungstisch ist ein Mikroskop angebracht, dessen Objektiv auf die von unten beleuchtete obere Glasplatte des Wärmekastens zeigt und das zur Untersuchung des durch die Kapillaren fließenden Blutes dient.

Links davon steht ein durch einen Bunsenbrenner beheiztes Wasserbad, in dem sowohl das Wasser für den Wärmekasten, als auch die Spüllösung für das zu untersuchende Gewebe erwärmt werden. Von den links daneben abgebildeten Mariotteschen Flaschen sorgt die eine für einen konstanten Wasserstand, während die andere die Spülflüssigkeit enthält. Zwei weitere Flaschen innerhalb des Wasserbades sollen die sich bildenden Gasblasen abfangen. Der Wärmeerhaltung wegen sind alle Verbindungsschläuche mit Flanell umwickelt.

Mit Hilfe dieser Versuchsanordnung schloss Thoma, dass pathologische Entzündungen im Kapillarkreislauf durch randständige weiße Blutkörperchen verursacht würden, die an der Gewebswand anhaften und diese anschließend durchdringen. Die Randstellung hänge dabei von der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes ab, und der jeweilige Zustand des Zellplasmas entscheide darüber, ob die weißen Blutkörperchen durch die Zellmembran dringen und dort eine Entzündung verursachen können. Experimentell konnte Thoma mit seiner Apparatur sowohl die Fließgeschwindigkeit des Blutes als auch – durch entsprechende Veränderung der Konzentration der Spüllösung – den Zustand des die Kapillaren umgebenden Gewebes verändern.

Richard Thoma, „Über entzündliche Störungen des Capillarkreislaufes bei Warmblütern“, *Virchows Archiv* 74 (1878), 360-393, Taf. XII. – Wilhelm Doerr, „Der anatomische Gedanke und die Heidelberger Medizin“, in: *SEMPER APERTUS* 4 (1985), 92-125.

SG

5.2.2. Infusionsgerät für Blut- und Lymphgefäße

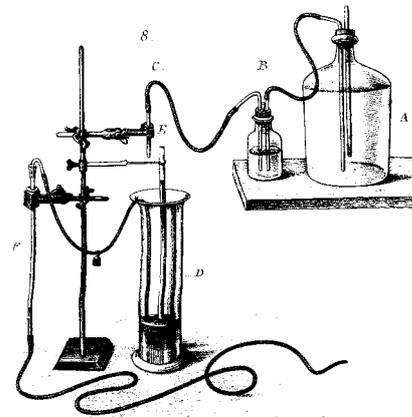
[*2] Bleistiftzeichnung, 20,2 x 25,5 cm; bez.: für Herrn Prof. Arnold, Oct. 1875

Im Rahmen von Untersuchungen über Blut- und Lymphgefäße richtete Julius Arnold seine Aufmerksamkeit vor allem auf die Kittsubstanz der Endothelien, der Zellschicht an der Innenfläche der Blut- und Lymphgefäße. Fest stand, dass unter bestimmten Verhältnissen eine Lockerung in der Verbindung der Endothelien zustande kommt, wodurch kleine Gebilde und gefärbte Substanzen diese stärker durchdringen und zwischen den Endothelzellen an der Stelle der sogenannten Kittleisten austreten.

Im Januar 1876 erschien im 66. Band von *Virchows Archiv* ein Artikel von Arnold mit dem Titel „Über die Kittsubstanz der Endothelien“, in dem eine gedruckte Version der Zeichnung mit Abbildungen eingefärbter Gewebeproben enthalten ist. Arnolds Untersuchung galt dem Verhalten fein verteilter Farbstoffe, genauer: von indigschwefelsaurem Natron und Tusche. In einer dritten Versuchsreihe injizierte er erst gelbes Blutlaugensalz und spülte dann das zu untersuchende Gewebe mit Hilfe einer von Thoma entwickelten Apparatur [→ 5.2.1.] mit Eisen(III)chlorid, was zur Ausfällung von feinverteilt-

tem Berliner Blau führte. Mit Hilfe des abgebildeten Apparats unternahm Arnold etwa 500 Versuche an Fröschen und Kaninchen.

Auf der rechten Seite der Zeichnung ist eine Mariottesche Flasche dargestellt, der, um den Tropfstrom konstant zu halten, eine kleine Flasche nachgeschaltet ist, bevor das Wasser in die Tropfkanüle fließt. Am Boden der kleinen Flasche mündet die Abflussröhre der Mariotteschen Flasche, sowie die mit der Tropfkanüle in Verbindung stehende Glasröhre. Durch die dritte Glassäule steht der abgeschlossene Innenraum der Flasche mit der Umwelt in Verbindung. Da sich der Wasserstand in der kleinen Flasche immer nach dem Stand der unteren Öffnung der in der Mariotteschen Flasche den Druck bestimmenden Röhre richtet, ist ein gleichmäßiges Fließen des Wassers gewährleistet.



Infusionsgerät, Detail aus: Julius Arnold, „Über die Kittsubstanz der Endothelien“, *Virchows Archiv* 66 (1876), 78.

Das Wasser aus der kleinen Flasche tropft aus einem ausgezogenen Glasröhrchen, dessen Halteklemme noch einmal vergrößert herausgezeichnet ist, in einen Glaszylinder. In diesem befindet sich eine Bürette, die auf einer schwimmenden Korkplatte befestigt ist und sich je nach Tropfenanzahl langsamer oder schneller hebt. An der Unterseite ist eine Kautschukröhre angebracht, die durch die Korkplatte hindurch nach oben durchgezogen wird. Durch diesen Schlauch wird die in der Bürette enthaltene Injektionsflüssigkeit geleitet. Sein Ende steckt bündig in der ganz links abgebildeten Glasröhre, welche wiederum in einen Kautschukschlauch mündet, an dessen Ende eine Glaskanüle aufgesteckt ist. Bevor diese Kanüle in die Vene des Versuchstieres eingeführt wird, muss der gesamte Zuleitungsbereich bereits mit Infusionsflüssigkeit gefüllt sein.

Julius Arnold, „Über die Kittsubstanz der Endothelien“, *Virchows Archiv* 66 (1876), 77-109.

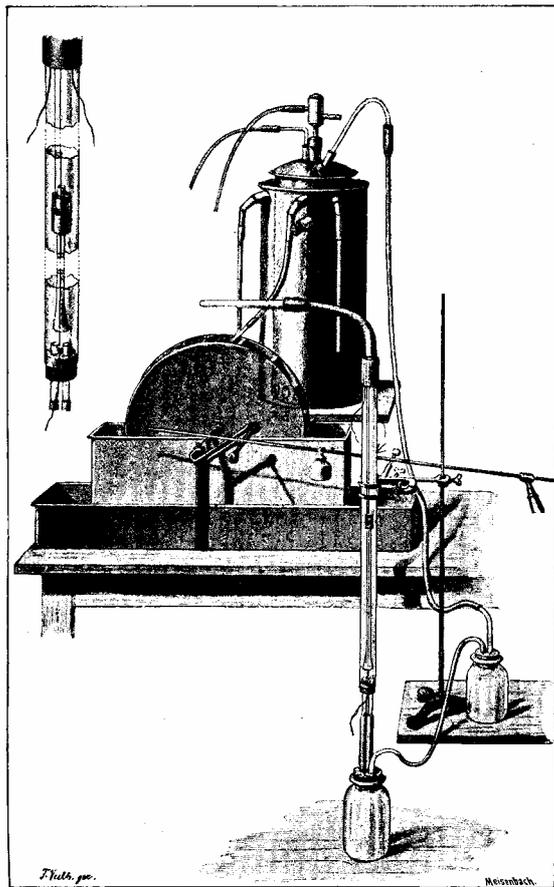
SG

5.2.3. Staubmaschine

[*3] Bleistiftzeichnung, 30,3 x 23,5 cm; bez.: Staubmaschine für Geh. Rath Arnold, Mrz 1885

Die toxische Wirkung von Feinstaub ist in der Arbeitsmedizin seit langem bekannt. Den aktuellen Forschungsstand und seine eigenen experimentellen Untersuchungen dokumentierte Julius Arnold 1885 in seinem Buch *Untersuchungen über Staubinhalation und Staubmetastasen*. Die darin befindliche Abbildung einer „Staubmaschine“ ist von Friedrich Veith, dem Zeichner der Vorlage, signiert.

Der dargestellte Apparat fand bei einer Versuchsreihe über die Inhalation von Feinstäuben Verwendung. Mit Hilfe seiner Staubmaschine gelang es Arnold, Bedingungen einer hohen Staubbelastung bei Tieren zu simulieren. Zu diesen Zwecken verwendete er eine Mischung aus Ultramarin und Schmirgel, die sich insofern für seine Versuche anbot, als Ultramarin im Körper dank seiner Farbe leicht zu erkennen ist. Durch Beimischung von



Staubmaschine, Offset, 17,2 x 10,5 cm, bez. F. Veith gez. / Meisenbach, aus: Julius Arnold, *Untersuchungen über Staubinhalation und Staubmetastasen*, Leipzig 1885, 29.

Glasröhre eingesetzt. Diese wird mit Hilfe eines Bindfadens schwebend über den Öffnungen der Röhrrchen im Gummipfropfen gehalten. Über die Veränderung des Abstandes zwischen Trichter und den unteren beiden Glasröhrrchen lässt sich die Staubmenge dosieren.

Wird Luft in die Staubröhre geblasen, wirbelt diese den Staub in der Röhre auf. Ein Teil wird durch die Kanüle abgeführt, der Rest fällt zurück in die große Staubröhre und gelangt so wieder vor den Trichter. Für die Luftzufuhr verwendete Arnold eine Wasserstrahlpumpe [→ 6.3.8.], die er in einen nach unten offenen Zinkbehälter einsetzte, der seinerseits in einem zweiten, ebenso hohen und offenen Behälter stand. Im Deckel des inneren Zylinders befinden sich außer den Öffnungen für die Pumpe noch zwei weitere, von denen die eine den Luftstrom herauslässt, während die andere mit einem Manometer verbunden ist. Am äußeren Zylinder befinden sich drei Abflussröhren, von denen eine als Überlauf und eine als Abfluss zum Wasserrad dient. Die dritte Röhre wird verschlossen, kann aber geöffnet werden, um den Druck zu erniedrigen. Die Luft aus dem Inneren des Zylinders wird durch ein mit Calciumchlorid gefülltes Glas und von da in den unter der Staubröhre befestigten Staubbehälter geleitet. Das von der Pumpe angetriebene Wasserrad betreibt eine Art Schüttelapparat: ein elastischer Stab, welcher durch einen an der Achse des Wasserrades befestigten Arm gehoben wird und beim Zurück-

Schmirlgel verhinderte er die Verklumpung des benötigten Ultramarins. Auf diese Weise konnte Arnold die Wege des inhalierten Staubes durch den Körper nachvollziehen und erhielt Rückschlüsse auf bestimmte Ablagerungsstellen und die sich daraus entwickelnden krankhaften Veränderungen des Lungengewebes.

Der Versuchsapparat besteht aus einem Kasten, in dessen Front eine dicke Glasscheibe eingesetzt ist. An den Seiten sind Öffnungen angebracht, die dem Einbringen des Staubes durch Kanülen sowie der Ventilation dienen. Der für die Versuche benötigte Feinstaub wird in einer Gasröhre erzeugt, die über einen Gummischlauch mit der Öffnung des Kastens verbunden ist. Diese Staubröhre ist unten durch einen doppelt durchbohrten Gummipfropfen verschlossen, in dem zwei weitere Glasröhrrchen mit kleinen Öffnungen stecken. Je gröber die Staubart, desto größer müssen auch die Öffnungen der beiden Röhrrchen sein, damit genügend Staub durch das System transportiert wird. In die große Staubröhre ist eine lange, nach unten trichterförmig geöffnete

schnellen auf einen anderen Stab schlägt, der an der Staubröhre befestigt ist. Durch diese Rüttelbewegungen wird gewährleistet, dass der Staub im Inneren der Röhre stets gut vermischt ist.

Mit Hilfe dieser Staubmaschine setzte Arnold Kaninchen über lange Zeit kontrolliert einer hohen Staubbelastung aus. Waren die Versuchstiere letztendlich gestorben, sezierete Arnold die Tierkörper, um die Wege des eingeatmeten Staubes zu analysieren. Er dokumentierte die Veränderungen der Lunge und des Lymphgefäßsystems der Tiere und ließ Skizzen der betroffenen Organe zeichnen. Aus den Ergebnissen seiner Staubexperimente schaffte es Arnold, Rückschlüsse auf die Feinstaubempfindlichkeit des Lungengewebes zu ziehen.

Julius Arnold, *Untersuchungen über Staubinhalation und Staubmetastasen*, Leipzig 1885, 27-31.

MP

5.2.4. *Expirationsapparat zur Untersuchung der Atemgase*

[*52] Bleistiftzeichnung, 22,4 x 32,5 cm; bez.: für Prof. Weill, 1879 [verso: → 5.2.5]

Mit der zunehmenden Einsicht in die physiologischen Abläufe bei der Atmung wuchs im 19. Jahrhundert bei den Physiologen der Wunsch, die Störungen des Gasaustausches bei krankhaften Veränderungen der Lunge zu beschreiben und besser zu verstehen. Auch Adolf Weil arbeitete auf dem Gebiet der Pathologie der Lunge und der Bronchien. Eines seiner Spezialgebiete war die physikalische Diagnostik des Gasaustauschs bei Pneumo- und Hydrothorax. Mit dem Begriff Pneumothorax bezeichnet man die Anwesenheit von Luft oder Gas im Raum zwischen Lungenhaut und innerer Brustwand (Pleuraspalt), wobei die Lunge komplett oder partiell kollabiert. Beim Hydrothorax befindet sich statt dessen eine Ansammlung seröser Flüssigkeit im Pleuraspalt, ein sogenannter Pleuraerguss.

Veith hat für Weil insgesamt drei Skizzen angefertigt, die für sich genommen schwer zu interpretieren sind, weil sie bloß Vorzeichnungen für Teilstücke des Versuchsaufbaus darstellen, den Weil 1879 in seinem Aufsatz „Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax“ publiziert hat. Ihr innerer Zusammenhang erschließt sich erst aus dem Vergleich mit der in *Virchows Archiv* abgedruckten Lithographie. Es handelt sich um eine Apparatur, mit der Weil gemeinsam mit Richard Thoma Untersuchungen zu Veränderungen des Lungenvolumens und des Kohlensäuregehalts der Atemluft von Kaninchen und Hunden mit Hydrothorax oder Pneumothorax im Vergleich zu gesunden Tieren anstellte.

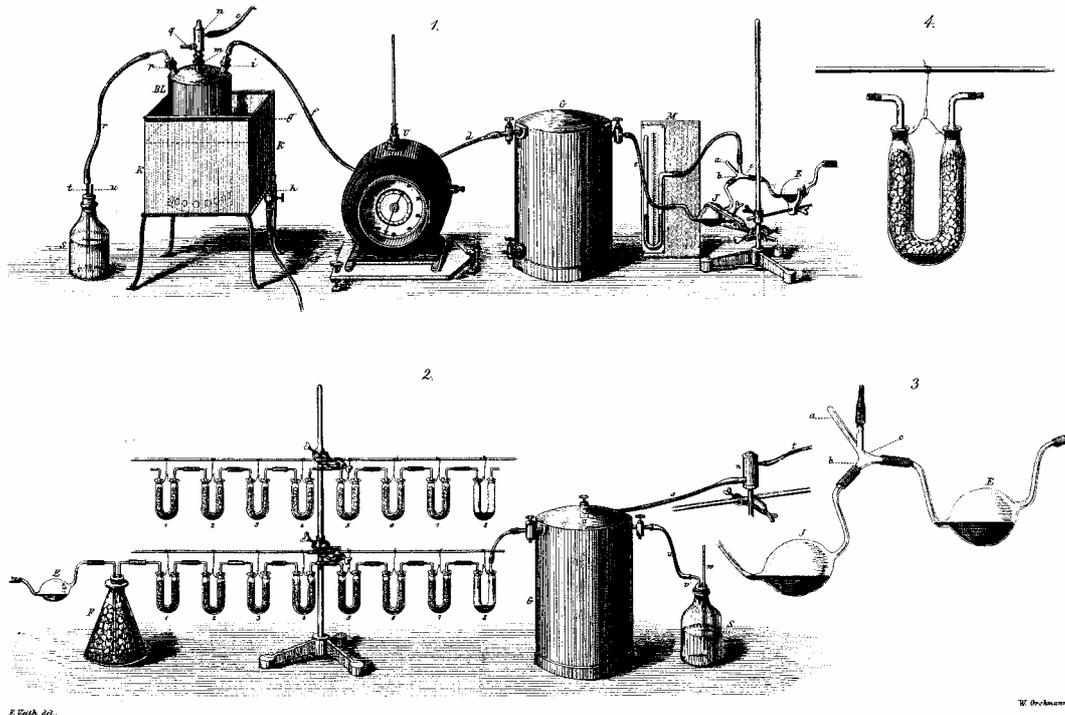
Der dargestellte Respirationsapparat lässt sich in zwei grundlegende Komponenten unterteilen: Zum einen in den Inspirationsapparat, der der Bestimmung der eingeatmeten Luftmenge dient, und zum anderen in den Expirationsapparat, der zur Bestimmung des Kohlensäuregehalts der ausgeatmeten Luft verwendet wird.

Links oben in der Zeichnung (rechts unten auf der Lithographie) befinden sich die sogenannten Voitschen Quecksilberventile als das zentrale Element des gesamten Respirationsapparates. Diese kleinen, entgegengesetzt wirkenden Ventile sorgen dafür, dass nur durch den jeweils entsprechenden Apparateteil ein- bzw. ausgeatmet wird. Zudem besitzen sie eine sehr feine Kalibrierung bezüglich Druckschwankungen und sorgen dadurch

für geringen Widerstand, so dass das Versuchstier problemlos mehrere Stunden ein- und ausatmen kann. Sie sind durch kurze Kautschukschläuche über ein T-Rohr verbunden. Dieses besitzt zusätzlich zu dem freien Ende, das bei der späteren Versuchsdurchführung mit der Trachealkanüle des Tieres verbunden wird, noch eine weitere, vierte Öffnung, die an ein Manometer [→ 5.2.5.] angeschlossen ist.

Virchow's Archiv. Bd. LXXV

Taf. XI.



Adolf Weil u. Richard Thoma, „Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax“, *Virchows Archiv* 75,3 (1879), 483-514, Taf. XI.

In der unteren Hälfte ist eine mit dem Expirationsventil verbundene Flasche zu sehen. Diese ist mit in Schwefelsäure getränkten Bimssteinstücken gefüllt und dient der Entfeuchtung der Expirationsluft. Mit den acht dahinter in Reihe geschalteten U-Röhrchen wird der Kohlensäuregehalt der Expirationsluft über die Gewichtszunahme des Systems durch das gebundene CO_2 bestimmt.

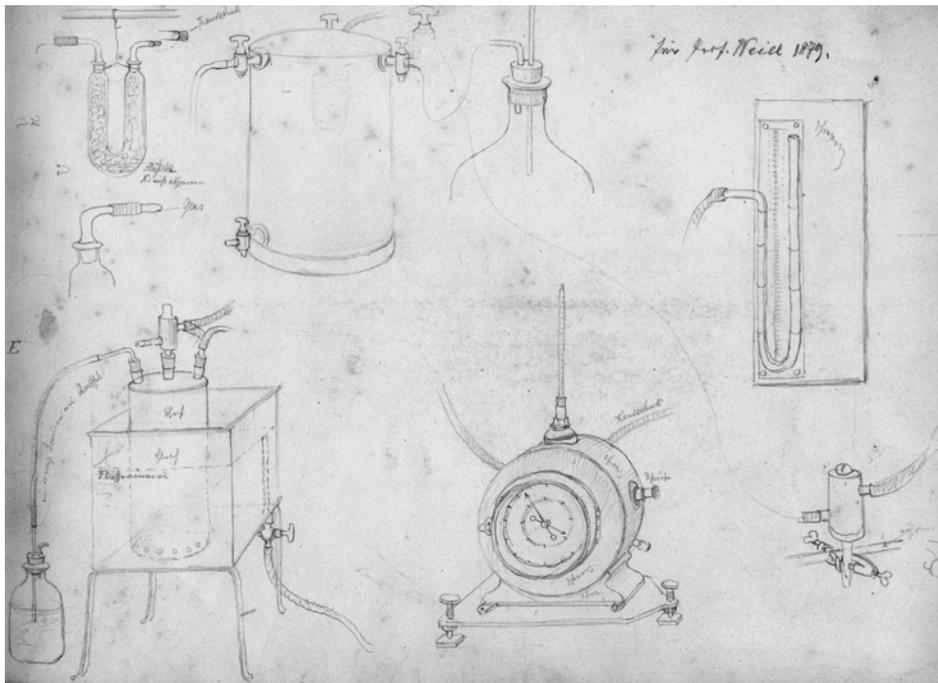
Zur Vervollständigung des Expirationsapparats ist das hintere Ende der in Reihe geschalteten U-Röhrchen durch einen kurzen Schlauch mit einem Gasometer verbunden. Dieser ist jedoch ebenso wie eine daran angeschlossene Wasserstrahlpumpe [→ 6.3.8.] nicht mehr auf der Veithschen Skizze festgehalten. Bei den Messungen dienen diese beiden Komponenten dem Druckausgleich des Systems zu annähernd Atomsphärendruck, bzw. dazu, die Expirationsluft aus dem Gasometer, den U-Röhrchen und der Flasche zu saugen. Ein Gasometer ähnlicher Funktionsweise ist in der zweiten Skizze [→ 5.2.5.] dargestellt.

Adolf Weil u. Richard Thoma, „Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax“, *Virchows Archiv* 75,3 (1879), 483-514, Taf. XI. – Paul Heger, „Hugo Kronecker“, *Münchener Medizinische Wochenschrift* 61 (1914), 1692-1631.

5.2.5. *Inspirationsapparat zur Untersuchung der Atemgase*

[*52^v] Bleistiftzeichnung, 22,4 x 32,5 cm, bez.: für Prof. Weill, 1879 [verso: → 5.2.4.]

Die auf der Rückseite der voranstehend beschriebenen Anordnung gezeichnete Skizze weist ausschließlich Komponenten des Inspirationsteils der Versuchsapparatur auf, mit Ausnahme des in der linken oberen Ecke des Blattes abgebildeten U-Röhrchens. Dieses Element zeigt eine vergrößerte Darstellung eines der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen U-Röhrchen, inklusive dessen Füllung mit in Schwefelsäure getränktem Bimsstein. Am rechten oberen Rand der Zeichnung ist das mit dem vierten Ausgang des T-Rohres verbundene Manometer festgehalten. Dieses dient dazu, die durch die Atembewegungen des Versuchstieres verursachten Druckschwankungen direkt abzulesen.



In der Mitte der oberen Bildhälfte ist ein Gasometer zu sehen, der im fertigen Versuchsaufbau über eine Öffnung mit dem Inspirationsausgang der sogenannten Voitschen Quecksilberventile verbunden ist. Seine Aufgabe ist es, mit Hilfe seines Fassungsvermögens von etwa 15 Litern den Gang der an einer weiteren Öffnung angeschlossenen Gasuhr möglichst gleichmäßig zu gestalten. Diese Gasuhr, die in der Mitte der unteren Bildhälfte skizziert ist, wird zur Messung der pro Zeitintervall eingeatmeten Luftmenge verwendet. Neben dem Hinweis, dass Max Pettenkofer als erster auf die Nutzungsmöglichkeit eines solchen Messgerätes bei physiologischen Untersuchungen hingewiesen habe, erfahren wir aus der Veröffentlichung Weills, dass es sich hier um eine handelsübliche Gasuhr mit beliebiger Skala handelt. Sie wird mittels einer auf drei Schrauben stehenden Platte horizontal ausgerichtet und muss in größeren Zeitabständen nachge-
eicht werden. Ein Thermometer in der Gasuhr zeigt die Gastemperatur an.

Angeschlossen an den Eintrittshahn der Gasuhr folgt links daneben eine Teilapparatur, die durch Verdichtung der Luft dem Versuchstier das Einatmen erleichtert. Sie besteht aus einem bis zur Mündung des Ablaufrohres mit Wasser gefüllten Blechkasten, einem darin stehenden Blechzylinder, einer Wasserstrahlpumpe [→ 6.3.8.] sowie einer als

Druckregulator und Sicherheitsventil dienenden Flasche. Mit der im Flaschenhals befindlichen Röhre werden die Druckverhältnisse im System so eingestellt, dass bei jeder Inspiration die entsprechende Luftmenge durch den Gasometer und die Gasuhr nachströmt.

Die für die Verdichtung der Luft verantwortliche Wasserstrahlpumpe ist als vergrößertes Detail in der rechten unteren Ecke des Blattes zu sehen. Wenn die eine Öffnung mit einem Wasserhahn verbunden wird und so das fließende Wasser durch die Pumpe in den Blechzylinder gelangt, saugt der Wasserdurchfluss durch eine weitere Öffnung im Nebenanschluss Luft in den Zylinder, was dort zu einer Verdichtung führt.

Adolf Weil u. Richard Thoma, „Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax“, *Virchows Archiv* 75,3 (1879), 483-514, Taf. XI.

MF

5.2.6. *Prototyp des Expirationsapparats*

[*53] Bleistiftzeichnung, 21,5 x 30,3 cm, bez.: Herrn Prof. Dr. Weill, 21. Mai [18]79 / Breite 11 cm max. [Zeichnung stark verwischt]

Bei der mit einem – vermutlich der maßstäblichen Übertragung dienenden – mit Ziffern beschrifteten Gitternetz unterlegten Skizze dürfte es sich um einen Vorläufer des Weilschen Expirationsapparats [→ 5.2.4.] handeln. Auf der linken Seite erkennt man den Aufsatz, durch den ausgeatmet wird. Dieser ist über einen Schlauch mit einem T-Rohr verbunden, dessen einer Ausgang an ein Manometer angeschlossen ist, an dem sich die Druckschwankungen der Atemluft ablesen lassen. Der andere Ausgang führt über ein Quecksilberventil in eine Flasche, in der die ausgeatmete Luft aufgefangen wird. Ein Wiederausströmen der Luft wird durch einen Bunsenschen Quetschhahn verhindert, der den Kautschukschlauch zwischen Quecksilberventil und T-Rohr abklemmt. Die Druckveränderungen innerhalb der Flasche zeigt das mit der Flasche verbundene Manometer an. Nach Öffnung des Hahns verändert sich der Wasserstand im Steigrohr, weil der Überdruck innerhalb der Flasche zusätzliches Wasser in die Pipette drückt. Wird der Hahn wieder geschlossen, sobald sich am Manometer der Ausgangsdruck wieder eingestellt hat, lässt sich anhand der Volumenänderung der Wassermenge im Steigrohr das Volumen der ausgeatmeten Luft bestimmen.

Vergrößert herausgezeichnet sind das Voitsche Quecksilberventil mit Manometer (rechts) und ein Quetschhahn – dessen Erfindung Bunsen zugeschrieben wird und der in dieser Form bis heute Verwendung findet.

Adolf Weil u. Richard Thoma, „Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax“, *Virchows Archiv* 75,3 (1879), 483-514, Taf. XI.

MF

6. VERFAHREN UND APPARATUREN DER CHEMIE

Die Chemie ist die Laborwissenschaft par excellence. Chemische Laboratorien gab es bereits an den Universitäten des 17. Jahrhunderts. Ihr Instrumentarium und Methodenarsenal konnte auf sehr viel ältere Praktiken der metallurgischen, pharmazeutischen und stoffverarbeitenden Gewerbe zurückgreifen. Früher als andere Naturwissenschaften erlangte die Chemie den Status einer eigenständigen Disziplin und bildete stabile Verbindungen zur gewerblich-industriellen Anwendung aus; doch später als andere naturwissenschaftliche Fächer erhielt sie einen einheitlichen theoretischen Rahmen. Bis um 1800 war ihre Wissensordnung die Ordnung der Verfahren und Apparaturen. Dies änderte sich im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts mit dem chemischen Atomkonzept, einer darauf aufbauenden Nomenklatur und Bindungstheorie sowie der zentralen Bedeutung, die man der quantitativen Analyse zuwies. Seit den 1840er Jahren traten dieser die Strukturtheorie und das Programm einer Synthesechemie an die Seite, mit der sich das Interesse zur Organischen Chemie hin verschob. Von der Jahrhundertmitte an dominierte sie die Universitäten, während Heidelberg ein Zentrum für die Entwicklung physikalisch-chemischer Methoden blieb. Die durch Bunsen und Kirchhoff 1860 eingeführte Spektralanalyse [→ 4.1.] und die dadurch ausgelöste Entdeckung neuer Elemente machten die Frage nach deren natürlicher Ordnung akut. Es waren zwei Bunsen-Schüler, Lothar Meyer (1830–1895) in Karlsruhe und Dmitrij Mendeleev (1837–1907) in St. Petersburg, die 1868/69 den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Atommasse und chemisch-physikalischen Eigenschaften erkannten und das Periodensystem der Elemente aufstellten – eine Leistung, die ohne die spezifische Ausprägung der Heidelberger Chemie nicht möglich gewesen wäre.

Unter den Zeichnungen Friedrich Veiths stellen Gegenstände aus der Chemie zahlenmäßig die größte Gruppe dar, auch wenn sie wissenschaftshistorisch nichts Herausragendes bieten. Vieles entstand in Zusammenhang mit der Arbeit an Lehrbüchern oder für Unterrichtszwecke. Eine besondere Stellung nimmt dabei das *Lehrbuch der Organischen Chemie* von August Kekulé ein, das zwischen Juni 1859 und dem Herbst 1861 in drei Lieferungen bei Ferdinand Enke in Erlangen erschien ist und als Pionierleistung der neuen Strukturchemie und Benzoltheorie gilt. Auch wenn Kekulé's Freund Reinhold Hoffmann später angab, der Autor habe die Vorlagen für die Abbildungen seines Lehrbuchs eigenhändig gezeichnet (Anschütz, 65), so belegt unser Bestand, dass viele tatsächlich von Veith stammen, und es spricht einiges dafür, dass auch den übrigen Holzschnitten in Kekulé's *Lehrbuch* Vorlagen des Heidelberger Universitäts-Zeichenlehrers zugrunde lagen.

Im Folgenden sind die der Chemie zuzurechnenden Zeichnungen Veiths unter drei Themen gruppiert: Organische Elementaranalyse einschließlich der Bestimmung der Molekularmasse, Chemische Synthese und Darstellungsverfahren, schließlich diverse Laboratoriumstechnik.

Frederick L. Holmes u. Trevor H. Levere (Hgg.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, Cambridge/Mass. 2000. – Richard Anschütz, *August Kekulé*, Bd 1, Berlin 1929.

6.1. ORGANISCHE ELEMENTARANALYSE

Das Ziel der organischen Elementaranalyse ist die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von organischen Verbindungen. In der qualitativen Analyse wird untersucht, welche Elemente in einer Verbindung enthalten sind. Bei der quantitativen Analyse wird der prozentuale Anteil der enthaltenen Elemente ermittelt. Daraus lässt sich dann bei bekannter Molekülmasse die Summenformel berechnen. Das Verfahren der Verbrennungsanalyse geht auf Antoine Laurent Lavoisier zurück. In komplexen Apparaturen verbrannte dieser Öle und andere organische Stoffe und wies mit häufig sehr aufwendigen Methoden die Reaktionsprodukte Wasser und Kohlendioxid quantitativ nach. Das Verfahren wurde u.a. von Joseph Louis Gay-Lussac und Jöns Jacob Berzelius weiterentwickelt. 1831 erfand Justus Liebig in Gießen den Fünf-Kugel-Apparat („Kali-Apparat“) zum Auffangen und Binden des entstandenen Kohlendioxids, dessen Masse nun ohne großen Aufwand auf der Waage bestimmt werden konnte. Diese Neuerung vereinfachte die Arbeitsabläufe und ermöglichte einen effizienteren Einsatz der Analyse. Die verwendeten Apparaturen waren nun optimal für die quantitative Analyse von Kohlenstoff (Kohlendioxid) und Wasserstoff (Wasser) geeignet. Der Nachweis von Stickstoff war damit jedoch problematisch und häufig fehlerhaft; eine verlässlichere Methode entwickelten 1841 die Liebig-Schüler Heinrich Will und Franz Varrentrapp.

Die Elementaranalyse war für die Entwicklung der Organischen Chemie von entscheidender Bedeutung; denn erst die Kenntnis der genauen Zusammensetzung ermöglicht ein Verständnis von Reaktionsmechanismen und erlaubt gezielte Synthesen.

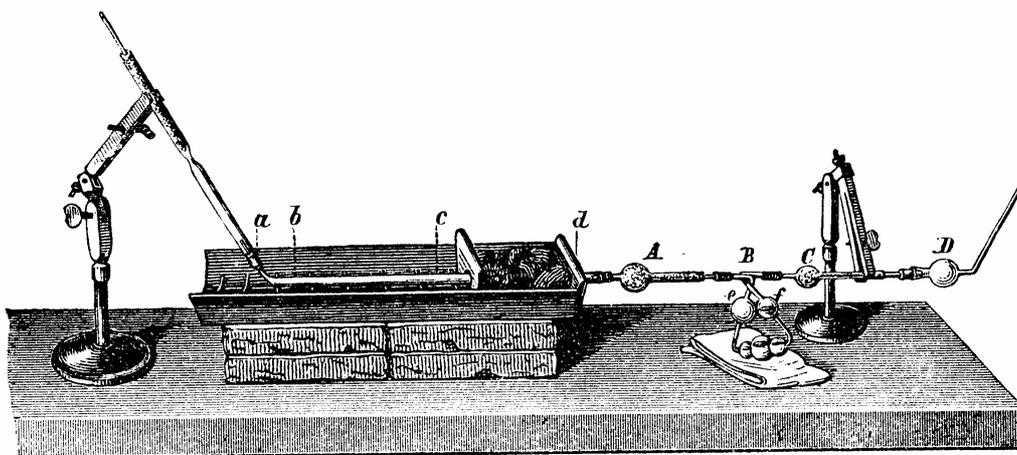
Um aus den prozentualen Anteilen der einzelnen Elemente die Summenformel einer chemischen Verbindung aufstellen zu können, muss man die relative Molekülmasse bestimmen. Dafür standen verschiedene Verfahren zur Verfügung, von denen den volumetrischen Methoden besondere Bedeutung zukam. Unter den Zeichnungen von Friedrich Veith, nach denen die Abbildungen in Kekulé's *Lehrbuch der Organischen Chemie* gestochen wurden, befinden sich drei Apparaturen zur Bestimmung der Dampfdichte. Als Dampfdichte oder spezifisches Gewicht eines Dampfes bezeichnet man das Dichteverhältnis eines Gases zu Luft. Kekulé beschreibt zwei Methoden, die zur Bestimmung der Dampfdichte verwendet werden können: Bei der Methode von Dumas [→ 6.1.1. (5)] bestimmt man das Gewicht des Dampfes, wobei die Parameter Druck, Temperatur und Volumen bekannt sind. Bei der Methode von Gay-Lussac [→ 6.1.9.] wird das Volumen des Dampfes ermittelt, Druck und Temperatur sowie Masse der Substanz sind bekannt.

August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1, Erlangen 1861. – Justus Liebig, *Anleitung zur Analyse organischer Körper*, Braunschweig 1837. – Ferenc Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, Braunschweig 1966, 287-306. – Alan J. Rocke, „Organic analysis in comparative perspective: Liebig, Dumas, and Berzelius, 1811-1837“, in: *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, hg. v. Frederick L. Holmes u. Trevor H. Levere, Cambridge/Mass. 2000, 273-310.

6.1.1. Apparaturen für die organische Elementaranalyse

[*23] Bleistiftzeichnung 42,7 x 32 cm [auf gleichem Bogen mit 6.1.8./6.1.9., obere Hälfte]; bez.: H. Dr. Kekulé 1858

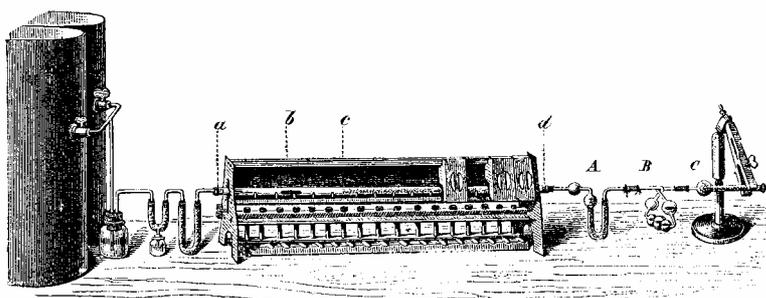
Auf dem großen, gefalteten Bogen sind – teilweise nur flüchtig skizziert – einige Apparaturen für die Elementaranalyse dargestellt. Alle Zeichnungen sind in einer detaillierteren Darstellung im ersten Band von Kekulé's *Lehrbuch der Organischen Chemie* zu finden, der zwischen 1859 und 1861 in Teillieferungen erschien. Die Zeichnungen sind auf dem Blatt von (3) bis (9) nummeriert, werden aber im Folgenden in der Reihenfolge beschrieben, in der sie in Kekulé's Lehrbuch vorkommen.



Vorrichtung zur Elementaranalyse nach Liebig, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd I [1. Lieferung, 1859], Erlangen 1861, 20.

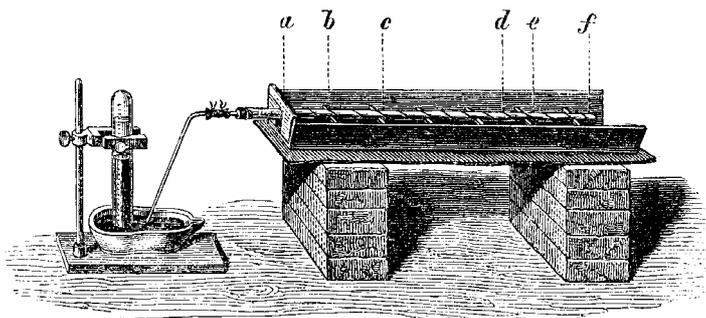
Abbildung (6) zeigt eine Apparatur für die quantitative Elementaranalyse nach Liebig (Kekulé, S. 20). Sie dient der Ermittlung des Verhältnisses von Kohlenstoff zu Wasserstoff in einer organischen Verbindung. Nach der Verbrennung der Substanz wird die Masse der Verbrennungsprodukte Kohlendioxid und Wasser gemessen und aus diesen Werten das Verhältnis der Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff berechnet. In der Verbrennungswanne aus Eisen („Verbrennungsofen“), die mit glühenden Kohlen beheizt wird, befindet sich eine lange Glasröhre. Eine abgewogene Menge der zu analysierenden Substanz wird zusammen mit Kupferoxid in dieser Röhre verbrannt. Entscheidend für die Analyse sind nun die zwei Abschnitte der Apparatur rechts von der Verbrennungswanne. Im anschließenden Rohr befindet sich Calciumchlorid („Chlorcalciumrohr“), dort wird das entstandene Wasser gebunden. Im daran angeschlossenen Fünf-Kugel-Apparat („Kaliapparat“) befindet sich Kalilauge, die das Kohlendioxid bindet. Sobald die Verbrennung abgeschlossen ist, wird links die Spitze des Glasrohrs abgebrochen und von rechts durch ein Saugrohr Luft durch die Apparatur gesogen, um alle noch im Rohr befindlichen Verbrennungsprodukte mit dem Calciumchlorid und der Kalilauge in Kontakt zu bringen. Das Chlorcalciumrohr und der Kaliapparat werden vor und nach dem Versuch gewogen. Die Differenz ergibt die Masse des bei der Verbrennung freigesetzten Wassers bzw. Kohlendioxids.

Abbildung (9) zeigt – skizzenhaft angedeutet – einen Gasverbrennungsofen für die Elementaranalyse nach Lambert von Babo (Kekulé, S. 24). Im Gegensatz zum Liebig'schen Verbrennungsofen, der mit Holzkohle beheizt wird, wird hier Gas zum Erhitzen der Proben genutzt. Kekulé nennt die einfachere Handhabung und die genaueren Versuchsergebnisse als klare Vorteile dieses Ofens [→ 6.1.6.].



Verbrennungsofen nach Babo, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [1. Lieferung, 1859], Erlangen 1861, 24.

Bei Abbildung (4) handelt es sich um eine Apparatur zur Bestimmung des Stickstoffs nach Will und Varrentrapp (Kekulé, S. 26). Die zu untersuchende, stickstoffhaltige Substanz wird zusammen mit Bariumhydroxid (alternativ auch Natronkalk) in einer Glasröhre durch das Auflegen von glühenden Kohlen erhitzt. Auf der linken Seite ist die Röhre mit einem Glasapparat verbunden, in dem sich konzentrierte Salzsäure befindet. Das bei der Verbrennung entstandene Ammoniak wird von der Salzsäure gebunden. Die Menge des Ammoniaks wird anschließend außerhalb der Apparatur ermittelt (z.B. durch Zugabe von Platinchlorid und Wägung des gefällten Platin-Ammoniumchlorids). Der rechts gezeigte Fünf-Kugel-Apparat ist nicht Bestandteil der beschriebenen Apparatur. Die Idee, Stickstoff in der organischen Elementaranalyse mit Hilfe der oben beschriebenen Reaktion als Ammoniak nachzuweisen, stammte ursprünglich von Jöns Jakob Berzelius und Friedrich Wöhler. Die beschriebene Methode wurde allerdings erst 1841 von den Liebig-Schülern Heinrich Will und Friedrich Varrentrapp ausgearbeitet.



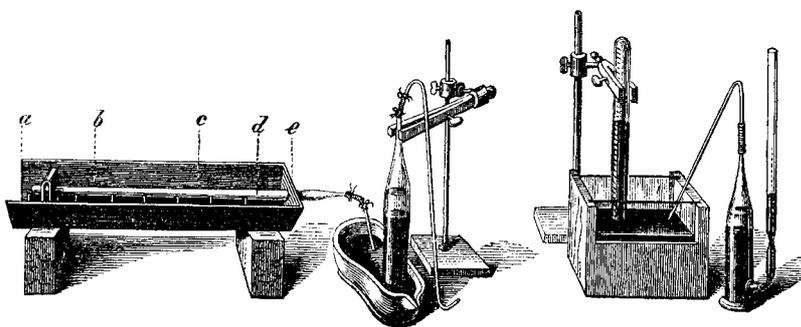
Stickstoffbestimmung nach Dumas, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [1. Lieferung, 1859], Erlangen 1861, 24.

bestimmen. Um Fehler bei der Messung zu vermeiden, muss die Verbrennungsröhre zunächst luftleer gemacht werden. Dies geschieht mit Kohlendioxid, das innerhalb der Röhre durch das Erhitzen von Natriumhydrogencarbonat erzeugt wird. Außerdem befinden sich in der Verbrennungsröhre metallisches Kupfer (um die Bildung von Stickstoffoxiden zu verhindern), Kupferoxid (liefert den Sauerstoff für die Verbrennung) und

Abbildung (3) zeigt eine Apparatur zur Bestimmung des Stickstoffs als Stickstoffgas nach Dumas (Kekulé, S. 30). Das Ziel dieser Methode ist es, das bei der Verbrennung der zu untersuchenden Substanz freigesetzte Stickstoffgas vollständig aufzufangen und dessen Masse zu

natürlich die zu untersuchende Substanz. Die Verbrennung wird durch Auflegen von glühenden Kohlen erreicht. Die entstehenden Gase werden auf der linken Seite über Quecksilber in einer graduierten Glasglocke aufgefangen. Die Glocke ist zum Teil mit Kalilauge gefüllt – so wird das Kohlendioxid aus dem Gasgemisch entfernt. Nach der Verbrennung wird das restliche Natriumhydrogencarbonat in der Röhre nochmals erhitzt, so dass das entstehende Kohlendioxid das Stickstoffgas vollständig in die Glasglocke verdrängt. Anschließend kann nun die Menge des gesammelten Stickstoffs bestimmt werden. Die Glocke wird dazu in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gebracht, man lässt das Quecksilber und die Kalilauge austreten und hält die Glocke so, dass der Wasserstand innerhalb und außerhalb gleich hoch ist. Nun kann das Volumen des Stickstoffgases abgelesen werden. Unter Berücksichtigung verschiedener anderer Parameter lässt sich daraus die Masse des Stickstoffs berechnen.

Die Abbildungen (7) und (8) zeigen eine von Maxwell Simpson entwickelte Modifikation der Dumaschen Methode der Stickstoffbestimmung (Kekulé, S. 31). Sie zeichnet sich vor allem durch eine größere Genauigkeit aus, die



Stickstoffbestimmung nach Simson, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [1. Lieferung, 1859], Erlangen 1861, 31.

Grundprinzipien sind jedoch gleich. Da die Stickstoffbestimmung mit der Methode von Dumas (und deren Modifikationen) sehr schwierig war, wurde sie meist nur eingesetzt, wenn die deutlich einfachere Methode von Will und Varrentrapp nicht anwendbar war.

Die sehr flüchtige Skizze (5) zeigt – stark vereinfacht – eine Apparatur zur Bestimmung der Dampfdichte nach Dumas (Kekulé, S. 46); eine etwas sorgfältiger ausgeführte Version, mit (11) und der Preisangabe 1 fl. 30 g. beziffert, steht auf der Rückseite eines anderen Blattes [→ 6.1.3.; vgl. auch die Abbildungen unter → 2. auf S. 11 dieses Bandes]. Kekulé beschreibt zwei grundsätzliche Methoden, die zur Bestimmung der Dampfdichte (des spezifischen Gewichts der Dämpfe) verwendet werden können: Bei der Methode von Dumas bestimmt man das Gewicht des Dampfes, wobei die Parameter Druck, Temperatur und Volumen bekannt sind. Bei der Methode von Gay-Lussac [→ 6.1.9.] wird das Volumen des Dampfes ermittelt, Druck und Temperatur sowie Masse der Substanz sind bekannt. Eine Glaskugel, deren Hals in eine feine Spitze ausgezogen ist, wird mit trockener Luft gefüllt und gewogen. Anschließend füllt man eine geringe Menge der zu untersuchenden Flüssigkeit ein. Die Kugel wird in einem Wasser- oder Ölbad erhitzt. Der entstehende Dampf verdrängt die Luft, die aus der Spitze entweichen kann. Sobald die Kugel vollständig mit Dampf gefüllt ist, wird die Spitze zugeschmolzen und die Kugel erneut gewogen. Nun muss noch das Volumen der Kugel ermittelt werden. Dazu wird die Spitze unter Quecksilber abgebrochen und anschließend das Volumen des eingetretenen Quecksilbers in einem Zylinder bestimmt. Aus den ge-

wonnenen Daten kann das spezifische Gewicht des Dampfes bzw. die Dampfdichte berechnet werden.

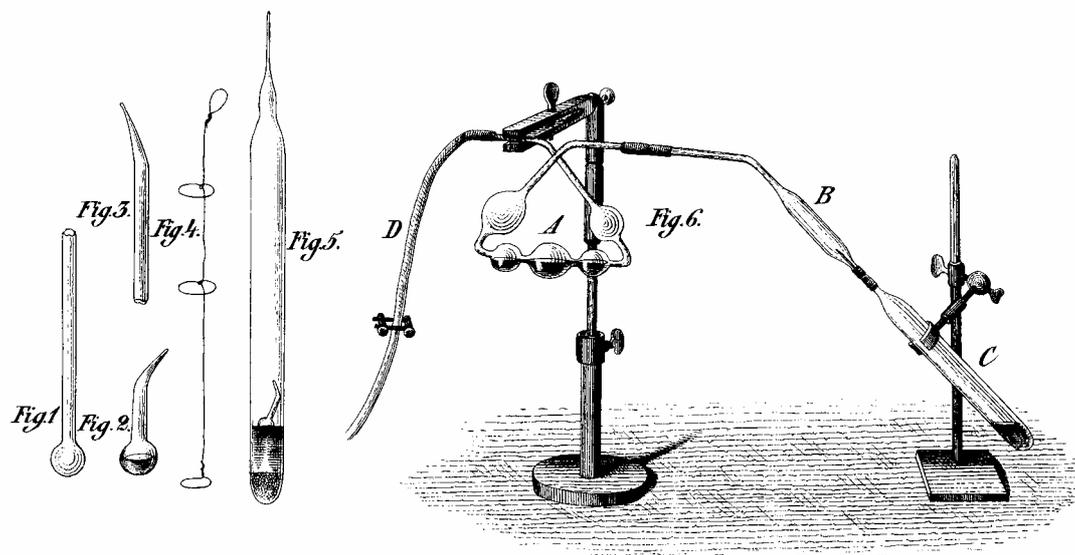
August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1, Erlangen 1861. – Ferenc Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, Braunschweig 1966, 287-306.

MS

6.1.2. Sauerstoff-Bestimmung nach Ladenburg

[*38] Bleistiftzeichnung 19,8 x 29,6 cm; bez.: für Dr. Ladenburg bei Prof. Carius, Nov. [18]64

Während bei der gewöhnlichen Elementaranalyse der Sauerstoffgehalt der organischen Probe indirekt aus der bei der Verbrennung gebildeten Menge von CO_2 und Wasser ermittelt wurde, schlug Ladenburg, der damals im Laboratorium von Ludwig Carius arbeitete, eine direkte Bestimmungsmethode vor. Dazu wog er die zu untersuchende Substanz – im Anschluss an eine von Carius bei der Bestimmung der Halogene entwickelte Methode – in einem Glaskügelchen ein, das anschließend abgeschmolzen wurde. Die Oxidation erfolgt durch Silberjodat in Schwefelsäure in einem starkwandigen Analysenrohr, das nach Einbringung des Kügelchens am ausgezogenen Ende abgeschmolzen wird. Nun zerbricht man das Glaskügelchen durch einen kräftigen Schlag auf das umgebende Rohr, erhitzt es im Wasserbad, bis die Reaktion abgeklungen ist, lässt abkühlen, wägt das Rohr, öffnet es dann, entfernt die bei der Oxidation gebildete Kohlensäure durch mehrfaches Erhitzen unter Vakuum, wägt erneut und ermittelt aus der Differenz die Menge von CO_2 . Anschließend wird das Rohr geöffnet, der Inhalt herausgespült, Kaliumjodid zugegeben und das freigesetzte Jod nach einem von Bunsen entwickelten Verfahren titrimetrisch bestimmt und daraus der Sauerstoffgehalt berechnet.



Analyseapparatur, Lithographie, 11 x 17,5 cm, bez.: Lith. Anst. v. M. Singer, Leipzig; aus: Albert Ladenburg, „Eine neue Methode der Elementaranalyse“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 135 (1865), 1-24, Taf. I.

Die Zeichnung Veiths zeigt das Analysenrohr mit der Oxidationslösung aus Schwefelsäure und Silberjodat, in der das Glaskügelchen mit der Probe schwimmt, umschlungen von einem Platindraht, der zur Aufhängung an der Waage dient und in der Lithographie der Deutlichkeit halber links neben das Rohr gezeichnet ist. Rechts die zum Auspumpen verwandte Vorrichtung, bei der ein mit Schwefelsäure gefüllter Fünfkugelapparat das Eindringen von Feuchtigkeit in das Analysenrohr verhindern soll.

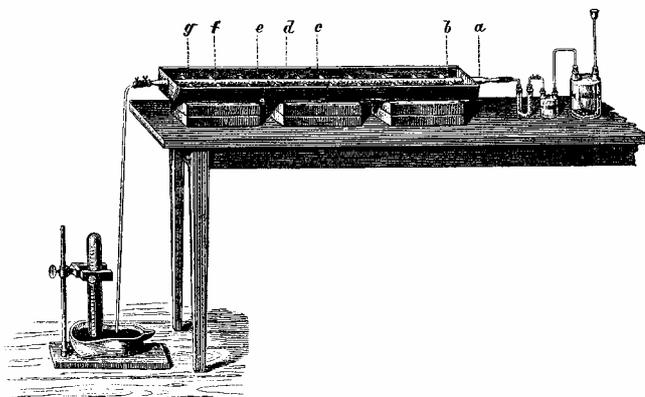
Albert Ladenburg, „Eine neue Methode der Elementaranalyse“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 135 (1865), 1-24, Taf. I.

CM

6.1.3. Apparatur für die organische Elementaranalyse (relativer Stickstoffnachweis)

[*24] Bleistiftzeichnung 21,4 x 17,2 cm, Einriß; bez.: Dr. Kekulé, 1860 / Dumas Stickstoff / Gottlieb / Dumas Dampfdichte / H. Dr. Kekulé, Preisangaben [verso: Glaskolben mit Thermometer in Wasserbad, bez.: Dr. Kekulé (11), Vorzeichnung zu → 6.1.1.(5)]

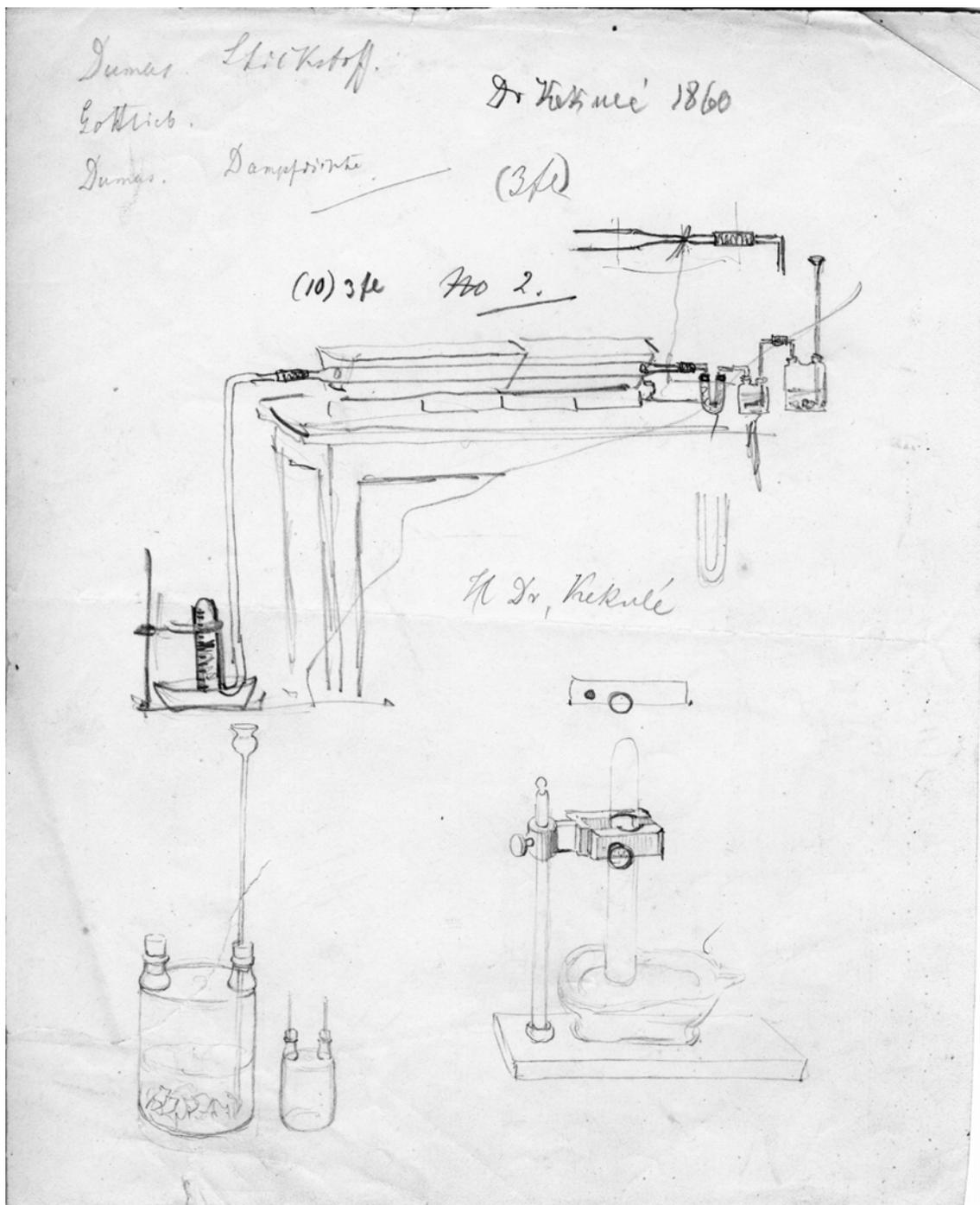
Die Apparatur dient dem Stickstoffnachweis nach der Methode von Johann Gottlieb (Kekulé, S. 29). In der Beischrift liest man von Veiths Hand: „Dumas, Stickstoff, Gottlieb, Dumas, Dampfdichte.“ Es handelt sich um eine ‚relative‘ Methode, d.h. es wird dabei nicht die absolute Stickstoffmenge bestimmt, sondern das Verhältnis von Stickstoff zu Kohlenstoff (Kohlendioxid).



Apparatur zur Stickstoffbestimmung, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [1. Lieferung, 1859], Erlangen 1861, 29.

Die zu untersuchende Substanz wird zusammen mit metallischem Kupfer (um die Bildung von Stickstoffoxiden zu verhindern), Kupferoxid und Calciumchlorid in eine Glasröhre auf dem Verbrennungsofen gebracht. Links wird die Röhre mit einem Gasentwicklungsrohr verbunden, das in einer Quecksilberwanne endet. Rechts schließt man einen Wasserstoffapparat an. Nun wird etwa zwei Stunden lang Wasserstoff durch die Apparatur geleitet. Anschließend wird die Röhre rechts zugeschmolzen. Durch Auflegen von glühenden Kohlen wird das Kupferoxid in der Röhre erhitzt. Es reagiert mit dem Wasserstoff unter Bildung von Wasser. Das Calciumchlorid bindet das Wasser, und man erhält so einen beinahe luftleeren Raum im Inneren der Verbrennungsröhre. Der entstehende Unterdruck kann durch das im Gasentwicklungsrohr aufsteigende Quecksilber beobachtet werden. Nun wird die zu untersuchende Substanz verbrannt, die entstehenden Gase werden in einer graduierten Glocke über Quecksilber aufgefangen. Anschließend kann das Verhältnis der Stickstoffmenge zur Kohlenstoffmenge bestimmt werden (z.B. durch die Entfernung des Kohlendioxids mittels Kalilauge).

Die zu untersuchende Substanz wird zusammen mit metallischem Kupfer (um die Bildung von Stickstoffoxiden zu verhindern), Kupferoxid und Calciumchlorid in eine Glasröhre auf dem Verbrennungsofen gebracht. Links wird die Röhre mit einem Gasentwicklungsrohr verbunden, das in einer Quecksilberwanne endet. Rechts schließt man einen Wasserstoffapparat an. Nun wird etwa zwei Stunden lang Wasserstoff durch die Apparatur



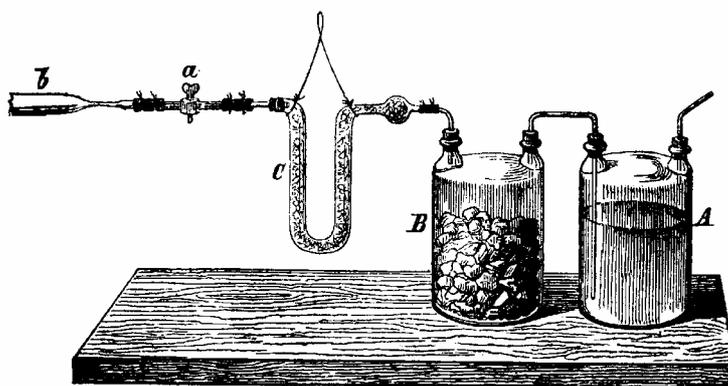
Auf dem Blatt sind links unten Bestandteile des Wasserstoffapparats im Detail dargestellt, rechts die nierenförmige Quecksilberwanne („pneumatischer Trog“) mit der Glocke zum Auffangen des Gases. Eine ähnliche Zeichnung findet sich auf einem weiteren für Kekulé gefertigten Blatt [→ 6.3.7.].

August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1, Erlangen 1861. – Ferenc Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, Braunschweig 1966, 287-306.

6.1.4. Kohlensäure-Entwickler zur Analyseapparatur

[*48] Bleistiftzeichnung, 11 x 17,3 cm; bez.: H. Dr. Schiel, [18]59

Bei der quantitativen Stickstoffbestimmung nach Dumas [→ 6.1.1.] wird die Luft aus dem Verbrennungsrohr vor Durchführung der Analyse durch CO_2 verdrängt. Zur Erzeugung des Kohlendioxids empfiehlt Schiel, zwei miteinander verbundene Wouffesche Flaschen zu benutzen, von denen die erste Schwefelsäure, die zweite Kreidestücke enthält und über ein mit Calciumchlorid als Trockenmittel gefülltes U-Rohr sowie einen Glashahn mit dem ausgezogenen Ende des Verbrennungsrohrs verbunden ist. Schließt man den Glashahn, saugt dann etwas Luft aus dem offenen Röhrchen der rechten Flasche, und öffnet den Hahn wieder, so gelangt etwas Säure auf die Kreide und entwickelt dort CO_2 , das durch die Apparatur strömt.



Gasbehälter, Holzstich aus: Jakob Schiel, *Anleitung zur organischen Analyse und Gasanalyse*, Erlangen 1860, 65, Fig. 43.

Der Holzstich in Schiels *Anleitung* stimmt einschließlich der beistehenden Buchstaben mit der Vorzeichnung überein.

Jakob Schiel, *Anleitung zur organischen Analyse und Gasanalyse*, Erlangen 1860, 65, Fig. 43.

CM

6.1.5. Verbrennungsofen, Detail

[*16] Bleistiftzeichnung, 16,2 x 15 cm; bez.: Prof. Erlenmeyer Feb [18]66 [verso: undeutliche Skizze eines Laborschanks?]

Die Skizze zeigt ein Detail eines speziellen Verbrennungsofens, in dem Substanzproben zur chemischen Analyse in geschlossenen Glasröhren über Gasbrennern erhitzt wurden. Das Gerät war ursprünglich vom Freiburger Chemieprofessor Lambert von Babo (1818–1899) neben anderer Labortechnik entwickelt worden. Erlenmeyer ließ diese Vorstudie für seinen 1866 in den *Annalen der Chemie* erschienen Aufsatz „Ueber einige Abänderungen an dem Verbrennungsofen mit Bunsen'schen Lampen und v. Babo'schem Gestell“ anfertigen.

Die Gesamtapparatur besteht aus einer Reihe von Bunsenbrennern, die ein Glasrohr erhitzen, welches auf einer Rinne liegt. Das Rohr ist von Tonkacheln umgeben (schraffiert gezeichnet), die die Temperatur konstant halten sollen. Zur Hitzeregulierung sind die Kacheln wegklappbar. Die Zeichnung stellt einen Querschnitt des Ofens dar, der im Ganzen aus einer Aneinanderreihung solcher Elemente besteht [→ 6.1.6.].

Erlenmeyers Abänderungen, die nicht alle in der Skizze auftauchen, sollten zur besseren Temperaturregulierung dienen. Er ersetzte die sonst übliche Metallrinne, auf der das Probenrohr liegt, durch gebrannten, feuerfesten Ton, um eine gleichmäßigere Hitzeabgabe durch die Bunsenbrenner zu gewährleisten. Des Weiteren modifizierte er die Tonkacheln, indem er beidseitig Nasen anbrachte (in der Publikation als *a* gekennzeichnet). Sie lenken die Flamme des Bunsenbrenners ab, damit diese das Glasrohr nicht berührt und somit die Gefahr eines Hitzebruchs oder des Schmelzens minimiert wird. Außerdem modifizierte Erlenmeyer das Mischrohr der Bunsenbrenner, um ein Rückschlagen der Flamme zu vermeiden.

Der von Babosche Verbrennungsofen erfreute sich anscheinend großer Beliebtheit, denn er wurde noch 1910 bzw. 1912 in Katalogen für Laborgeräte angeboten.

Emil Erlenmeyer, „Ueber einige Abänderungen an dem Verbrennungsofen mit Bunsen'schen Lampen und v. Babo'schen Gestell“, *Annalen der Chemie* 139 (1866), 70-75. Kensberg & Ulbrich, *Preis-Verzeichnis: Fabrik und Lager sämtlicher Metall-Apparate für chemische, technische, pharmaceutische und bakteriologische Laboratorien*, Berlin 1910, 97, Fig.90-896. Felix Bauer, *Laboratoriums-Apparate- und Utensilien*, Hamburg 1912, 270, Fig. 4972.

MM

6.1.6. Verbrennungsapparatur zur Elementaranalyse

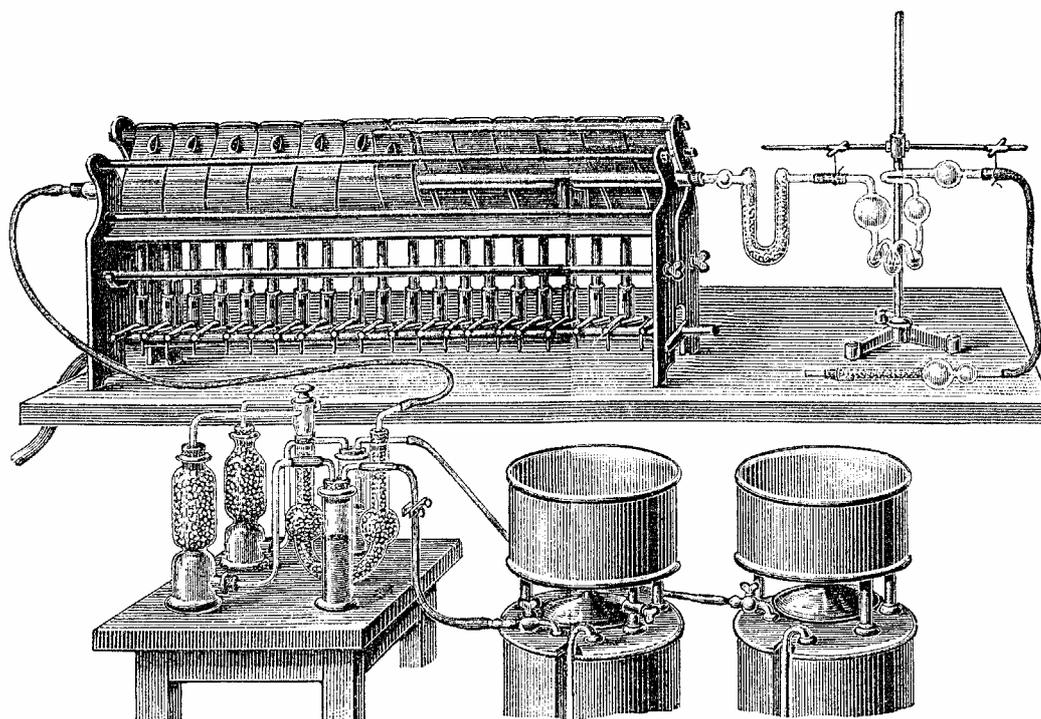
[*34] Bleistiftzeichnung, 24,5 x 29,2 cm, bez.: Im August [18]91 für H. Dr. Krafft [verso: Schülerzeichnung Akanthusblatt, bez.: Realsch. Hdbg. 4. März 1889, Wilh. Hahn, IV.a.]

Das Blatt zeigt den Entwurf für eine in Friedrich Kraffts *Kurzes Lehrbuch der Chemie* erschienene Abbildung einer Apparatur für die Elementaranalyse organisch-chemischer Verbindungen [→ 6.1.1.]. Damit war es möglich, den spezifischen Gehalt an Wasserstoff und Kohlenstoff in einer organischen Verbindung prozentual zu bestimmen.

Die Substanzen werden unter Zugabe von Kupferoxid als Oxidationsmittel kontrolliert verbrannt, die dabei erhaltenen Reaktionsprodukte aufgefangen und anschließend gravimetrisch bestimmt. Dazu wird nach Beendigung der Oxidation zunächst Sauerstoff, dann Luft durch die Apparatur geblasen, um die Verbrennungsprodukte in die Absorptionsgefäße auszutreiben. Hierfür dienen die im Vordergrund stehenden beiden Gasometer, deren Gasdruck reguliert werden kann. Links daneben mit Calciumchlorid (CaCl_2) und Schwefelsäure gefüllte Standgefäße zur vorherigen Trocknung der Gase.

Die Apparatur entspricht der im *Lehrbuch der Organischen Chemie* von Kekulé (Bd 1, S. 24) abgebildeten. Der Verbrennungsofen ähnelt dem Baboschen [→ 6.1.5.] und besteht aus einem Gestell, durch dessen Mitte eine Röhre verläuft, in die man die zu analysierende Substanz samt einem Oxidationsmittel einbringt. Die Verbrennungsröhre wird durch 20 bis 25 Brenner erhitzt und ist von aufklappbaren Tonkacheln umgeben, die eine gleichmäßige Erhitzung und eine Kontrolle der Temperatur entlang der Röhre gewährleisten.

Am rechten Ausgang des Verbrennungsrohrs befindet sich ein U-Rohr, in dem das bei der Verbrennung entstandene Wasser durch CaCl_2 absorbiert wird. Diesem folgt ein sogenannter ‚Geisslerscher Apparat‘ – eine Fortentwicklung des Liebigschen Fünfkugelapparats –, benannt nach dem Bonner Glasbläser und Instrumentenbauer Heinrich Geissler und hier darüber noch einmal vergrößert herausgezeichnet. Er besteht aus einer



Verbrennungsapparatur, Holzstich aus: Friedrich Krafft, *Kurzes Lehrbuch der Chemie, Bd 2: Organische Chemie*, Leipzig, Wien 1893, 20, Fig. 6.

Reihe von kompakt verbundenen Glaskugeln, die so angeordnet sind, dass das Ganze auf der Waagschale zum Stehen kommt. Hier wird vor der Analyse eine gewisse Menge von Kalilauge eingewogen, und durch die Form des Apparats sind die Verbrennungsgase gezwungen, die einzelnen Kugeln zu durchströmen. Dank der speziellen Anordnung der Kugeln wird das bei der Verbrennung entstandene CO_2 vollständig in der Lauge absorbiert und kann anschließend gravimetrisch bestimmt werden. Zum Schutz gegen atmosphärische Feuchtigkeit dient ein weiteres CaCl_2 -Rohr am rechten Ausgang.

Mit der Waage bestimmt wurden die Massen der zu untersuchenden Substanz, des gebildeten Wassers und des im Geisslerschen Apparat gebundenen CO_2 . Daraus ließ sich dann der Gehalt der Probe an Kohlenstoff und Wasserstoff berechnen.

Friedrich Krafft, *Kurzes Lehrbuch der Chemie, Bd 2: Organische Chemie*, Leipzig, Wien 1893, 20, Fig. 6. – August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1, Erlangen 1861, 24.

NS

6.1.7. Apparatur für die Elektrolyse

[*25] Bleistiftzeichnung 20,5 x 26,7 cm; bez.: H. Dr. Kekulé 1858 / Vth

Mit der dargestellten Apparatur können Elektrolysen durchgeführt und die dabei entstehenden Gase getrennt voneinander aufgefangen werden. Links unten ist der linke Teil der Gesamtapparatur zu sehen, der daran anschließende Teil wird darüber gezeigt. Das

Eudiometer, das sich in der Gesamtapparatur rechts befindet und nur unvollständig dargestellt ist, ist auf der rechten Seite des Blattes komplett zu sehen.

Der für die Elektrolyse nötige Strom wird von mehreren miteinander verbundenen galvanischen Elementen geliefert (links). Vermutlich wurden Zink-Kohle-Elemente („Bunsen-Elemente“) oder Grovesche Zellen [→ 5.1.7.] verwendet. Die Elektrolyse der zu untersuchenden Flüssigkeit findet in einem Glasrohr statt. Die entstehenden Gase werden an den beiden Elektroden getrennt voneinander aufgefangen und weitergeleitet. Das eine Gas wird zunächst durch einen mit Flüssigkeiten oder Feststoffen gefüllten Kugelapparat geleitet und dabei gereinigt (z.B. Calciumchlorid zur Trocknung). Anschließend kann das Gas in einem Reagenzglas unter Quecksilber (oder einer anderen Flüssigkeit) aufgefangen werden. Das zweite Gas wird zur Reinigung durch mehrere, hintereinander geschaltete Fünfkugelapparate geleitet. Schließlich kann es in einem mit Flüssigkeit gefüllten Eudiometer aufgefangen werden. Das einströmende Gas verdrängt die Flüssigkeit und sammelt sich im oberen Bereich des Glasrohrs. Anhand einer Skala wird das Volumen bestimmt. Das Gas kann anschließend außerhalb des Eudiometers weiter analysiert werden.

Die im Eudiometer befindlichen Elektroden können zur Zündung eines Gasgemischs genutzt werden. Befindet sich z.B. ein Gemisch aus Sauerstoff und einem anderen Gas im Eudiometer, so wird vom rechten Zugang Wasserstoff eingeleitet, ein Funken lässt Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser reagieren (Knallgasreaktion). Das Volumen der übrigen Bestandteile des Gasgemisches lässt sich nun ablesen.

Ob die signierte und mit der Preisangabe von 3 fl. versehene Zeichnung als Vorlage für eine Publikation gedient hat, ließ sich nicht ermitteln.

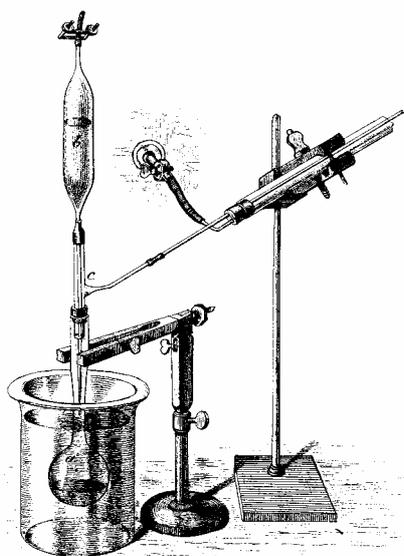
MS

6.1.8. *Analyse von Chlorschwefel*

[*23] Bleistiftzeichnung 42,7 x 32 cm [auf gleichem Bl. wie → 6.1.1., untere Hälfte]; bez.: für Dr. Carius, Apr. [18]57 / linker Teil bez.: H. Dr. Kekulé, 1858 [→ 6.1.9.]

Zusammen mit anderen für Kekulé angefertigten Zeichnungen skizzierte Veith auf diesem Blatt eine Apparatur für Ludwig Carius, der damals als Assistent bei Bunsen am Chemischen Institut versuchte, Licht in die elementare Zusammensetzung des Chlorschwefels – modern: S_2Cl_2 – zu bringen. Dazu untersuchte Carius dessen sehr heftig verlaufende Reaktion mit Alkohol, bei der Salzsäure und Schwefel freigesetzt werden. Die von Carius erhaltenen Formeln sind aus heutiger Sicht nicht haltbar; allerdings sind die Verhältnisse in diesem System kompliziert, da sich elementarer Schwefel in S_2Cl_2 leicht löst und damit eine andere Zusammensetzung vortäuscht.

Der flüssige Chlorschwefel wird in einem langhalsigen Kolben, der in einer Kältemischung steht, vorgelegt. Von oben wird aus einem Glasgefäß über eine ausgezogene Pipettenspitze Alkohol zugetropft. Aus dem dazwischengeschalteten Destillationsaufsatz entweichen die gasförmigen Reaktionsprodukte (vorwiegend Salzsäure und Chloroethan) und werden im angeschlossenen Rückflusskühler kondensiert. Bis zum Abschluss der Umsetzung weist dieser zunächst aufwärts und lässt das Destillat in den Re-



Reaktionsgefäß, Lithographie, 11 x 9,5 cm, bez.: Lith. v. S. Reis in Giessen; aus: Ludwig Carius, „Ueber die Chloride des Schwefels“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 106 (1858), 291-336, Taf. I, Fig. 1

aktionskolben zurückfließen; anschließend senkt man ihn ab und fängt das Destillat in einem – hier nicht gezeigten – U-Rohr in einer Kältemischung auf.

Es ist dies einer der wenigen Fälle, in denen Veith Vorzeichnungen für unterschiedliche Auftraggeber auf ein und demselben Blatt aufbewahrte. Bei der Zusammenstellung des Konvoluts hat er solche Blätter später wohl in der Regel zerschnitten und nach den Namen der Auftraggeber abgelegt, was aber bei diesem großen, gefalteten Doppelblatt nicht geschah.

Ludwig Carius, „Ueber die Chloride des Schwefels“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 106 (1858), 291-336, Taf. I, Fig. 1.

CM

6.1.9. Bestimmung der Dampfdichte nach Gay-Lussac und Natanson

[*23] Bleistiftzeichnung 42,7 x 32 cm (auf gleichem Bl. wie → 6.1.1., untere Hälfte); bez.: H. Dr. Kekulé, 1858 / rechter Teil bez.: für Dr. Carius, Apr. [18]57 [s.o. → 6.1.8.]

Die linke Apparatur (1) dient der Bestimmung der Dampfdichte nach Gay-Lussac (Kekulé, S. 50). Ein dünnwandiges Glaskügelchen wird vollständig mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und zugeschmolzen. Dann wird es in eine graduierte, mit Quecksilber gefüllte Glasglocke gebracht, die in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäß aus Eisen steht. Die Glasglocke wird mit einem weiteren Glaszylinder umgeben, den man mit Wasser oder Öl anfüllt. Mit Hilfe eines kleinen Ofens, auf dem die Apparatur steht, wird erhitzt. Durch die Ausdehnung der Flüssigkeit zerburst zunächst die dünnwandige Glaskugel und die enthaltene Flüssigkeit verwandelt sich bei Erhöhung der Temperatur nach und nach in Dampf. Ein Eisenstab mit Messskala misst den Unterschied des Quecksilberstandes zwischen Innen- und Außenbereich der Glocke. Aus diesem Wert lässt sich dann schließlich, unter Berücksichtigung verschiedener anderer Parameter (Dampfvolumen, Temperatur des Bades und der Luft, Luftdruck), das spezifische Gewicht des Dampfes berechnen. Die beschriebene Methode liefert nur bei Verbindungen, deren Siedepunkt bei maximal 100 °C liegt, zuverlässige Ergebnisse. Bei höheren Temperaturen ist eine gleichmäßige Erwärmung des Wasserbades nicht mehr möglich – und es können sich gesundheitsschädliche Dämpfe entwickeln.

Eine Modifikation der Methode zur Bestimmung des Dampfdrucks bei hohen Temperaturen wurde von Jakub Natanson entwickelt (Abb. 2 bei Veith; Kekulé, S. 52). Statt von unten zu erhitzen, wird bei dieser Methode die Glasglocke von der Seite erwärmt. Um

dies zu erreichen, werden zwischen zwei Blechwände, die die Apparatur umgeben, glühende Kohlen gefüllt. Einschnitte in den Blechwänden ermöglichen ein Ablesen des Dampfolumens im Inneren.

Mit dem voranstehenden Blatt ist dies einer der wenigen Fälle, in denen Veith Vorzeichnungen für unterschiedliche Auftraggeber auf ein und demselben Blatt aufbewahrte.

August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [1. Lieferung, 1859], Erlangen 1861, 52.

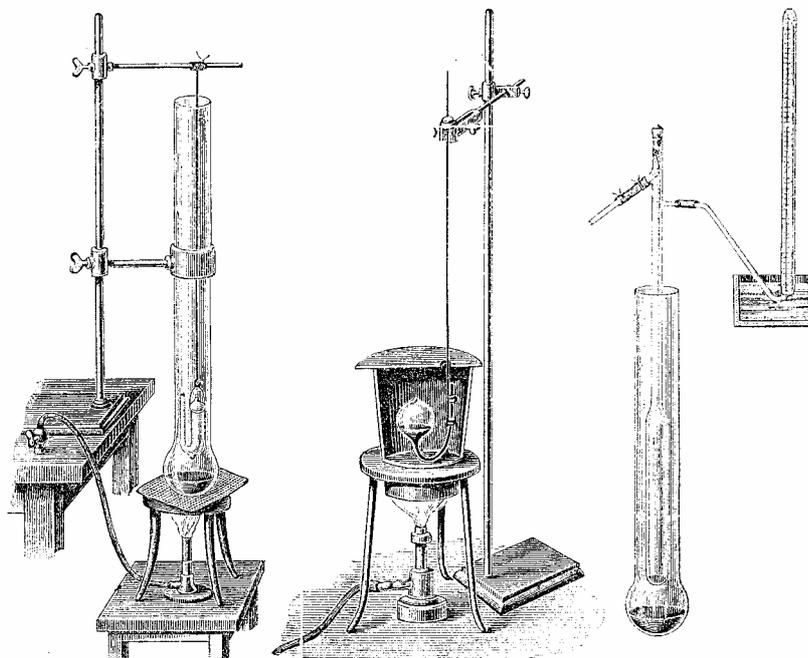
MS

6.1.10. Volumetrische Bestimmung der Molekularmasse

[*35] Bleistiftzeichnung, 18 x 16 cm, bez.: Agst [18]91, Dr. Krafft, rechts! S. 43 / mitte! Roscoe St. 85 / links! Seite 40 [verso: Bleistiftschraffuren, bez.: Realsch. Heidelberg, den 26. Jan.]

Auf der Zeichnung sind drei Apparate abgebildet. Ihr Zweck ist die Bestimmung der Molekularmasse einer Verbindung. Interessant an der Zeichnung sind die mit Bleistift eingetragenen Hinweise auf „rechts!“, „mitte!“ und „links!“ sowie die Seitenzahlen „St. 43“, „Roscoe St. 85“ und „Seite 40“. Sie bezeichnen die Stellen, wo die Abbildungen in Kraffts *Kurzes Lehrbuch der Chemie* erscheinen sollten.

Aus den Zustandsgleichungen für ideale Gase lässt die Anzahl von Molekülen in einem Gas berechnen, wenn das Volumen, das es einnimmt, seine Temperatur und der herrschende Druck bekannt sind. Sind Anzahl der Moleküle und Masse der Probe bekannt, so kann man sehr einfach auf die Molekularmasse schließen. Die drei hier vorgestellten Apparate wurden von Viktor Meyer entwickelt und zur Messung von Druck und Volumen eingesetzt; die Temperatur las man an einem Thermometer ab, womit die drei entscheidenden Variablen definiert waren.



Volumetrische Bestimmung der Molekularmasse, Holzstich, aus: Friedrich Krafft, *Kurzes Lehrbuch der Chemie*, Bd 2: *Organische Chemie*, Leipzig, Wien 1893, 32, Fig. 13, 14 u. 15.

Der rechts stehende Apparat besteht aus einem kleinen U-förmigen Rohr, an dem ein Ende offen und das andere geschlossen ist. Es hängt an einem Faden in einem langen Heizzylinder. Das U-Rohr wird mit Quecksilber gefüllt und verhält sich dementsprechend wie ein Barometer; am geschlossenen Ende bildet sich ein luftleerer Raum, in den die Probesubstanz eingebracht wird. Im kugelförmigen Boden des Heizzylinders befindet sich eine Flüssigkeit, die mit Hilfe eines Bunsenbrenners erhitzt wird. Der aufsteigende Dampf erwärmt das U-Rohr, die darin enthaltene Substanz geht in den gasförmigen Zustand über und verdrängt einen Teil des Quecksilbers durch das offene Ende. Das Volumen des verdrängten Quecksilbers gibt Aussagen über das Volumen, das das Gas eingenommen hat, und über den herrschenden Druck.

Der Apparat in der Mitte funktioniert nach demselben Prinzip. Er wurde bei der Analyse von Substanzen verwendet, bei denen die Siedetemperatur sehr hoch liegt. Um die Probe zu erwärmen wird Schwefel zum Sieden gebracht und der Vorgang in einem geschlossenen Tiegel aus Eisen durchgeführt. Auch hier liefert das Volumen der verdrängten Flüssigkeit Informationen über Druck und Menge des eingeschlossenen Gases.

Die dritte Vorrichtung links funktionierte nach dem Prinzip der Luftverdrängung. Die Substanz wird an der obersten Stelle des mittleren Glasrohrs gehalten, welches mit Dampf erwärmt wird. Nachdem der Apparat eine konstante Temperatur erreicht hat, wird über dem Ansatz an der linken Seite des Rohrs die Substanz freigesetzt, fällt auf den heißen Boden und verdampft. Der Dampf entweicht durch das rechts angeschlossene Glasrohr und wird in einem über Wasser umgestülpten wassergefüllten Messzylinder aufgefangen. An dessen Skala kann das Volumen abgelesen werden. Dabei werden für Temperatur und Druck Raumbedingungen angenommen.

Friedrich Krafft, *Kurzes Lehrbuch der Chemie, Bd 2: Organische Chemie*, Leipzig, Wien 1893, 32, Fig. 13, 14 u. 15.

NS

6.1.11. Molekularmassenbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung

[*36] Bleistiftzeichnung, 20,3 x 17,6 cm, bez.: Agst [18]91, f. Dr. Krafft [verso: Schülerzeichnung eines stilisierten Efeublattes, bez.: Sept [18]88, Gg. Kolb IV.a.]

Die Zeichnung stellt eine Vorrichtung für die Bestimmung der Molekularmasse von gelösten Substanzen dar. Sie ist ein Entwurf für die entsprechende Abbildung in Kraffts *Kurzes Lehrbuch der Chemie* von 1893.

Durch Lösen einer Substanz in einem Lösungsmittel (z.B. Wasser) wird der Gefrierpunkt gesenkt. Der Vergleich der Festpunkte eines Lösungsmittels vor und nach der Zugabe einer Substanz ist das Grundprinzip der hier angewandten Methode. Die Grundlage dafür hatten die Arbeiten des Chemikers François Marie Raoult gelegt. Folgende drei Variablen werden bestimmt: die Gefrierpunktserniedrigung, die eingebrachte Masse des gelösten Stoffes und die für das jeweilige Lösungsmittel charakteristische, empirisch ermittelte Molekulardepression. Letztere gibt an, wie groß die Temperaturerniedrigung (in °C) des Gefrierpunktes ist, wenn in 100 g Flüssigkeit ein Mol einer bestimmten Substanz gelöst wird. Die Molekularmasse des gelösten Stoffes läßt sich aus den drei genannten Variablen berechnen.

Mit Hilfe des Apparats werden die zwei Gefrierpunkte ermittelt, aus denen sich die Gefrierpunktserniedrigung ergibt. Dafür werden in einem langen, reagenzglasförmigen Zylinder außer dem verwandten Lösungsmittel ein Thermometer und ein Rührer angebracht. Diese ragen in der Zeichnung im oberen Teil heraus. Der Zylinder hat einen seitlichen Ansatz, durch den die zu untersuchende organische Verbindung hinzugefügt wird. Um das Lösungsmittel bis zum Erstarren abzukühlen, befindet sich im äußeren Glaskolben eine Kühlflüssigkeit sowie ein Rührer. Ein dritter Glaszylinder verhindert den Kontakt zwischen Kühlflüssigkeit und Probe.

Friedrich Krafft, *Kurzes Lehrbuch der Chemie, Bd 2: Organische Chemie*, Leipzig, Wien 1893, 36, Fig. 16.

NS

6.1.12. Theorie des Schießpulvers

[*5] Bleistiftzeichnung, 21,7 x 30,8 cm, bez.: Hofr. Bunsen (1856)

Im Krimkrieg (1853–1856) waren neuartige Hinterladergewehre zum Einsatz gekommen, zu deren Optimierung die Zusammensetzung des Pulvers und die Druckverhältnisse im Gewehrlauf neu bedacht werden mussten, zumal die vorhandenen Druckschätzungen um den Faktor 100 differierten.

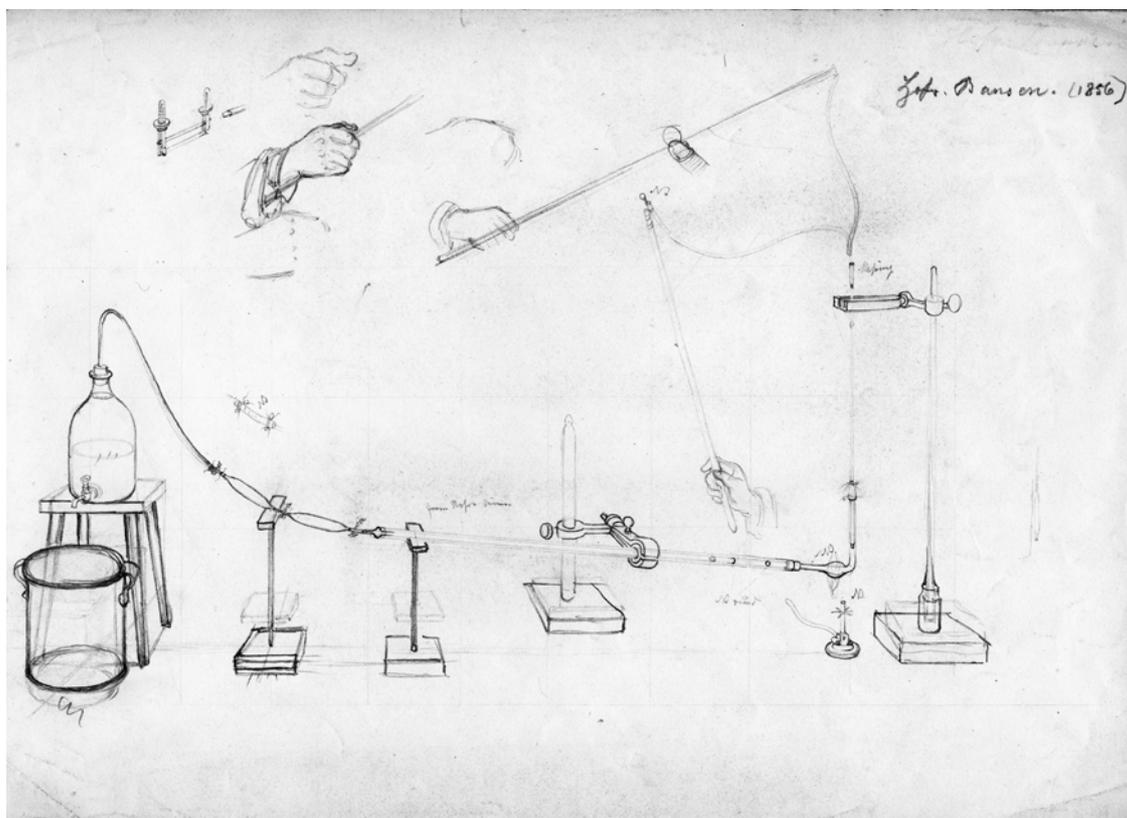
Die grundlegenden Untersuchungen auf diesem Gebiet wurden von Bunsen 1857 gemeinsam mit seinem russischen Schüler, dem Artillerieoffizier Leon Schischkov (1809–1908), und vermutlich auf dessen Anregung hin, vorgenommen. Die 1857 in Poggendorffs *Annalen*, der führenden deutschsprachigen Physik-Zeitschrift, publizierte Arbeit gilt auch methodisch als Pionierarbeit, weil sie – in thermodynamischer Perspektive – chemische und physikalische Fragestellungen konsequent miteinander verknüpft. Dieser disziplinübergreifende Ansatz ist zweifellos Bunsens Verdienst. Er verband die chemische Untersuchung der festen und gasförmigen Verbrennungsprodukte mit der physikalischen Bestimmung von Temperatur, Druck und geleisteter Arbeit.

Die Zeichnung zeigt den zur Gewinnung der Verbrennungsprodukte des Schießpulvers dienenden Teil der Apparatur.

Aus einer vulkanisierten Kautschukröhre, die mit Pulver gefüllt und über eine Messinghülse mit feiner Öffnung auf eine lange Glasröhre gesteckt ist, fällt ein dünner Strahl Pulver in eine Glaskugel und wird dort durch einen Bunsenbrenner zur Explosion gebracht. Beim Aufstecken des Kautschukrohres auf die Hülse muss dieses abwärts gehalten werden, um das vorzeitige Herabfallen der Körner zu verhindern. Der Rauch und die festen Verbrennungsprodukte bleiben nahezu vollständig in der Kugel und im langen Röhrenfortsatz zurück und können anschließend gravimetrisch bestimmt werden. Die gasförmigen Produkte werden – zur Verringerung der Explosionsgefahr – von einer als ‚Aspirator‘ ausgelegten Wasserflasche mit Ausfluß über ein langes, ummanteltes Glasrohr angesaugt und in gläserne Ampullen geleitet. Diese werden mit Schlauchklemmen (oben links herausgezeichnet) verschlossen, welche Bunsen damals gerade erfunden hatte, und dann den von Bunsen entwickelten gasanalytischen Verfahren unterworfen.

Aber auch die Sinnesorgane des Experimentators kamen zum Einsatz: Wenn man die aufgefangenen Verbrennungsgase mit dem Mund einsog, schmeckten sie nach Kohlen-

säure; und wenn man sie durch die Nase entweichen ließ, bemerkte man kaum erkennbare Spuren von Schwefelwasserstoff, sah aber keine roten Dämpfe (nitrose Gase).



Ungewöhnlich ist die in verschiedenen Stellungen gezeichnete Hand des Experimentators, die auch in die publizierte Tafel übernommen wurde. Die Hand führt einen langen Stab, mit dessen Hilfe man die Pulverkapsel in das Fallrohr gibt und damit zugleich einen Sicherheitsabstand zur Explosionskammer herstellt. Denn Bunsen hatte sich beim Experimentieren mehrfach verletzt und dabei sogar ein Auge verloren. So lassen sich die von Veith gezeichneten Hände zugleich als künstlerische Abbeviatur für das große manipulative Geschick lesen, welches derartige Versuche erforderten.

Robert Bunsen u. Leon Schischkoff, „Chemische Theorie des Schießpulvers“, *Annalen der Physik und Chemie* 102 (1857), 322-353. – Robert Bunsen, *Gasometrische Methoden*, Braunschweig 1857, Fig. 13 (Schlauchklemme). – Seymour H. Mauskopf, „Bridging Chemistry and Physics in the Experimental Study of Gunpowder“, in: *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, hg. v. Frederic L. Holmes u. Trevor L. Levere, Cambridge/Mass. 2000, 335-365.

KM

6.2. DARSTELLUNG VON CHEMISCHEN VERBINDUNGEN

Bereits während seiner Zeit als Heidelberger Privatdozent (1855–1858) hatte Kekulé, ausgehend von seinen neuen theoretischen Ansätzen der Strukturchemie, begonnen, ein *Lehrbuch der Organischen Chemie* zu verfassen, das vom Juni 1859 an in Teillieferungen erschien, und zu dessen erstem Band Friedrich Veith die Abbildungsvorlagen gezeichnet hatte [s.a. → 6. auf S. 74]. Als der erste Band schließlich 1861 fertiggestellt war, war Kekulé bereits Professor für Chemie an der Staatsuniversität Gent, und die abgerissene Verbindung zu seinem Zeichner könnte erklären, weshalb vom zweiten Band an Abbildungen gänzlich fehlen. Das Lehrbuch erfuhr große Anerkennung unter den Zeitgenossen und hatte einen erheblichen Einfluss auf die weitere Entwicklung der Organischen Chemie. Es blieb jedoch unvollendet; denn aufgrund der rasanten Entwicklung der Organischen Chemie wäre eine vollkommene Überarbeitung nötig gewesen – und diese Arbeit wollte Kekulé nicht mehr auf sich nehmen.

Drei der von Friedrich Veith in Heidelberg für Kekulé angefertigten Bleistiftzeichnungen zeigen Apparaturen, die zur Darstellung von organischen Verbindungen verwendet werden können. Die im Folgenden vorgenommene Beschreibung folgt den Ausführungen in Kekulés *Lehrbuch*, auch wenn – und das ist wohl eine Eigenheit chemischer Apparaturen – die gleichen Aufbauten auch für andere Zwecke benutzt werden können.

August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1, Erlangen 1861. – Richard Anschütz, *August Kekulé: Leben und Wirken*, Bd 1, Berlin 1929, 156-165.

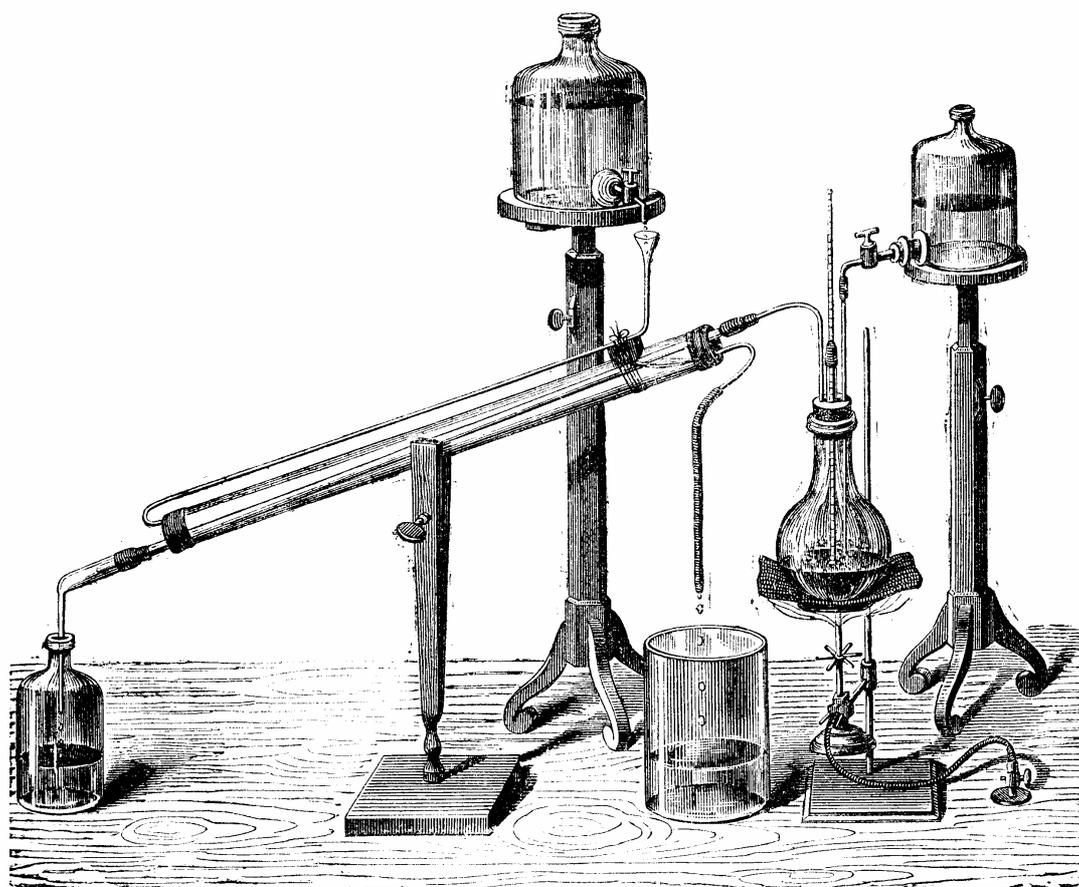
MS

6.2.1. Apparatur zur Darstellung von Aether

[*26] Bleistiftzeichnung, 20,5 x 27,7 cm; bez.: H. Dr. Kekulé 1858 / Vth

Die von Veith signierte Zeichnung einer Destillationsapparatur diene offensichtlich als Vorstudie für eine Abbildung, die im ersten Band von Kekulés *Lehrbuch der Organischen Chemie* im Kapitel „Aethylverbindungen“ zu finden ist. Kekulé beschreibt anhand der Zeichnung die „Methode der kontinuierlichen Aetherbereitung“, bei der sich die Alkoholmoleküle unter Wasserabspaltung (Kondensation) zu Ether verbinden.

In einem Kolben wird mit einem Gasbrenner (Bunsenbrenner) ein Gemisch aus Schwefelsäure und Alkohol erhitzt. Sobald das in die Flüssigkeit eintauchende Thermometer 140 °C anzeigt, gibt man aus dem auf der rechten Seite auf einem Stativ stehenden Vorratsgefäß über ein Rohr Alkohol zu, so dass der Flüssigkeitspegel im Kolben konstant bleibt. Neben dem Kolben hat Veith handschriftlich vermerkt: „N[ota] B[ene:] Blasen.“ Um das gasförmige Reaktionsprodukt zu kondensieren, setzt man einen Rückflusskühler (Liebigkühler) ein, der damals noch nicht aus einem Stück bestand, sondern aus zwei ineinander geschobenen, mit Kork- oder Kautschukstopfen fixierten Glasrohren. Aus einem Vorratsbehälter wird von oben kontinuierlich Wasser durch die Röhre des Kühlers geleitet. Das Wasser wird unten in einem Becherglas aufgefangen. Das Destillat kondensiert im Kühler und fließt in die Glasflasche, um anschließend noch weiter aufgereinigt zu werden.



Reaktionsapparatur, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [2. Lieferung, Herbst 1860], Erlangen 1861, 409.

MS

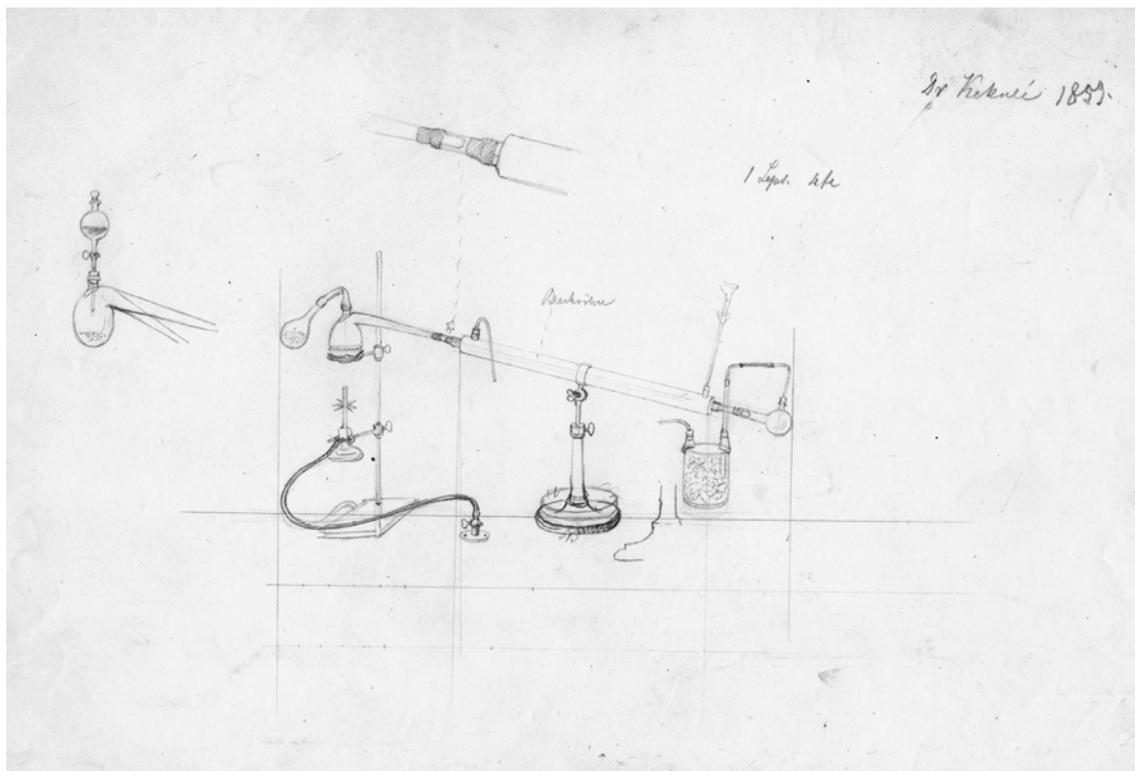
6.2.2. Apparatur zur Darstellung von Acetylchlorid

[*27] Bleistiftzeichnung, 21,9 x 30,1 cm; bez.: Dr. Kekulé 1859 / 1. Sept

Die Zeichnung zeigt eine Destillationsapparatur. Es handelt sich dabei offensichtlich um eine Vorstudie für zwei Abbildungen, die in Kekulé's *Lehrbuch der Organischen Chemie* (Bd 1) im Kapitel „Acetylverbindungen“ zu finden sind. Bei den Zeichnungen im *Lehrbuch* handelt es sich um Varianten der Apparatur, die sich durch das auf den Reaktionskolben aufgesetzte Kölbchen unterscheiden. Der alternative Aufsatz ist auf der Zeichnung von Veith auf der linken Seite neben der Apparatur zu sehen. Darüber befindet sich eine Detailzeichnung des Verbindungsstücks zwischen Kolben und Rückflusskühler. Kekulé beschreibt anhand der Zeichnungen die Darstellung von Acetylchlorid.

Für die Synthese von Acetylchlorid können verschiedene Ausgangsverbindungen verwendet werden. In der Retorte auf der linken Seite der Apparatur lässt man z.B. Essigsäure aus dem aufgesetzten Glaskölbchen (Variation ganz links bei Veith bzw. obere Abbildung im Lehrbuch) auf Phosphorpentachlorid tropfen. Alternativ kann auch ein essigsäures Salz verwendet werden. In diesem Fall wird ein Glaskölbchen mit Kau-

tschukschlauch verwendet (links als Teil der gezeigten Gesamtapparatur bei Veith bzw. untere Abbildung im *Lehrbuch*). Durch wiederholtes Anheben des Kölbchens lässt man das Salz nach und nach in die Retorte fallen. Senkt man das Kölbchen wieder, bildet der Kautschukschlauch einen dichten Verschluss zum Reaktionsgefäß. Das Reaktionsgemisch wird mit einem Gasbrenner erhitzt. Das entstehende Acetylchlorid kondensiert im Rückflusskühler und sammelt sich in einem Kolben auf der rechten Seite der Apparatur. Die entstehende Salzsäure wird in einer mit Kalk gefüllten Flasche aufgefangen. Da die bei der Reaktion entweichenden Dämpfe die Atemwege angreifen, muss darauf geachtet werden, dass die Apparatur vollständig abgeschlossen ist.



Bemerkenswert ist, dass die beiden alternativen Aufbauten in Kekulé's *Lehrbuch* jeweils komplett dargestellt sind, während Veith in seiner Vorzeichnung der Einfachheit halber lediglich den alternativen Retortenaufsatz andeutet.

August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1, Erlangen 1861, 549-590, Abb. auf S. 569.

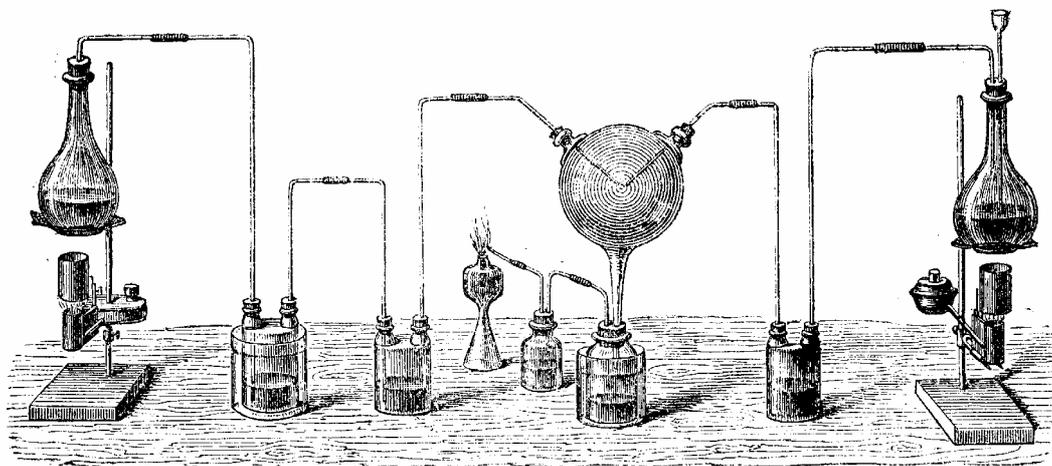
MS

6.2.3. Apparatur zur Darstellung von Aethylenchlorid

[*28] Bleistiftzeichnung, 22 x 27,5 cm; bez.: H. Dr. Kekulé 1858 [verso: zwei flüchtige Skizzen für Destillationsvorrichtungen, eine davon offenbar Entwurf für → 6.3.3.]

Die gezeichneten Komponenten sind Bestandteile einer Apparatur, die für die Darstellung von Aethylenchlorid aus Ethen und Chlorgas genutzt werden kann. Es handelt sich um eine so genannte Additionsreaktion. Unter Auflösung der Doppelbindung geht jedes Kohlenstoffatom des Ethens eine Bindung mit einem Chloratom ein. Kekulé's *Lehrbuch*

der *Organischen Chemie* (Bd 1) zeigt die fertig zusammengestellte Versuchsanordnung im Kapitel „Aethylderivate“. Wie auch bei anderen Blättern hat der Zeichner Friedrich Veith hier den modularen Aufbau solcher Apparaturen in sein Verfahren der Bildkomposition übernommen.

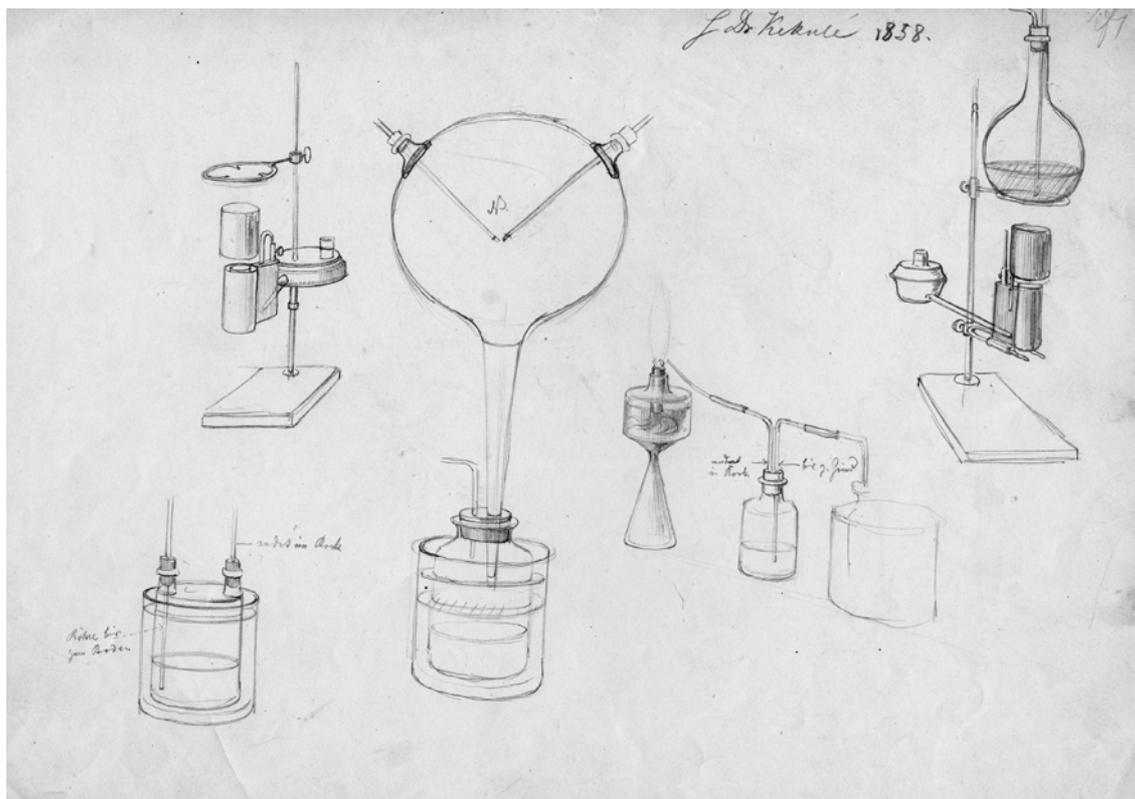


Reaktionsapparatur, Holzstich aus: August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd 1 [3. Lieferung 1861], Erlangen 1861, 638.

Man leitet Chlorgas und Aethylen (Ethen) über zwei dünne Röhren in einen Glasballon. Die beiden Gase reagieren unter Bildung von flüssigem Aethylenchlorid (Ethyldichlorid/1,2-Dichlorethan, $C_2H_4Cl_2$), das in einer Flasche aufgefangen wird. Das nicht zur Reaktion gekommene Gas wird durch eine Waschflasche geleitet. Das Chlorgas reagiert mit der darin befindlichen Flüssigkeit (z.B. Natronlauge) und ist somit gebunden, das Ethen wird weitergeleitet und an einer Öl- oder Spirituslampe verbrannt. Chemisch ist das Ganze nicht sonderlich interessant und war vielleicht als Demonstrationsversuch für die Vorlesung gedacht.

Historisch interessanter sind die dargestellten Heizquellen. Bis zur Einführung von Stadtgas seit der Mitte des 19. Jahrhunderts waren Öl- oder Spiritusbrenner neben Holzkohleöfen die wichtigsten Wärmequellen in Laboratorien. Neben der offenen Flamme (Mitte) verwendete man Lampen mit zylindrischem Docht und einer zentralen Luftzufuhr, die für bessere Verbrennung sorgte. Diesen Bautyp hatte François Pierre Argand 1780 erfunden; seit 1784 war er durch ein englisches Patent geschützt. Zusätzlich verhindert ein aufgesetzter zylindrischer Schornstein das Flackern der Flamme. In der links gezeigten Version läßt sich das dosenförmige Spiritusreservoir auf dem Stativ verschieben, die Flamme hat einen festen Abstand zum Stativ. Das Reservoir der rechten Variante ist an einem längeren Metallrohr angebracht und gleicht so das Gewicht des Brenners aus. Dieser ist auf einer am Stativ befestigten Gabel verschiebbar, so dass die Flamme genau unter dem Kolben positioniert werden kann. Bei beiden Brennern läßt sich der Spalt zwischen Brenner und aufgesetztem Zylinder regulieren.

August Kekulé, *Lehrbuch der Organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen*, Bd. 1, Erlangen 1861, 637-638, Abb. auf S. 638. – R.G.W. Anderson, *The Playfair Collection and the Teaching of Chemistry at the University of Edinburgh, 1713-1858*, Edinburgh 1978, 101-102.



[*28] Bleistiftzeichnung, 22 x 27,5 cm; bez.: H. Dr. Kekulé 1858 [→ 6.2.3.].

6.2.4. Reduktionsapparatur

[*29] Bleistiftzeichnung, 42,3 x 30,6 cm [auf gefaltetem Bogen mit 6.3.2.]; bez.: für Dr. Kekulé 1858

Mit der Apparatur können Reduktionen mit Wasserstoffgas durchgeführt werden. Wahrscheinlich wurde sie von Kekulé in seiner Vorlesung zur Organischen Chemie für Demonstrationsversuche verwendet. Der linke Teil der Apparatur dient der Herstellung des Gases. In der horizontalen Reaktionsröhre reagiert dieses dann mit einer anderen Verbindung zum Endprodukt, das dann rechts im Eisbad in einem U-Rohr aufgefangen wird (flüssiges Produkt) oder aus dessen Öffnung entweicht (gasförmiges Produkt).

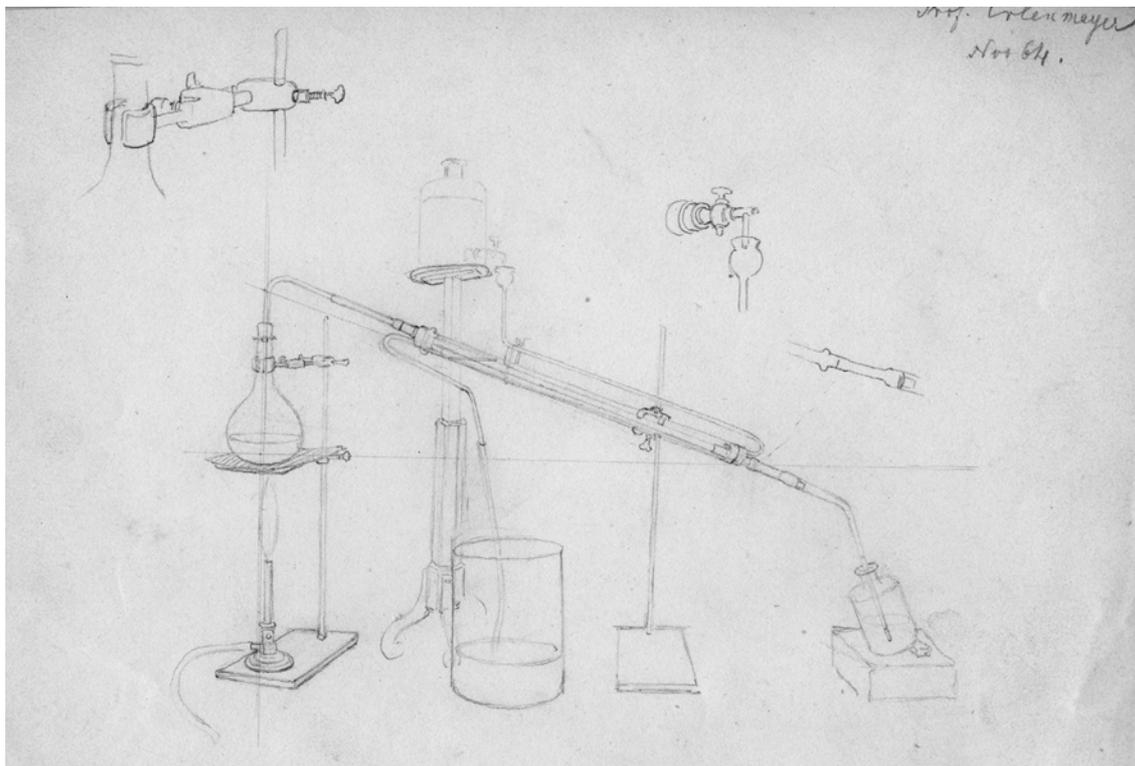
Die Apparatur eignet sich z.B. für die Synthese von Wasser. Der Bereich links vom Reaktionsrohr dient in diesem Fall der kontinuierlichen Wasserstoffproduktion. Man tropft langsam eine Säure (z.B. Schwefelsäure) in den linken Glasbehälter, der Wasser und Zinkspäne enthält. Das freiwerdende Wasserstoffgas steigt nach oben, Flüssigkeitströpfchen werden in einer mit Watte oder Glaswolle gefüllten Kugel zurückgehalten. Im daran angeschlossenen Chlorcalciumrohr wird das Wasserstoffgas getrocknet. In der horizontalen Reaktionsröhre, die von unten mit einem Gasbrenner erhitzt wird, befindet sich ein Oxid (z.B. Kupferoxid), das den Wasserstoff zu Wasser oxidiert. Der Wasserdampf kondensiert rechts in einem mit Eis gekühlten U-Rohr zu Wasser und kann durch den unteren Ablauf in einem Kolben gesammelt werden. Ob die Zeichnung als Vorlage für eine Publikation gedient hat, ließ sich nicht ermitteln.

6.2.5. Apparatur zur Darstellung von Äther nach Boullay und 6.2.6. Detail des Reaktionsgefäßes

[*17] Bleistiftzeichnung, 18,1 x 23,4 cm; bez.: Prof. Erlenmeyer, Nov [18]64;

[*18] Bleistiftzeichnung, 22,6 x 15 cm; bez.: Prof. Erlenmeyer Agt [18]66 [verso: → 6.3.4.]

Es handelt sich um eine Destillationsapparatur zur Darstellung von Äther nach dem Verfahren des Pariser Apothekers Polydore Boullay (1806–1835). Im linken Kolben, der im Stativ auf dem –von Erlenmeyer in die Labortechnik eingeführten – Asbestnetz steht, wird über einem Bunsenbrenner ein Gemisch aus Schwefelsäure und Weingeist erhitzt und in dem in der Mitte abgebildeten Rückflusskühler kondensiert. Da in den Laboratorien noch nicht überall fließendes Wasser zur Verfügung stand, musste das Kühlwasser aus einem eigenen, erhöht aufgestellten Behälter eingeleitet und in einem Becherglas aufgefangen werden. Der abdestillierte, im Kühler kondensierte Äther wird in einer Glasflasche aufgefangen. Auffallend an der Zeichnung sind einige hervorgehobene Details: die Halteklammer, die sich kaum von den heute gebräuchlichen unterscheidet, die Schlauchverbindung, da zur damaligen Zeit die Abdichtung ein großes Problem war, und der Hahn des Kühlwasserbehälters.



Die Zeichnung diente augenscheinlich als Vorlage für Erlenmeyers *Lehrbuch der organischen Chemie* von 1883, wobei im Lehrbuch der linke Teil der Zeichnung mit Glaskolben und Bunsenbrenner durch eine offenbar verbesserte Konstruktion ersetzt worden ist, zu der sich ebenfalls die Vorzeichnung [→ 6.2.6.] erhalten hat. In dieser werden auf den Kolben eine mit Weingeist gefüllte Kugelhahnbürette und ein Thermometer aufgesteckt. Laut Versuchsbeschreibung soll das Destillationsgemisch unter Temperaturkontrolle mit Weingeist aufgefüllt werden, um eine maximale Ätherausbeute zu erreichen.

Emil Erlenmeyer, *Lehrbuch der organischen Chemie*, Bd 1, Leipzig 1883, 276-278, Abb. auf S. 277.

6.3. LABORTECHNIK

Bis ins frühe 20. Jahrhundert hinein lassen sich signifikante Unterschiede zwischen den Apparaten und Gerätschaften der Chemie und denen aus der Physik ausmachen. Ging es den Physikern – vereinfachend gesprochen – primär um die Hervorbringung oder Messung bestimmter Effekte, so war – genauso pauschal gesagt – zentrales Anliegen der Chemiker, Ausgangsstoffe geeigneten Verfahren zu unterwerfen, um Stoffe mit gewünschten Eigenschaften zu produzieren. Die Chemie ist eine herstellende Wissenschaft. Während Instrumente wie Elektrisiermaschine und Vakuumpumpe als prototypische Instrumente der Physik gelten dürfen; folgten viele chemische Gerätschaften eher einer Typologie, die schon Andreas Libavius in der frühesten systematischen Abhandlung zu diesem Gegenstand, seiner *De sceuastica artis* von 1606, geschaffen hatte: der Einteilung in ‚Öfen‘ und ‚Gefäße‘. Dazu ist anzumerken, dass die Wissenschafts- und Instrumentengeschichte Ansätze einer historisch fundierten Systematik zwar für physikalische und Messinstrumente entwickelt hat, entsprechende Versuche für chemische Apparaturen aber fehlen. Dies mag mit bestimmten Eigenarten chemischer Gerätschaften zu tun haben.

Da ist zum einen ihr verblüffender Traditionalismus der Form. Über Jahrhunderte hinweg haben sich die Grundformen von Öfen, Retorten, Kolben, Kühlvorrichtungen und Flaschen kaum verändert – Grundformen, die ihrerseits auf sehr viel ältere Praxiserfahrungen zurückgehen und damit deutlich älter sind als die wissenschaftliche Chemie. Die Geschichte der Laboratoriumstechnik bietet zahllose Beispiele für die ganz allmähliche Entwicklung von Apparaturen und Geräten über sehr lange Zeiträume hinweg. Dieser Traditionalismus hat seinen Grund nicht zuletzt darin, dass chemische Apparaturen häufig eher unspezifisch sind, d.h. das gleiche Verfahren, wie etwa eine Destillation oder eine Verbrennungsreaktion, sich in recht unterschiedlichen Apparaturen durchführen lassen, die zwar diesem oder jenem Zweck besonders gut angepasst sein mögen, doch selten so, dass eine Apparatur ausschließlich für ein und denselben Prozess genutzt werden kann. Überliefert ist der Berzelius zugeschriebene Satz „Wer mit einem Zwickbohrer nicht sägen und mit einer Säge nicht zwickbohren kann, soll kein Chemiker werden.“ Damit einher geht der Befund, dass chemische Apparaturen häufig gewissermaßen modular aufgebaut sind, d.h. aus unterschiedlichen und in bestimmten Grenzen austausch- und variierbaren Komponenten bestehen. Zu den traditionellen Merkmalen chemischer Apparaturen gehört, dass sie meist aus schlichten – und vergänglichen! – Materialien wie Keramik und Glas bestanden, während physikalische Instrumente gelegentlich sogar in Mahagoni und Messing prunkten. Entsprechend gering fällt der Bestand an chemischen Gerätschaften in Museen und historischen Sammlungen aus.

Das soll nicht heißen, dass Veränderungen und Fortschritte in der Chemie nicht von der Entwicklung der Gerätschaften und Werkzeuge abhängig gewesen seien. Im Gegenteil. Nur waren die Innovationen auf diesem Gebiet selten so spektakulär wie im Fall der Voltaschen Säule, die den Anstoß zur Elektrochemie gab, oder des Spektroskops von Bunsen und Kirchhoff, das das Tor öffnete zur chemischen Erforschung der Himmelskörper. Selbst Liebig's Apparatur für die Elementaranalyse, eine der folgenreichsten Neuerungen in der Chemie des 19. Jahrhunderts, war im Grunde eine Fortentwicklung und Miniaturisierung bereits etablierter Verfahren, ihr eigentlicher Clou, der Fünfkugelapparat, eher eine glasbläserische und verfahrenstechnische denn theoretische Leistung.

Schaut man genauer hin – und die Zeichnungen Veiths lehren uns das genaue Hinsehen, dann zeigt sich, dass es oft gänzlich unspektakuläre technische Innovationen waren, von denen das Gelingen eines Versuchs abhing. So unspektakulär, dass sie meist nicht einmal publiziert wurden, sondern in den Bestand unproblematischer Werkzeuge der Wissenschaft eingingen, die man bei der Arbeit im Labor und nicht aus der Lektüre von Veröffentlichungen kennenlernt. Veith war sich dieser Tatsache offenbar bewusst oder wurde von seinen Auftraggebern gebeten, gezielt auf solche Details zu achten: auf die Kautschukröhrchen und -stopfen zur Verbindung von Glasrohren, Stative und Halterungen oder bestimmte Verbindungsstücke. Gerade Bunsen ist bekannt dafür, die Wissenschaft mit einer ganzen Reihe solcher schlichten, aber folgenreichen Erfindungen bereichert zu haben: Der Quetschhahn [→ 5.2.6.], die Schlauchklemme [→ 6.1.12.], die Wasserstrahlpumpe [→ 6.3.8.] und natürlich der Bunsenbrenner [→ 6.3.1.] werden ihm zugeschrieben. Ob derartige Innovationen tatsächlich immer auf diejenigen Forscher zurückgehen, unter deren Namen sie überliefert sind, oder nicht doch eher von namenlos gebliebenen Assistenten, Mechanikern oder Instrumentenbauern in ihrem Umfeld, ist schwer zu entscheiden. Der Forschungsprozess hat viele Mitakteure. Was aber von den textlichen Kommunikations- und Rezeptionswegen der Wissenschaft ausgeblendet wurde, lässt sich über die Zeugnisse der visuellen Kommunikation zum Teil wieder aufspüren, wenn wir denn gelernt haben, solche Spuren zu deuten – und Quellen besitzen wie die Skizzen des Heidelberger Universitäts-Zeichenlehrers Friedrich Veith.

Frederic L. Holmes u. Trevor L. Levere (Hg.), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, Cambridge/Mass. 2000. – Christoph Meinel (Hg.), *Instrument – Experiment: Historische Studien*, Diepholz u. Berlin 2000. – Albert van Helden u. Thomas Hankins, “Instruments in the History of Science”, *Osiris* 9 (1994), 1-6.

CM

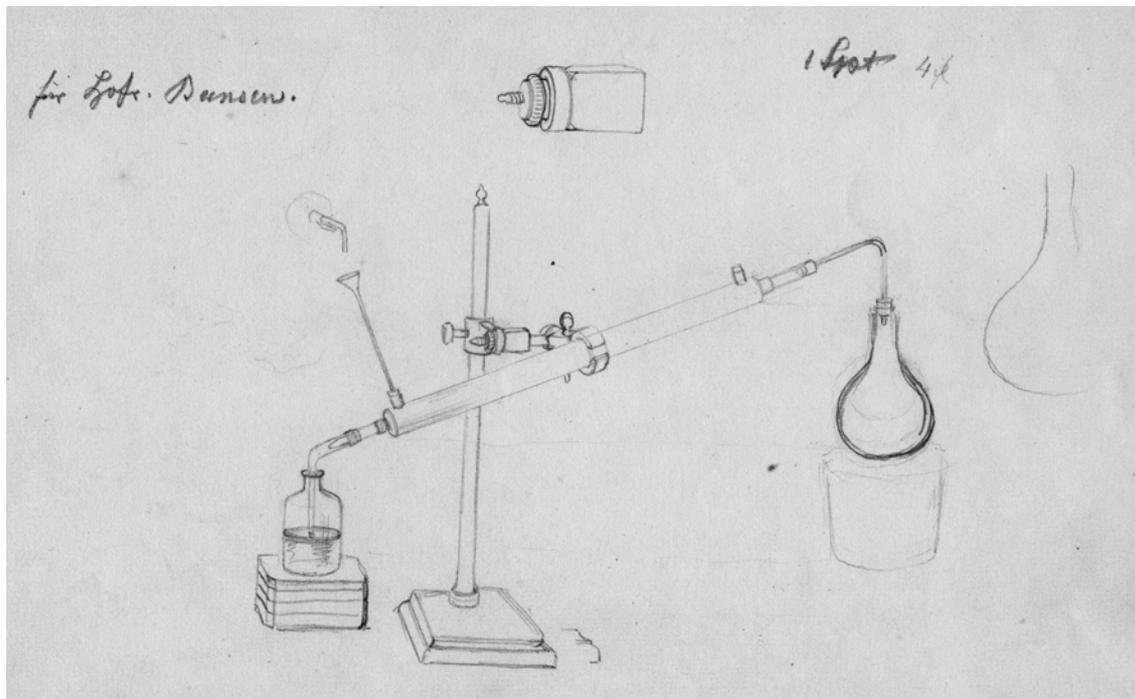
6.3.1. Halterung für einen Rückflusskühler

[*4] Bleistiftzeichnung, 17 x 26,9 cm; bez.: für Hofr. Bunsen, 1. Spt [o.J.]

Die Zeichnung zeigt einen Rückflusskühler, der – anders als die anderen Liebigkühler auf den Zeichnungen von Veith – einen äußeren Mantel aus Blech besitzt und wohl auch schon aus dem Hahn einer fest installierten Wasserleitung gespeist wird. Rechts erhöht steht ein Kolben auf einem Heizbad, links wird das Destillat in einer Flasche aufgefangen.

Worum es dem Zeichner dieser völlig unspektakulären Apparatur ging, war offenbar die – noch einmal vergrößert herausgezeichnete – spezielle Halterung des Kühlers, bei der die – offenbar hölzerne – Stativklemme mit einer Holzschraube und Rändelmutter seitlich in die Halterung des Stativs eingeschoben und fixiert werden konnte. Möglicherweise handelt es sich bei dieser Halterung, die sich ähnlich auch auf einem 1856 für Bunsen gezeichneten Blatt [→ 6.1.12.] findet, um eine von Bunsen eingeführte Verbesserung der üblichen Berzeliusschen Retortenthaler, die seit den 1830er Jahren auch im Instrumentenhandel erhältlich waren. Die gezeigte Ausführung aus Holz stellt gewissermaßen den Prototyp dar für entsprechende metallene Halteklammern, wie sie in unserem Bestand 1866 in einer Zeichnung für Erlenmeyer [→ 6.3.5.] auftauchen. Zuvor

wurden meist gepolsterte Holzgabeln, deren flache Schenkel mit einer Schraube zusammengedrückt wurden, als Halterungen verwandt [→ 6.2.1., → 6.3.3.].



Publiziert wurden und werden solche kleinen Erfindungen in der Regel nicht. Sie sind Teil des impliziten Handlungswissens, das zunächst nur lokal verfügbar ist und vor Ort und beim Experimentieren erlernt werden muss, bevor es durch Migration der Akteure und später durch kommerzielle Hersteller universalisiert wird. Viele solcher kleinen Innovationen dürften über den Heidelberger Universitäts-Mechaniker Peter Desaga (1812–1879) bekannt gemacht worden sein, der seit 1840 eine Stelle als Konservator des „Modellen-Cabinets“, d.h. der physikalisch-mathematischen Sammlung der Universität, innehatte und nebenbei ein florierendes „Geschäft optischer und chemischer Apparate“ betrieb, für das er 1855 von Bunsen die Vertriebsrechte für den Bunsenbrenner bekam.

Georg Lockemann, „The Centenary of the Bunsen Burner,“ *Journal of Chemical Education* 33 (1956), 20-22. – Paul Dolch, „Hundert Jahre Bunsenbrenner: Eine chemiegeschichtliche Studie,“ *Österreichische Chemiker-Zeitung* 56 (1955), H. 19/20, 277-285. – R.G.W. Anderson, *The Playfair Collection and the Teaching of Chemistry at the University of Edinburgh, 1713-1858*, Edinburgh 1978, 105-106.

CM

6.3.2. Destillationsapparatur

[*29] Bleistiftzeichnung, 42,3 x 30,6 cm [auf gefaltetem Bogen mit 6.2.4.]; bez.: für Herrn Prof. Kekulé 1856

Die Zeichnung zeigt eine einfache Destillationsapparatur, bei der eine etwas altertümlich anmutende Retorte als Destillationsgefäß zum Einsatz kommt. Diese wird auf einem tönernen Tiegelofen erhitzt, in den glühende Holzkohlestücke eingebracht werden. Das Destillat wird rechts in einem Kolben aufgefangen, der in einem Wasser- oder Eisbad gekühlt wird. Destillationen werden eingesetzt, um Flüssigkeitsgemische mit unter-

schiedlichen Siedepunkten oder Flüssigkeiten und Feststoffe voneinander zu trennen. Es handelt sich um eine Versuchsanordnung, die bei sehr vielen Experimenten eingesetzt werden kann, eine Zuordnung zu einer bestimmten Synthese oder Analyse ist nicht möglich. Ob die Zeichnung als Vorlage für eine Publikation gedient hat, ließ sich nicht ermitteln.

Rechts davon die durch Beschriften erläuterte Detailzeichnung eines nicht näher zuzuordnenden Verschlusses für ein offenbar thermisch isoliertes Reaktionsgefäß aus Kupfer mit Ölbad in einem Mantel aus Weißblech.

MS

6.3.3. *Destillationsapparatur*

[*30] Bleistiftzeichnung, 21,8 x 30,3 cm; bez.: Dr. Kekulé 1859, 1. Sept, 4 fl.

Das Erhitzen in dieser Apparatur erfolgt durch einen Gasbrenner (Bunsenbrenner). Auf dem Destillierkolben, der in einem Öl- oder Wasserbad steht, befindet sich ein Aufsatz, der das Einbringen eines Thermometers erlaubt, um die Temperatur des aufsteigenden Dampfes zu kontrollieren. Außerdem stellt der Aufsatz eine Verbindung zu einem Rückflusskühler her. Aus einem hochstehenden Vorratsbehälter fließt Wasser im Gegenstromprinzip durch den Rückflusskühler. Das Wasser wird unten in einem Becherglas wieder aufgefangen. Durch die Kühlung wird das Kondensieren des Dampfes beschleunigt, und das Destillat läuft in eine Flasche. Die umständliche Art der Wasserkühlung deutet darauf hin, dass Kekulé's Heidelberger Privatlabor damals noch nicht über Wasserleitungen verfügte.

Die Zeichnung [→ 2.], zu der auf der Rückseite eines anderen Blattes [→ 6.2.3.] eine flüchtige Vorzeichnung existiert, weist Gitterlinien auf, die wohl zur maßstäblichen Übertragung auf ein anderes Format dienen. Die Zu- und Abflussbehälter für das Kühlwasser sind in der Zeichnung nachträglich durchgestrichen, wohl weil sie in die Reinzeichnung nicht übernommen werden sollten. Eine publizierte Abbildung dieser Apparatur ließ sich in den Arbeiten Kekulé's jedoch nicht auffinden.

MS

6.3.4. *Detail einer Destillationsapparatur*

[*18] Bleistiftzeichnung, 15 x 22,6 cm; bez.: Prof. Erlenmeyer, Apr [18]66, überschrieben mit: Prof. Erlenmeyer 1864 [verso: → 6.3.2.]

Über einem Bunsenbrenner wird eine an einem Stativ befestigte Retorte erhitzt, die in einen weiten Glastrichter mündet, der auf einem Rückflusskühler steckt; unter diesem ein Becherglas, um das Kühlwasser aufzufangen. Das von Erlenmeyer in die chemische Labortechnik eingeführte Asbestnetz verhindert, dass die heiße Flamme des Brenners direkt auf den Glaskolben trifft und diesen zu punktuell erhitzt.

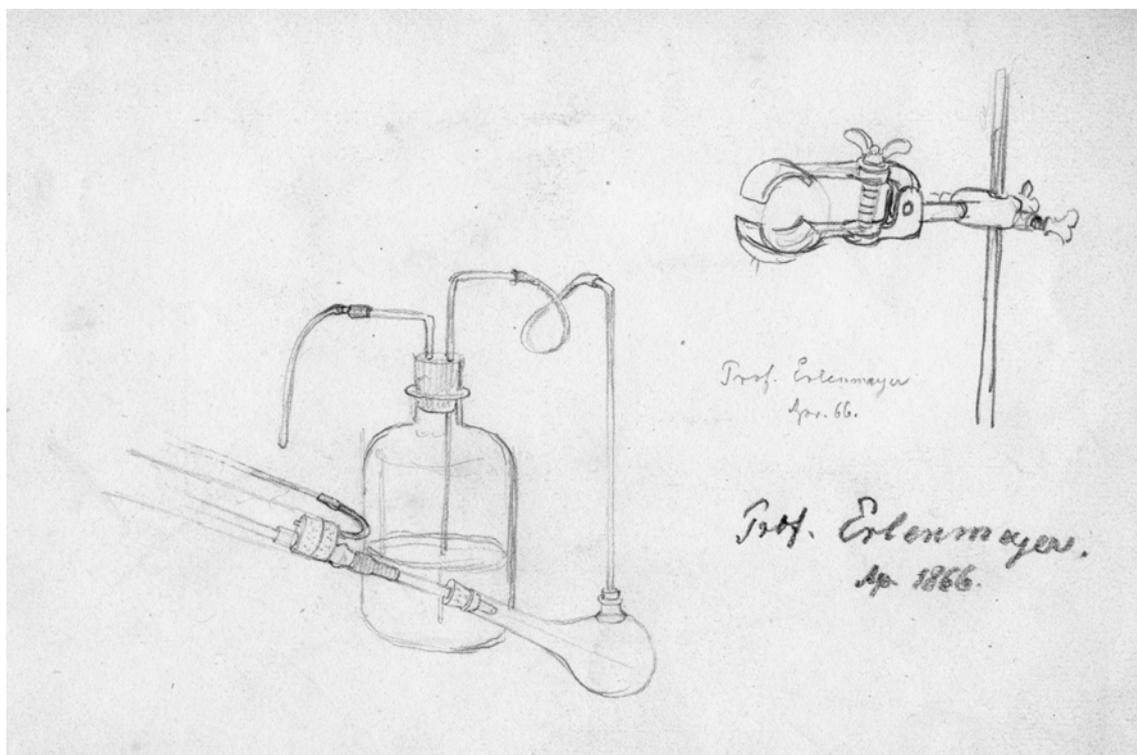
Zu welchem Zweck die Zeichnung angefertigt wurde, ließ sich nicht ermitteln. Es könnte sich jedoch um die obere Hälfte der auf einem anderen Blatt für Erlenmeyer gezeichneten Destillationsapparatur [→ 6.3.5.] handeln.

MM

6.3.5. Details einer Destillationsapparatur

[*19] Bleistiftzeichnung, 15,5 x 22,3 cm; bez.: Prof. Erlenmeyer Apr. [18]66 / Prof. Erlenmeyer Apr. 1866 [verso: Skizzen von zwei Liebig'schen Fünfkugelapparaten und Verbrennungsröhren]

Ein Liebigkühler mündet, mit einem Korken verbunden, in einen Kugelkolben. An diesem ist oberseitig ein Steigrohr angeschlossen, das über eine flexible Schlauchschleife in eine mit Flüssigkeit gefüllte Waschflasche mündet. Am Ausgang der Waschflasche befindet sich an einem Glasrohr ein Schlauch, der vermutlich als Anschluss, z.B. für eine Wasserstrahlpumpe, gedient hat.



Auffällig ist die vergrößert herausgezeichnete Halteklemme in der rechten oberen Ecke. Sie gleicht den noch heute gebräuchlichen. Die detaillierte Darstellung könnte als Konstruktionszeichnung für einen Labortechniker gedient haben.

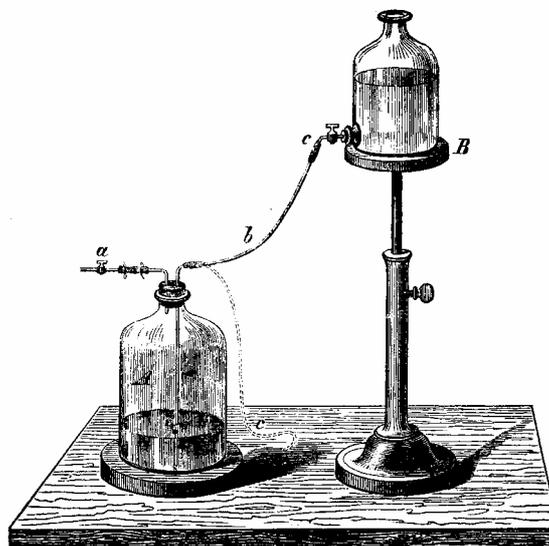
Für welche Experimente der Aufbau benutzt wurde, ließ sich nicht ermitteln. Es könnte sich um den fehlenden unteren Teil der auf einem anderen, für Erlenmeyer gezeichneten Blatt dokumentierten Destillationsapparatur [→ 6.3.4.] handeln.

MM

6.3.6. Gasbehälter

[*49] Bleistiftzeichnung, 15,3 x 14,7 cm; bez.: H. Dr. Schiel / H. Dr. Schiel

Nach Verbrennung der zu untersuchenden Substanz im Probenrohr der Analysenapparatur [→ 6.1.1.] werden die Verbrennungsgase quantitativ in die Absorptionsgefäße (z.B. den Liebig'schen Fünfkugelapparat) geleitet, indem man einen Strom von Sauerstoff oder ein anderes Gas aus einem Gasometer durch das Probenrohr leitet. Anstelle des Gasometers empfiehlt Schiel in seiner *Anleitung zur organischen Analyse* der Einfachheit halber eine große, zuvor mit Sauerstoff befüllte Glasflasche, die mit einem höher stehenden Wassergefäß verbunden ist. Öffnet man dessen Ausflusshahn, so treibt das nachlaufende Wasser den Sauerstoff, der zuvor noch über Schwefelsäure und Kaliumhydroxid getrocknet wird, durch die Apparatur. Der Holzstich in Schiels *Anleitung* stimmt einschließlich der bestehenden Buchstaben mit der Vorzeichnung überein.



Gasbehälter, Holzstich aus: Jakob Schiel, *Anleitung zur organischen Analyse und Gasanalyse*, Erlangen 1860, 41, Fig. 30.

Jakob Schiel, *Anleitung zur organischen Analyse und Gasanalyse*, Erlangen 1860, 41, Fig. 30; ebenfalls verwandt in: Jakob Schiel, *Einleitung in das Studium der organischen Chemie*, Erlangen 1860, 26, Fig. 10.

CM

6.3.7. Pneumatische Wanne

[*31] Bleistiftzeichnung, 42,9 x 30,6 cm, Einriß; bez.: für Herrn Dr. Kekulé, 1858 [verso: verschiedene, relativ grob gezeichnete Glasgefäße, bez.: für Herrn Dr. Kekulé, 1858; beschriftet: No. 1: 4 Kautschukverbindungen, bei a. – Flüssigkeit in die Kugeln]

In der traditionell nierenförmigen Pneumatischen Wanne, die auf zwei inneren Sockeln einen graduierten Glaszylinder trägt und damals in der Regel aus Porzellan ausgeführt wurde, werden über Quecksilber als Sperrflüssigkeit Gase aufgefangen, um die anschließend näher zu untersuchen. Die Zeichnung befindet sich am äußeren Rande eines großen, ursprünglich wohl noch zur Aufnahme weiterer Skizzen bestimmten Blattes, auf dessen Rückseite einige Glasgefäße sehr flüchtig skizziert sind. Ob die Zeichnungen als Vorlage für eine Publikation verwandt wurden, ließ sich nicht ermitteln.

CM

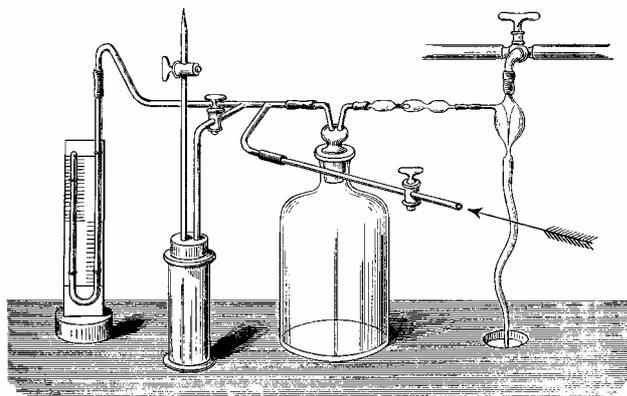
6.3.8. Wasserstrahlpumpe

[*33] Bleistiftzeichnung, 20,8 x 30,3 cm, bez.: für Dr. Krafft gez. 2t Mrz [18]89 / Märzgasse 2

Die Erfindung der Wasserstrahlpumpe wird häufig Bunsen zugeschrieben, der das von seinem Schüler Hermann Sprengel (1834–1906) bei der Quecksilberpumpe angewandte Prinzip Anfang 1868 auf das Arbeitsmedium Wasser übertragen und die Priorität Sprengels anerkannt hatte. Gegenüber den bis dahin benutzten Vakuumpumpen hatte Bunsens „Wasserluftpumpe“ den Vorzug, dass durch das Wasser und die gläserne Pumpe auch aggressive Dämpfe abgezogen werden konnten, ohne Schäden zu verursachen. Wasserstrahlpumpen gehören seitdem zur Normalausstattung eines jeden Labors und werden bei zahlreichen chemischen Operationen verwandt, hauptsächlich in Zusammenhang mit Trennungs- und Reinigungsverfahren von Substanzen, die bei vermindertem Druck destilliert oder vor Oxidation geschützt werden sollen.

Die Zeichnung zeigt den Aufbau einer gläsernen Wasserstrahlpumpe. Sie wurde für eine Publikation Kraffts angefertigt, die am 25. März 1889 in die *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* einging und in der auf den Hersteller solcher Einrichtungen, die Firma C. Gerhardt in Bonn, hingewiesen wird. Auch Kraffts *Kurzes Lehrbuch der Chemie* beschreibt ihren Einsatz bei der Analyse von organischen Verbindungen. Voraussetzung war natürlich, dass im Laboratorium bereits Druckwasserleitungen installiert waren.

Das Grundprinzip der Wasserstrahlpumpe ist an der rechten Seite des Aufbaus dargestellt. Ihre Funktionsweise beruht auf der Bernoulli-Gleichung, die das Verhalten von idealen strömenden Flüssigkeiten beschreibt. Danach ist der Druck auf allen Punkten einer Stromlinie einer strömenden Flüssigkeit um so geringer, je größer die Strömungsgeschwindigkeit ist. Auf diese Weise erzeugt strömendes Wasser einen Unterdruck und saugt die angrenzende Luft an, so dass sich die Vorrichtung als Pumpe benutzen lässt. In der Zeichnung sind die entscheidenden konstruktiven Details – vielleicht auch für die beabsichtigte Anfertigung durch einen Glasbläser – rechts oben noch einmal herausgezeichnet.



Wasserstrahlpumpe, Textillustration, 7 x 12 cm, aus: Friedrich Krafft u. Hugo Noerdlinger, „Ueber einige Siedepunkte in der Oxalsäure- und Oelsäurereihe“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 22 (1889), 820.

Die Zeichnung zeigt eine an einen Wasserhahn angeschlossene Wasserstrahlpumpe, deren Abflussschlauch durch ein Loch im Labortisch in den Ausguss mündet. Deutlich erkennt man die eiförmige Erweiterung des Glasrohrs, in deren untere Engstelle das aus der eingeschmolzenen Glasspitze austretende Wasser hineinschießt. Am waagrechten Anschlussrohr sind über Glas- und Kautschukverbindungen eine großvolumige Glasflasche, die zur Stabilisierung des Unterdruckes dient, ein Manometer zur Messung des erzeugten Unterdruckes und ein weiteres Gefäß angebracht, an dem zwei Hähne die

Feineinstellung des gewünschten Druckes ermöglichen. Ein Pfeil mit der Beischrift „Apparat“ weist auf die Stelle, wo die zu evakuierende Apparatur angeschlossen wird.

Friedrich Krafft u. Hugo Noerdlinger, „Ueber einige Siedepunkte in der Oxalsäure- und Oelsäurereihe“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 22 (1889), 816-820 (Abb. S. 820). – Friedrich Krafft, „Ueber neunzehn höhere Normalparaffine C_nH_{2n+2} und ein einfaches Volumengesetz für den tropfbar flüssigen Zustand, I“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 15 (1882), 1687-1711. – Friedrich Krafft, *Kurzes Lehrbuch der Chemie, Bd 2: Organische Chemie*, Leipzig, Wien 1893. – Robert Bunsen, „Ueber das Auswaschen der Niederschläge“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 148 (1868), 269-293, u. Taf. III. – Robert Bunsen, „Erklärung“, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 165 (1873), 156-160. – Hermann Sprengel, „Zur Geschichte der Wasser-Luftpumpe“, ebd. 167 (1873), 62-64. – Jules Piccard, „Eine wesentliche Beschleunigung des Filtrationsgeschäftes“, *Zeitschrift für analytische Chemie* 4 (1865), 45-48, und *Journal für praktische Chemie* 96 (1865), 336-339.

NS

6.3.9. Brennerkonstruktionen?

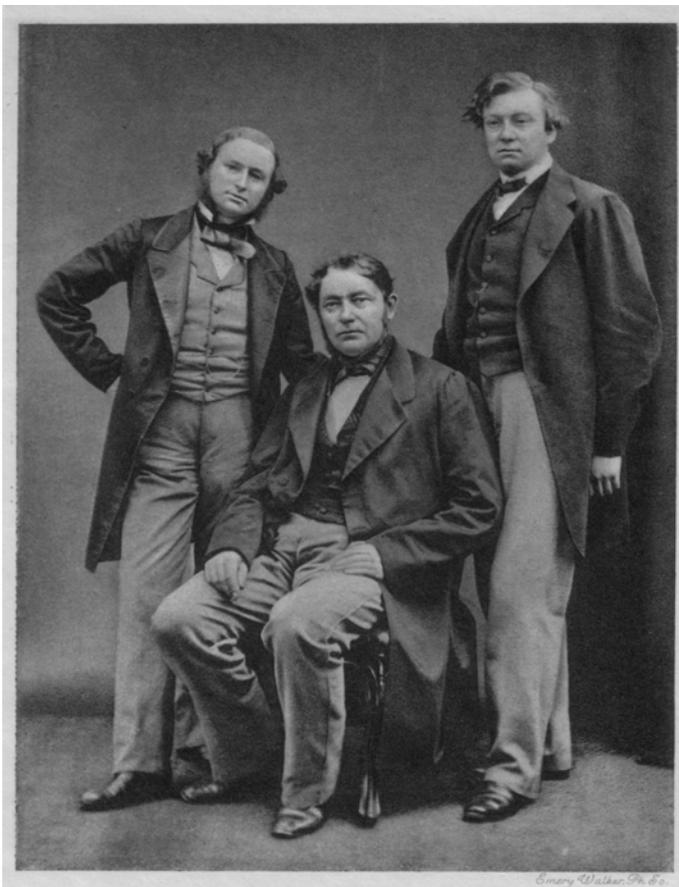
[*15] Bleistiftzeichnung, 15,7 x 19,1 cm; bez.: Hofr. Bunsen, 14 Jan. [18]60

Nur bei zwei Blättern des Bestandes [s.a. → 4.3.4.] ließen sich die dargestellten Objekte nicht identifizieren. Dazu gehört dieses Stück, das wohl als Konstruktionsvorlage für einen Mechaniker gedacht war und – anders als die meisten anderen Blätter – Größenangaben (1/10 bzw. 1/5 n[atürlicher] Gr[öße]) aufweist. Es handelt sich vielleicht um einen speziellen Ofen zum Erhitzen von Substanzproben (links) sowie um eine Brennerkonstruktion zur Mischung von zwei Gasen (rechts) mit einem speziellen, auf dem äußeren Rohr verschieb- und mittels einer Stellschraube fixierbaren Aufsatz, dessen Zweck nicht ersichtlich ist.

CM

7 HEIDELBERGER AKTEURE

Die in den Zeichnungen Veiths so eindrucksvoll bezeugte Experimentalkultur ruht auf einem Netzwerk prominenter und weniger prominenter, sichtbarer und unsichtbarer Akteure, die im überschaubaren Raum der kleinen Universitätsstadt am Neckar an der Produktion neuen wissenschaftlichen Wissens zusammenarbeiteten: ordentliche Professoren, Extraordinarien und Privatdozenten, Unterrichts-, Privat-, d.h. Forschungs-Assistenten und Assistenzärzte, Gastwissenschaftler und Studenten, Labordiener und sonstiges Hilfspersonal, dazu die große Gruppe der sogenannten Universitätsverwandten mit ihrer oft unklar definierten Zugehörigkeit zur akademischen Welt: Mechaniker und Glasbläser, Zeichner, Lithographen und Modellierer, Universitätsapotheker und Universitätsdrucker.



Kirchhoff, Bunsen und Roscoe, Manchester 1862, bez.: Emery Walker, Ph[otographic] So[ciety]; aus: Henry E. Roscoe, *The Life and Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe*, London, New York 1906, nach S. 72.

Wie eng dieses lokale Netzwerk geknüpft war, wird deutlich, wenn man z.B. die Lage der Laboratorien und die – im Adressbuch der Universität verzeichneten – Wohnorte der Akteure in den Stadtplan einträgt. Bunsen etwa wohnte, durchaus repräsentativ und standesgemäß, in einem Flügel des 1855 fertiggestellten, für ihn neu errichteten Chemischen Instituts in der Akademiestraße. Kirchhoff oder Helmholtz wohnten und arbeiteten nur wenige Schritte entfernt. Habilitierte Privatdozenten, denen die Ressourcen der Universitätsinstitute in der Regel nicht zur Verfügung standen, mussten oft in ihren Privatwohnungen Laboratorien einrichten und unterrichteten dort auch. Auch war es durchaus nicht ungewöhnlich, dass Studenten Kost und Logis bei Professoren fanden, die so ihre Einkünfte aufbesserten. Eine klare Scheidung von Wohnort

und Arbeitsplatz, wie wir sie heute kennen, ist erst Folge der allmählichen Trennung von privater und beruflicher Sphäre und der damit einhergehenden Mobilität.

Auf diese Weise griffen städtischer und universitärer, privater und öffentlicher Raum vielfältig ineinander. Einrichtungen, die dem gelehrt-wissenschaftlichen, aber auch dem gesellschaftlichen Austausch dienten, wie der Naturhistorisch-Medizinische Verein, die

Museumsgesellschaft, die Russische Lesehalle, die Vereinigung Harmonie, der Verein für allgemeine Wintervorlesungen, und andere mehr sorgten für die enge Verzahnung des akademischen und stadtbürgerlichen Heidelberg. Nicht unerwähnt bleiben dürfen auch die geradezu legendären sonntäglichen Spaziergänge zur Molkenkur oder auf dem Philosophenweg.



Kirchhoff und Bunsen, Originalphotographie, 14 x 10 cm, bez.: F. Langbein & Co., Heidelberg; Universitätsarchiv Heidelberg, Pos. I 00403

jenigen Personen nach, denen Veith Zeichnungen von wissenschaftlichen Apparaturen für ihre Publikationen geliefert hat, und betten die speziellen Beschreibungen in das wissenschaftliche Werk des jeweiligen Forschers ein. In der Mehrzahl waren dies Heidelberger Professoren oder Privatdozenten, dazu zwei russische Gastwissenschaftler [→ 7.12., 7.16.]; aber auch ein Amerika-Rückkehrer [→ 7.14.], der als Privatdozent nicht reüssierte und offenbar an den photochemischen Arbeiten Bunsens beteiligt war, ohne dass sein Name in den Veröffentlichungen genannt wird.

Bei den Portraits haben wir darauf Wert gelegt, möglichst solche Bildnisse zu verwenden, die aus der Heidelberger Zeit datieren und für die wir eine historische Quelle ermitteln konnten. Dem – durch das Internet begünstigten – Recycling qualitativ oft problematischer, der Herkunft nach ungeklärter Bildnisse wollten wir nicht Vorschub leisten.

Eine Rekonstruktion dieses Personennetzwerks und seiner Veränderungen im Laufe des 19. Jahrhunderts würde ein hochinteressantes Soziogramm des gelehrten Heidelberg liefern, ist aber im Rahmen dieses Bestandskatalogs nicht zu leisten – und zwar allein schon deshalb nicht zu leisten, weil einige der Akteure unsichtbar bleiben. Denn Wissensproduktion und wissenschaftliche Kommunikation sind hochgradig selektive Prozesse, die nicht nur nach kognitiven, sondern auch nach sozialen und institutionellen Kriterien für Sichtbar- oder Unsichtbarwerden sorgen.

Die folgenden Kurzbiographien erfüllen einen pragmatischen Zweck: Sie weisen die

7.1. **Julius Arnold**

(1835, Zürich – 1915, Heidelberg)

Photographie, 10,4 x 6,4 cm, aus: Der Lehrkörper der Ruperto Carola zu Heidelberg im Jahre 500 ihres Bestehens, Album, Universitätsbibliothek Heidelberg, Graphische Sammlung, I a, 17

Julius Arnold war einer der einflussreichsten Pathologen seiner Zeit. Während seines Studiums in Heidelberg, Prag, Wien und Berlin zeichnete sich nach und nach ab, dass Julius in die Fußstapfen seines Vaters Friedrich Arnold treten würde. Dieser war von 1852 bis 1873 in Heidelberg tätig und einer der Lehrer seines Sohnes. Außerdem wurde Julius Arnold unter anderem durch den Internisten und Pathologen Adalbert Duchek sowie durch Nikolaus Friedrich und Rudolf Virchow beeinflusst.

Arnolds Promotion im Jahr 1859 erfolgte am Institut für Anatomie in Heidelberg mit einem Thema aus der Augenheilkunde – einem Arbeitsgebiet, in dem Heidelberg führend war. In seiner Dissertation untersuchte er speziell die Hornhaut, das Bindegewebe des Auges und die Nerven des Sehapparates.



Im Jahr 1866 erging seine Berufung als außerordentlicher Professor auf den neu gegründeten Lehrstuhl für Pathologische Anatomie und zum Leiter des Pathologischen Instituts in Heidelberg. In den folgenden Jahren arbeitete Arnold verstärkt im Bereich der Zell- und Muskelforschung. Seine Untersuchungsschwerpunkte lagen hier vor allem bei der Pathologie der Schusswunden bzw. des Muskelgewebes. 1870 folgte seine Ernennung zum ordentlichen Professor für Pathologische Anatomie in Heidelberg.

In diesen Jahren gelang ihm in Zusammenarbeit mit dem Straßburger Pathologen Hans Chiari die Entdeckung der nach beiden benannten Arnold-Chiari Fehlbildung. Bei dieser sog. ACM kommt es zu einer knöchernen Fehlbildung des Schädelrandes und der ersten Halswirbel, so dass Teile des Kleinhirns in den Spinalkanal der Wirbelsäule ragen.

Von 1888 an gehörte Arnold mehrmals dem engeren Senat der Universität an. In dieser Zeit beschäftigte er sich verstärkt mit bakteriologischen Fragen und schrieb 1894 weitere Beiträge zur pathologischen Anatomie, zur allgemeinen Pathologie und zur ACM. 1907 wurde Arnold mit dem Titel des Wirklichen Geheimrates in den Ruhestand versetzt. 1914 erschienen seine letzten Forschungsergebnisse über Plasmastrukturen und deren funktionelle Bedeutung.

DRÜLL 3 (1986), 5. – DBE 1 (1995), 188.

7.2. **Robert Wilhelm Bunsen** (1811, Göttingen – 1899, Heidelberg)

Lithographie, 25,9 x 21,1 cm, bez.: Rud[olf] Hoffmann, 1856 / Nach einer Photographie von Fr. Hanfstängel in München; Privatbesitz

Bunsen war einer der bedeutendsten Chemiker des 19. Jahrhunderts. Während seiner fast sechzigjährigen Forschungs- und Lehrtätigkeit leistete er Beiträge zu anorganischer, organischer und physikalischer Chemie. Zu seinen größten Verdiensten zählen die Entwicklung gasometrischer Methoden, die gemeinsam mit Gustav Kirchhoff geleistete wissenschaftliche Begründung der Spektralanalyse sowie zahlreiche (kleinere) instrumentelle Innovationen.

Bunsens akademische Karriere nahm in seiner Heimatstadt Göttingen ihren Anfang: Hier begann er 1828 das Studium der Naturwissenschaften und der Mathematik. Zu seinen Lehrern zählten unter anderen der bekannte Analytiker Friedrich Stromeyer, der als einer der ersten praktischen Laboratoriumsunterricht anbot, sowie der Mathematiker Bernhard Thibaut. Bunsens erste wissenschaftliche Arbeit war eine Preisschrift über verschiedene Arten von Hygrometern, die 1831 als Dissertation anerkannt wurde.

Nach einer Studienreise durch Deutschland, Frankreich, die Schweiz, Tirol und Österreich habilitierte sich Bunsen in Göttingen und sammelte hier auch erste Lehrerfahrungen als Privatdozent. In diese Zeit fällt auch die erste aus einer Reihe von fruchtbaren Kooperationen mit Wissenschaftlern aus Nachbardisziplinen: Gemeinsam mit dem Mediziner Arnold Berthold wies Bunsen 1834 nach, dass Eisenhydroxid als wirksames Antidot bei Arsenvergiftungen eingesetzt werden kann.

In Bunsens Kasseler Zeit als Gewerbeschullehrer (1836-39) fallen seine ersten gasometrischen Untersuchungen und organisch-chemischen Experimente, die er während seiner Tätigkeit als außerordentlicher und ordentlicher Professor in Marburg (1839–1851) fortsetzte. Mit seiner Berufung nach Breslau 1851 wandte sich Bunsen – damals bereits ein berühmter Mann – von der organischen Chemie ab und elektrochemischen Fragen zu. Von enormer praktischer Bedeutung war die von ihm entwickelte Kohle-Zink-Batterie, die später „Bunsenelement“ genannt wurde.

In den 1850er und beginnenden 1860er Jahren stand Bunsen auf dem Höhepunkt seines Schaffens. 1852 an die Universität Heidelberg berufen, ließ er einen Laboratoriumsneubau errichten, der als der modernste in den deutschen Ländern galt und die Magnetwirkung Bunsens als Lehrer noch verstärkte. Mit einem seiner frühesten Heidelberger Schüler, dem Engländer Henry Roscoe, verband Bunsen eine langjährige Forschungsarbeit – und eine noch längere Freundschaft: Von 1856 bis 1862 veröffentlichten sie gemeinsam sechs grundlegende Abhandlungen auf dem Gebiet der Photochemie. Die Freundschaft mit den Heidelberger Historikern Georg Gottfried Gervinus (1805–1871) und Ludwig Häusser (1818–1867), vor allem aber der enge Austausch mit Kirchhoff und Helmholtz sowie später mit Hermann Kopp und Leo Königsberger brachte zahlreiche intellektuelle Impulse. Am bekanntesten ist davon zweifelsohne die Spektralanalyse, die Bunsen gemeinsam mit Gustav Kirchhoff 1859 begründete und an die sich zahlreiche Folgeuntersuchungen anschlossen.

Der Maler, Lithograph und Photograph Franz Hanfstängel (1804–1877), dem Bunsen hier als junger Heidelberger Professor Modell gesessen hat, war der Portraitist der bes-

seren Münchener Gesellschaft. Schon 1848 betrieb er ein Atelier für die gerade erfundene Galvanographie, 1853 gab er diese zugunsten eines photographischen Ateliers auf.



Robert Wilhelm Bunsen, Lithographie, 25,9 x 21,1 cm, bez.: Rud[olf] Hoffmann, 1856 /
Nach einer Photographie von Fr. Hanfstängl in München; Privatbesitz

Hanfstaengl gewann eine Reihe internationaler Preise und wurde auch Hofphotograph. Eine Reihe berühmter Persönlichkeiten kamen in sein Atelier, um sich photographieren zu lassen, u.a. Kaiserin Elisabeth von Österreich, Bismarck und Franz Liszt. Mehrfach saßen auch Friedrich Wöhler und Justus von Liebig Hanfstaengl Modell.

Otto Fuchs, „Bunsen,“ in: *Das Buch der großen Chemiker*, hg. v. Günther Bugge, Bd 2, Berlin 1930, 78-91. – Georg Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen: Lebensbild eines deutschen Naturforschers*, Stuttgart 1949. – Ders., „Robert Wilhelm Bunsen“, in: *NDB* 3 (1876), 18-20. – Henry E. Roscoe, „Bunsen Memorial Lecture“, *Journal of the Chemical Society* 77 (1900), 513-554. – Susan Schacher, „Robert Wilhelm Eberhard Bunsen“, in: *DSB* 2 (1990), 586-590.

7.3. **Ludwig Carius** (1829, Barbis/Hannover – 1875, Marburg)

Federzeichnung von Ferdinand Justi, Marburg 1880; nach einer Photographie, Bildarchiv Foto Marburg, Obj. 20551192



Nicht nur Carius, sondern auch die nach ihm benannte Bestimmung von Halogenen und Schwefel in organischen Verbindungen, dürften heute weitgehend vergessen sein. Schon mit neun Jahren hatte der Pfarrerssohn aus dem Harz seine Eltern verloren, später trat er eine Apothekerlehre an und holte das Abitur nach. 1850 ging er nach Göttingen, um bei Friedrich Wöhler Chemie zu studieren. Auf dessen Empfehlung nahm ihn Bunsen von 1852 bis 1858 als Assistent an und ließ ihn über die Absorption von Gasen arbeiten. 1853 mit einer Arbeit über Schwefelchloride promoviert, habilitierte Carius sich zwei Jahre danach und eröffnete anschließend in Heidelberg ein privates Laboratorium; doch erst 1861 erfolgte die Ernennung zum Extraordinarius. Im Zusammenhang mit Kekulé's Arbeiten über ungesättigte Verbindungen untersuchte Carius damals

Additionsreaktionen an Olefine und die auf diese Weise entstehenden optisch aktiven Isomere.

1865 als o. Professor und Direktor des Chemischen Instituts nach Marburg berufen, konnte Carius an der 1866 preußisch gewordenen Universität den Niedergang seines Faches nicht aufhalten. Als Anhänger der neuen Strukturchemie, doch ohne klares theoretisches Profil, hat Carius vor allem präparativ und analytisch gearbeitet. Seine nicht immer gelungenen Versuche über die Oxidationsprodukte von Benzol brachten ihn bei den Zeitgenossen jedoch in Misskredit, so dass der russische Chemiker Konrad Beilstein 1874 einmal an Erlenmeyer schrieb, nun sei es an der „Zeit, Zensur in der Chemie zu üben“ (Krätz, 51).

Alphons Oppenheim, „Carius: Georg Ludwig C.“, in: *ADB* 3 (1876), 781-782. – Christoph Meinel, *Die Chemie an der Universität Marburg seit Beginn des 19. Jahrhunderts: Ein Beitrag zu ihrer Entwicklung als Hochschulfach*, Marburg 1978, 140-149, 499-500. – Otto Krätz (Hg.), *Beilstein – Erlenmeyer: Briefe zur Geschichte der chemischen Dokumentation und des chemischen Zeitschriftenwesens*, München 1972.

7.4. **Emil Erlenmeyer** (1825, Wehen – 1909, Aschaffenburg)

Photographie, 13 x 8 cm, Universitätsarchiv Heidelberg, Pos. I 00766



Emil Erlenmeyer, vielen nur durch den gleichnamigen Kolben bekannt, war als Mitbegründer und Namensgeber der Strukturchemie eine bedeutende Persönlichkeit der Chemiegeschichte. Er studierte 1844 zunächst Medizin in Gießen, hörte Chemie bei Liebig und war davon so gefesselt, dass er sich diesem Fach zuwandte. Aus Mangel an Laborplätzen ging er nach Heidelberg. Auf Drängen seiner Eltern machte Erlenmeyer 1848 einen Abschluss in Pharmazie und arbeitete als Apotheker. Sein Interesse für die Chemie erlosch jedoch nie, so dass er 1850 bei Liebig promovierte.

1855 hängte er die Pharmazie an den Nagel, um sich in Heidelberg bei Bunsen zu habilitieren. Zu diesem Zweck richtete Erlenmeyer in einem Schuppen in der Karpfengasse ein kleines Forschungslaboratorium ein. 1857 reichte er seine Habilitation mit dem Thema „Über die Darstellung des unter dem Namen Superphosphat bekannten künstlichen Dünger“ ein. In diese Zeit fallen auch einige Auslandsaufenthalte, bei denen er Kekulé kennen lernte. Gleich nach seiner Habilitation begann Erlenmeyer mit Vorlesungen in seinem kleinen Schuppen und wurde 1863 zum außerordentlichen Professor befördert. Auffallend bei seiner Lehrtätigkeit ist der relativ hohe Anteil an russischen Studenten. Insgesamt unterhielt er einen regen Austausch mit russischen Chemikern, so war Erlenmeyer mit Mendeleew und Butlerow befreundet.

1859 begründete er die *Zeitschrift für Chemie, Pharmazie und Mathematik*, die er bis 1865 herausgab. Dieses Organ nützte Erlenmeyer als Kampfblatt für neue Theorien der Chemie, insbesondere die Strukturchemie. Dies etablierte Erlenmeyers Ruf als Theoretiker, den er in der Folgezeit ausbaute. 1862 gelang ihm die exakte Beschreibung der Mehrfachbindung, und auf dieser Grundlage entwickelte er die heute noch gültigen Formeln für Ethan, Ethylen und Acetylen. Zweifachverbindungen waren schon zuvor von Kekulé formuliert worden, das Prinzip der Doppelbindung erkannt zu haben, ist jedoch Erlenmeyers Verdienst. Dies machte Kekulé den Weg zur Benzolformel frei. Ferner prägte Erlenmeyer den Begriff der „Wertigkeit“. 1866 stellte er die so genannte „Erlenmeyer-Regel“ auf, die besagt, dass von einem Kohlenstoffatom nicht mehr als eine Hydroxylgruppe getragen werden kann. Neben seiner theoretischen Arbeit war er auch in der praktischen Labortechnik erfindungsreich: Außer dem bekannten Erlenmeyerkolben entwickelte er das Asbestnetz und verschiedene Verbrennungsöfen.

1868 wurde Erlenmeyer aufgrund der Fürsprache Liebig's nach München an die neugegründete Polytechnische Hochschule berufen, deren Direktor er von 1877 bis 1880 war. Dort arbeitete er weiter an strukturchemischen Analysen, so z.B. an der Synthese und Strukturaufklärung von Guanidin und Tyrosin. Wie schon in Heidelberg war Erlenmey-

er auch in München als Hochschullehrer sehr beliebt; sein Unterricht, von den modernen theoretischen Anschauungen geprägt, wurde gegenüber dem etwas altväterlichen Vorlesungstyp Liebigs bevorzugt. 1883 trat er aus gesundheitlichen Gründen von allen Ämtern zurück.

Erlenmeyers Bedeutung für die Chemie wird durch seine zahlreichen Ämter und Ehrungen deutlich: Mitherausgeber der *Annalen der Chemie*, Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Präsident der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

Otto Krätz, „Portrait: Emil Erlenmeyer“, *Chemie in unserer Zeit* 6 (1972), 53-58. – Heinrich Kiliani, „Dem Andenken von Emil Erlenmeyer“, *Zeitschrift für angewandte Chemie* 11 (1909), 481-483. – Max Conrad, „Emil Erlenmeyer“, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 43 (1910), 3645-3664.

MM

7.5. **Hermann (von) Helmholtz** (1821, Potsdam – 1894, Berlin)

Heliogravüre, 17,5 x 13,5 cm, nach einem „englischen Kupferstich“ von 1867, sig.: C.H. fecit; aus: Königsberger, Bd 1, nach S. 319



„Reichskanzler der Wissenschaft“ – so hat der Maler Franz von Lenbach, der vielfach Otto von Bismarck portraitierte, den 1883 in den Adelsstand erhobenen Großmeister der deutschen Physik einmal treffend genannt.

Helmholtz' Karriere begann mit einem Medizinstudium in Berlin. Dabei entstand ein enger Kontakt zu seinem Lehrer, dem Anatom und Physiologen Johannes Müller. Hier lernte er auch zwei weitere Schüler Müllers näher kennen: Ernst Brücke und Emil du Bois-Reymond, der ihm zeitlebens ein guter Freund und wichtiger Ratgeber bleiben sollte. Nach seiner Dissertation 1842 trat Helmholtz 1843 eine Stelle als Militärarzt in seiner Heimatstadt Potsdam an. Während dieser Zeit beschäftigte er sich mit den Prozessen von Fäulnis und Gärung und machte erste Untersuchungen zu Stoffverbrauch und

Wärmeentwicklung bei der Muskelaktion. 1847 hielt er vor der Physikalischen Gesellschaft Berlin einen bahnbrechenden Vortrag über die „Erhaltung der Kraft“, in dem er eine bis heute gültige Begründung des Energieerhaltungssatzes leistete. Dank des Engagements Alexander von Humboldts vorzeitig aus dem Militärdienst entlassen, wurde Helmholtz 1848 zunächst Lehrer der Anatomie an der Berliner Kunstakademie und übernahm dann ein Jahr später eine Professur für Physiologie und Pathologie an der Universität Königsberg. Dort entstanden seine Arbeiten zur Reaktion der Muskeln sowie zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung. Ebenfalls wandte er sich der physiologischen Optik zu: Mittels seines Augenspiegels konnte er als erster die lebende

menschliche Netzhaut untersuchen. Seinen Habilitationsvortrag hielt er 1852 „Über die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen“. 1855 ging er für drei Jahre als Professor für Anatomie und Physiologie nach Bonn, wo er sich den Wirbelbewegungen von Flüssigkeiten sowie den physikalisch-physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie widmete.

Nach Übernahme der Physiologieprofessur an der Universität Heidelberg setzte Helmholtz seine Forschungen im Bereich der Akustik fort. Er führte u.a. Experimente zur Harmonie der menschlichen Sprache oder auch zum Klang von Saiteninstrumenten und Orgeln durch. Helmholtz war dabei bestrebt, das Hörempfinden nicht nur in physiologisch-anatomischer, sondern auch in physikalisch-mathematischer Hinsicht zu erforschen. Daneben wandte er sich erneut dem menschlichen Sehen zu: Er stellte umfangreiche Untersuchungen an, etwa zu den drei Grundfarbreizen oder auch zu Farbenblindheit. Insgesamt richtete sich jedoch das Interesse von Helmholtz vor allem in den letzten Jahren seiner Heidelberger Zeit zunehmend auf physikalische und mathematische Themen. Er befasste sich mit Hydrodynamik, stellte elektrodynamische Versuche an und forschte erneut an der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung. Ab 1870 wandte er sich den bis dahin vorliegenden Theorien der Elektrodynamik zu und begann, diese mathematisch und experimentell zu überprüfen. Helmholtz' Zeit in Heidelberg ist geprägt vom engen Kontakt zu Kollegen wie Gustav Kirchhoff, Robert Bunsen und Leo Königsberger sowie zu seinem Schüler, dem Physiologen Wilhelm Wundt.

1871 trat Helmholtz die Stelle des verstorbenen Heinrich Gustav Magnus, Professor für Technologie und Physik, an der Universität Berlin an. Hier führte er seine Arbeiten zur Elektrodynamik weiter. Aufgrund eigener Experimente von der Gültigkeit der Maxwell'schen Theorie überzeugt, wandte Helmholtz sich der elektrisch-physikalischen Grundlagenforschung zu. Des Weiteren führte Helmholtz zahlreiche Arbeiten zur Optik und chemischen Thermodynamik durch. Von 1888 an war er Präsident der neu eröffneten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und beschäftigte sich dort in seinen letzten Lebensjahren mit Hydrodynamik und meteorologischen Forschungen. Außerdem hielt er Vorlesungen über theoretische Physik und fand eine allgemeine Formulierung für das Prinzip der kleinsten Wirkung.

Während seiner ganzen Laufbahn legte Helmholtz großen Wert auf den Erkenntnisgewinn mit Hilfe von Versuchen und Apparaturen. Bei ihm waren Theorie und experimentelle Praxis untrennbar miteinander verbunden. Die dabei entstandenen Erfindungen, wie etwa der Augenspiegel, das Ophthalmometer, das Telestereoskop, die Resonatoren oder unterschiedliche Apparate zur Untersuchung der Muskelarbeit, erwiesen sich als überaus zweckdienlich und fanden nicht nur in der Fachwelt große Anerkennung. Seine große Anzahl von Schülern, zu denen Heinrich Hertz, Willy Wien oder Otto Lummer gehören, trug seine Methoden und Gedanken in viele Wissenschaftsbereiche hinein. Helmholtz' Forschungsergebnisse beeinflussten nachhaltig die weitere Entwicklung der Elektrotechnik, Geometrie, Thermodynamik, Meteorologie, Physiologie und der Physik – bis hin zu Plancks Quantenhypothese. Mit Blick auf dieses bedeutende und vielfältige Erbe kann man Franz von Lenbach nur zustimmen: Hermann von Helmholtz – ein „Reichskanzler der Wissenschaft“.

Leo Königsberger, *Hermann von Helmholtz*, 3 Bde, Braunschweig 1902-1903. – Hermann Ebert, *Hermann von Helmholtz*, Stuttgart 1949. – Helmut Rechenberg, *Hermann von Helmholtz: Bilder seines Lebens und Wirkens*, Weinheim u.a. 1994.

7.6. **Friedrich August Kekulé** (1829, Darmstadt – 1896, Bonn)

Offset 13 x 8,5 cm, nach einer Zeichnung, 60 x 40 cm, bez. Et. Carjat Heidelberg 1860, ursprünglich im Kekulé-Zimmer der Technischen Hochschule Darmstadt; aus: Anschütz, Bd 1, Abb. 49, nach S. 200

Kekulé war Mitbegründer der modernen Strukturchemie – mit seinen Arbeiten hat er die Entwicklung der Organischen Chemie maßgeblich beeinflusst. 1847 begann Kekulé ein Architekturstudium an der Universität Gießen. Nachdem er aber dort Vorlesungen von Justus Liebig besucht hatte, wandte er sich dem für ihn äußerst faszinierenden Gebiet der Chemie zu. Seit 1849 studierte er Chemie in Gießen und erwarb 1852 mit der Experimentaluntersuchung „Über die Amyloxydschwefelsäure und einige ihrer Salze“ den Doktorgrad. In den folgenden Jahren arbeitete er als Privatassistent auf Schloss Reichenau bei Chur und in London. In dieser Zeit entwickelte er bereits die Grundzüge der Strukturtheorie.

1855 ging Kekulé nach Heidelberg und habilitierte sich 1856 bei Robert Wilhelm Bunsen. Da Kekulé in Bunsens Laboratorium keinen Platz für seine Forschungsarbeit und seine Vorlesungen fand, richtete er in seiner Mietwohnung ein Privatlaboratorium und einen kleinen Hörsaal ein. Er widmete sich als Privatdozent dort u.a. der Weiterentwicklung der Strukturtheorie und hielt Vorlesungen zur Organischen Chemie. Es kam dabei immer wieder zu angeregten Diskussionen mit seinen Schülern und Kollegen, darunter Emil Erlenmeyer, Lothar Meyer, Friedrich Conrad Beilstein und Adolf Baeyer. In den Jahren 1857/58 veröffentlichte Kekulé dann – nach langem Zögern und Prüfen – seine Ideen, die zu großen Veränderungen in der Organischen Chemie führen sollten. In seiner Arbeit „Über die Constitution und Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs“ postulierte Kekulé 1858 die Vierwertigkeit des Kohlenstoffs und stellte fest, dass Kohlenstoffatome miteinander und mit anderen Atomen chemische Bindungen eingehen. Er forderte, statt wie damals üblich bloß die funktionalen Gruppen einer Verbindung nachzuweisen, künftig den Aufbau und die molekulare Struktur von chemischen Verbindungen zu erforschen. Mit seiner Strukturtheorie hat Kekulé die Grundlage für die Analyse der Kohlenstoffverbindungen gelegt – lediglich die Struktur der Aromaten blieb weiterhin ein Rätsel. Wenige Jahre später sollte er aber selbst maßgeblich zur Lösung dieses Problems beitragen.

1858 wurde Kekulé als Professor für Chemie an die Universität Gent in Belgien berufen. Dort beschäftigte er sich u.a. mit organischen Säuren sowie mit der Struktur der Aromaten. In der Publikation „Über die Konstitution und Untersuchung aromatischer Substanzen“ schlug er 1865 eine ringförmige Struktur des Benzols vor. Diese Idee fand unter den Chemikern schnell Zustimmung. In den darauf folgenden Jahren erbrachte er, zusammen mit einigen seiner Schüler, experimentelle Beweise für seine Benzoltheorie.

Im Jahre 1867 folgte Kekulé einem Ruf nach Bonn, wo er bis zu seinem Tode 1896 forschte und lehrte. Er arbeitete weiter an der Benzoltheorie und überprüfte und widerlegte zusammen mit seinen Mitarbeitern konkurrierende Sichtweisen und Strukturvorschläge von Fachkollegen. Zu seinen Schülern zählten u.a. Ludwig Claisen, Julius Bredt, Otto Wallach und Richard Anschütz – sein späterer Biograph. Die Benzoltheorie hatte großen Einfluss auf die sich entwickelnde Chemische Industrie, insbesondere im Bereich der Produktion synthetischer Farbstoffe, mit der das Deutsche Reich bis zum Ersten Weltkrieg den Weltmarkt beherrschte.

Bereits zu Lebzeiten wurde Kekulé's Bedeutung für die Entwicklung der Chemie erkannt, er erhielt zahlreiche Auszeichnungen, so z.B. die Copley-Medaille (1885) der Royal Society. 1893 wurde er in den Orden Pour le mérite aufgenommen und 1895 von Wilhelm II. geadelt (Kekulé von Stradonitz).

Die Zeichnung wurde 1860 von Étienne Carjat, einem berühmten Pariser Karikaturisten, angefertigt. Kekulé war damals bereits Professor in Gent, traf Carjat jedoch während eines Besuchs in Heidelberg – bei dieser Gelegenheit entstand das Blatt. Richard Anschütz, Kekulé's Biograph, schrieb dazu: „Die Karikatur machte Kekulé viel Spaß, und er zeigte sie gelegentlich seinen Freunden.“ Ungeklärt ist allerdings die Identität der jungen Dame mit dem flammenden Herz in der Hand, die Kekulé aus dem Hintergrund kesse Blicke zuwirft.



Richard Anschütz, *August Kekulé: Leben und Wirken*, Bd 1, Berlin 1929. – Klaus Hafner, *August Kekulé: dem Baumeister der Chemie zum 150. Geburtstag*, Darmstadt 1980. – Grete Ronge, „Friedrich August Kekulé“, in: *NDB* 11 (1977), 414-424.

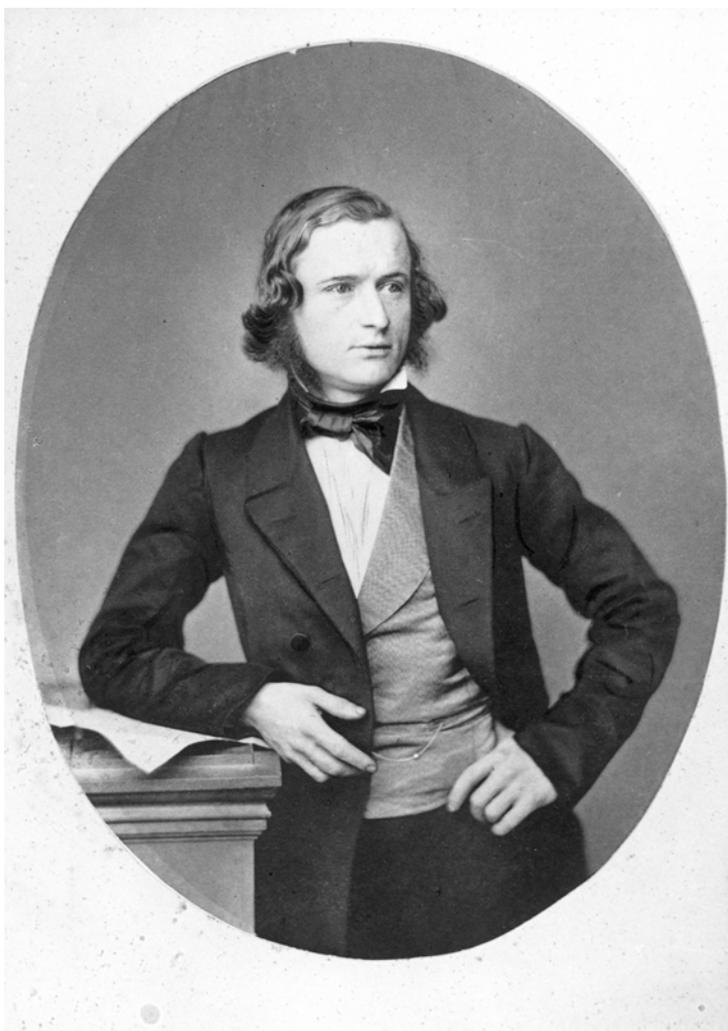
MS

7.7. **Gustav Robert Kirchhoff** (1824, Königsberg – 1887, Berlin)

Photographie, 14,5 x 10,5 cm; Universitätsarchiv Heidelberg, Pos. I 01638

Kirchhoff war einer der bedeutendsten theoretischen Physiker seiner Zeit. Seine wissenschaftliche Karriere nahm in seiner ostpreußischen Geburtsstadt ihren Anfang: Maßgeblich beeinflusst von seinem Lehrer Franz Neumann beschäftigte er sich in seinen ersten Arbeiten mit verschiedenen Aspekten des Durchgangs des elektrischen Stromes durch (kreisförmige) Ebenen. In dieser Zeit entwickelte er die sog. 'Kirchhoffschen Gesetze'. Seiner Promotion in Königsberg 1846 folgte, nach weiterführenden Studien in Berlin

v.a. bei Gustav Magnus und Carl Jacobi, 1848 die Habilitation über „Einige neue Schlußfolgerungen aus dem Ohmschen Gesetz, besonders über die Reflexion und Refraktion des elektrischen Stromes“. Mit der Annahme des Extraordinariats für Experimentalphysik in Breslau 1850 weitete sich sein Interessenspektrum von elektrischen und magnetischen Problemen zunehmend auf die Mechanik, besonders die Theorie der Elastizität und des Gleichgewichts aus.



Diese Schwerpunkte verfolgte Kirchhoff nach Antritt der ordentlichen Professur und des Direktorats des Physikalischen Kabinetts in Heidelberg im Herbst 1854 zunächst weiter. Zudem trat er hier in engen beruflichen und privaten Kontakt zu Robert Bunsen und Hermann Helmholtz, die er beide während seiner Breslauer Zeit kennengelernt hatte, sowie später auch zu Leo Königsberger. Wohl nicht ohne Einfluss Bunsens wandten sich Kirchhoffs Interessen seit etwa 1858 verstärkt Problemen der mechanischen Wärmetheorie und ihrer Anwendung auf physikalisch-chemische Prozesse zu (Gasabsorption, Auflösung von Salzen, Verdampfung von Mischungen aus konzentrierter Schwefelsäure und Wasser). Vor diesem Hintergrund können die Ende der 1850er und zu Beginn

der 1860er Jahre gemeinsam mit Bunsen durchgeführten Arbeiten zur Spektralanalyse gesehen werden, auf deren Grundlage Kirchhoff sich wiederum intensiv mit dem Problem der Wärmestrahlung befasste. Das von ihm aufgestellte ‚Kirchhoffsche Strahlungsgesetz‘, das den Zusammenhang zwischen Absorption und Emission im thermischen Gleichgewicht beschreibt, gehört in die Vorgeschichte der im Jahre 1900 von Max Planck formulierten Quantenhypothese.

Obwohl Kirchhoff über beachtliches experimentelles Geschick verfügte, setzten vor allem seine klaren mathematisch-theoretisierenden Betrachtungen Standards für die sich etablierende Theoretische Physik. Gegen Ende der Heidelberger Zeit, die unbestritten als die produktivste seines Schaffens gilt, schränkte er aufgrund eines Unfalls seine experimentelle Tätigkeit ein und wandte sich verstärkt theoretischen Aspekten zu.

Nachdem Kirchhoff verschiedene Angebote, u.a. der Berliner Universität und der neu gegründeten astrophysikalischen Sonnenwarte in Potsdam, abgelehnt hatte, folgte er im April 1875 einem Ruf an die Preußische Akademie der Wissenschaften in Berlin. In den verbleibenden elf Jahren seiner Tätigkeit kehrte er mit Untersuchungen zur Wärmeleitung, die er gemeinsam mit dem Berliner Privatgelehrten Gustav Hansemann unternahm, noch einmal zur experimentellen Tätigkeit zurück, befasste sich aber vor allem mit der Herausgabe seiner Schriften, namentlich der *Gesammelten Abhandlungen* (Leipzig 1882-1891) und seinen bis dahin unveröffentlichten *Vorlesungen über mathematische Physik*. (4 Bde., Leipzig 1876-1894). Zudem bildete er in Berlin zwei seiner bedeutendsten Schüler aus: Heinrich Hertz und Max Planck.

Klaus Danzer, *Robert W. Bunsen und Gustav R. Kirchhof: Die Begründer der Spektralanalyse*, Leipzig 1972, 32-41, 60-69. – Walther Gerlach, „Gustav Robert Kirchhoff“, in: *NDB* 11 (1977), 649-653. – Léon Rosenfeld, „Gustav Robert Kirchhoff“, in: *DSB* 7 (1981), 379-383. – Eugen Goldstein, „Aus vergangenen Tagen der Berliner Physikalischen Gesellschaft“, *Die Naturwissenschaften* 13,3 (1925), 39-45.

CN

7.8. **Friedrich Krafft** (1852, Bonn – 1923, Heidelberg)

Originalphotographie, 12 x 9 cm; Universitätsarchiv Heidelberg, Pos. I 01746



In gängigen Darstellungen der Chemiegeschichte begegnet man dem Namen von Friedrich Krafft nicht. Doch handelt es sich um einen Wissenschaftler, der große Beiträge in der organischen Chemie leistete, einem Bereich, dem Krafft einen bedeutsamen Teil seines Lebens als Professor und Forscher widmete. In Anschluss an sein 1869 begonnenes naturwissenschaftliches Studium in Bonn promovierte Krafft 1874 bei August Kekulé, indem er sich mit aromatischen Verbindungen befasste. Im selben Jahr wechselte er nach Basel, wo er sich ein Jahr später mit einer Arbeit zur theoretischen Chemie habilitierte. 1877 wurde er zum außerordentlichen Professor für Chemie in Basel ernannt und zog anschließend nach Heidelberg um, wo er 1888 ebenfalls ein Extraordinariat erhielt.

In Heidelberg blieb Krafft bis zuletzt. Nur wenige Monate vor seinem Tode wurde ihm die Ernennung zum ordentlichen Professor gewährt. In Heidelberg arbeitete Krafft unter anderem bei den Chemikern Robert Bunsen und dessen Nachfolger Victor Meyer. In

seinem Laboratorium an der Märzgasse hielt Krafft seine Vorlesungen, führte seine Versuche durch und bot einigen Studenten, trotz berichteter Enge des Laboratoriums, die Möglichkeit zur experimentellen Arbeit. Krafft beschäftigte sich hauptsächlich mit aliphatischen, gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen, sowie mit Säuren und Alkoholen. Als Zeugnis seiner Lehr- und Forschungstätigkeit erschien sein zweibändiges *Kurzes Lehrbuch der Chemie* (Leipzig/Wien 1893) sowie zahlreiche Aufsätze zur experimentellen Chemie, die vorwiegend in den *Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft* veröffentlicht wurden. Ein von Krafft erfundenes Verfahren zur „Darstellung von Äther mit Hilfe organischer Sulfosäuren“ führte zu einem ihm und A. Roos 1903 erteilten Patent.

Claudia Krüll, „Friedrich Krafft“, in: *NDB* 12 (1980), 643-644. – *POGGENDORFF* 4 (1904), 799. – *DRÜLL* 3 (1986), 149.

NS

7.9. **Hugo Kronecker**

(1839, Liegnitz – 1914, Bad Nauheim)

Offset, aus: Eugen Goldstein, „Aus vergangenen Tagen der Berliner Physikalischen Gesellschaft“, *Die Naturwissenschaften* 13/3 (1925), 39-45, auf S. 42



„Kronecker verkörperte wie kein zweiter in der Physiologie den internationalen Zusammenhang in der Wissenschaft.“ So jedenfalls hat ihn Paul Heger im Nachruf charakterisiert. Schon im Jugendalter wurden seine wissenschaftlichen Interessen durch die medizinischen Freunde seines älteren Bruders, des Mathematiker Leopold Kronecker, geprägt, so dass Hugo 1859/60 begann, in Berlin Medizin zu studieren. Später wechselte er für weitere Studien nach Heidelberg.

Dort widmete er sich besonders der Physik und der Physiologie und arbeitete, durch Helmholtz und dessen damaligen Assistenten Wundt angeregt, noch während seines Studiums selbständig auf dem Gebiet der Muskelphysiologie. Die Erfahrungen, die er auf diesem Gebiet sammelte, erwiesen sich als Grundlage für seine späteren Forschungen. Vorlesungen in Heidelberg hörte er auch bei Bunsen und Kirchhoff. Nach einem Auslandsstudium in Pisa kehrte er zum Abschluss seines Studiums nach Berlin zurück, wo er bei Du Bois-Reymond 1863 mit einer lateinischen Dissertationsschrift über die Muskelermüdung, *De ratione qua musculorum defatigatio ex labore eorum pendeat*, promovierte.

Nach dem Studium war Kronecker zunächst einige Zeit als praktischer Arzt tätig, bis er 1868 nach Leipzig ging, um sich dort von 1871 an als Assistent Carl Ludwigs vollständig der Physiologie zu widmen. In dieser Zeit war Ludwigs Institut ein internationales Zentrum für diese Wissenschaft, und Kronecker, der fließend französisch, englisch und italienisch sprach, gelang es, umfassende Beziehungen zu ausländischen Fachkollegen zu knüpfen. Nach seiner 1872 erfolgten Habilitation *Über die Ermüdung und Erholung quergestreifter Muskeln* trat er 1875 eine Stelle als außerordentlicher Professor in Leip-

zig an und wurde 1878 als Abteilungsvorsteher an das Physiologische Institut nach Berlin berufen. Von 1884 bis zu seinem Tode hatte dann er den Lehrstuhl der Physiologie in Bern inne. Dort war er am Bau eines neuen moderneren Instituts beteiligt, das auf seinen Vorschlag hin den Namen „Hallerinarium“ zum Gedenken an den Gelehrten Albrecht von Haller erhielt.

Kronecker war Mitbegründer des 1895 ins Leben gerufenen internationalen Physiologenkongresses, der unter seinem Einfluss eine größere Schwerpunktsetzung auf die Demonstration von Versuchen, weg von rein mündlichen Vorträgen, erfuhr. Auch an der Gründung des Institut Marey in Paris, das sich der wissenschaftlichen Fortbildung und der Entwicklung physiologischer Instrumente verschrieben hatte, war er nicht unwesentlich beteiligt.

Kronecker lieferte grundlegende Erkenntnisse zur funktionalen Physiologie von Herz, Muskel und Atmung, zu Mess- und Registriermethoden und zur Lehre von Reflexen. Ferner beschäftigte er sich eingehend mit der Erforschung der Lebensbedingungen in großer Höhe und der Bergkrankheit.

Heinz Walter, „Hugo Kronecker“, in: *NDB* 13 (1982), 81-82. – Paul Heger, „Hugo Kronecker“, *Münchener Medizinische Wochenschrift* 61 (1914), 1692-1631.

MF

7.10. **Albert Ladenburg**

(1842, Mannheim – 1911, Breslau)

Offset, 14,5 x 9,5 cm, nach einer Photographie; aus: Frederick Stanley Kipling, „Ladenburg Memorial Lecture“, in: *Memorial Lectures delivered before the Chemical Society, 1901-1913*, London 1914, 273



Mit Kekulé und Erlenmeyer gehört Ladenburg zu den frühen Vertretern der Strukturtheorie der Organischen Chemie. Nach Besuch des Karlsruher Polytechnikum ging Ladenburg 1860 zum Studium nach Heidelberg, wurde von Bunsen für die Chemie gewonnen und promovierte 1863. Danach arbeitete er mit Carius und Erlenmeyer auf organisch-chemischem Gebiet. 1865 wechselte er nach Gent zu Kekulé, später nach London und weiter nach Paris, wo er über Silizium- und Zinn-organische Verbindungen forschte. Im Januar 1868 habilitierte Ladenburg sich in Heidelberg für Chemie. Aus der damals geführten Kontroverse um die Benzolformel ging sein Buch *Die Theorie der organischen Verbindungen* (Braunschweig 1876) hervor.

1872 folgte Ladenburg einem Ruf auf den Chemielehrstuhl in Kiel. Untersuchungen über Atropin und andere Alkaloide führten dort zur ersten Synthese eines Alkaloids, des Coniin. 1889 wechselte Ladenburg an die Universität Breslau, wo er die molekulare Struktur von Naturstoffen und optisch aktiven Verbindungen untersuchte, aber auch analytisch-chemische Probleme löste wie die Formel von Ozon oder die Atommasse von Jod.

Ladenburgs 1868/69 in Heidelberg gehaltenen *Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart* (Heidelberg 1869) erlebten vier Auflagen, eine englische Übersetzung und einen modernen Reprint.

Walter Herz, „Albert Ladenburg“, *Berichte der deutschen Chemischen Gesellschaft* 45 (1912), 3636-3644. – Albert Ladenburg, *Lebenserinnerungen*, Breslau 1912. – Albert Baker, „Albert Ladenburg“, in: *DSB* 7 (1973), 551-552.

CM

7.11. Augustus Matthiessen (1831, London – 1870, London)

Matthiessen war ein in seiner Zeit sehr geachteter englischer Chemiker und einer der Pioniere auf dem Gebiet der Materialwissenschaft. Als Sohn einer Kaufmannsfamilie wurde er nach dem frühen Tod seiner Eltern von Stiefeltern großgezogen. Diese befürworteten seine wissenschaftlichen Neigungen nicht, sondern schickten ihn nach Dorset, wo er zum Gutsverwalter ausgebildet werden sollte – eine Entscheidung, die wohl auch mit einer seit früher Kindheit bestehenden Erkrankung zusammenhing.

Mit 21 Jahren verließ Matthiessen Dorset, um in Deutschland Chemie zu studieren. Den Doktorgrad in Chemie erlangte er 1853 in Gießen nach Studien bei Heinrich Will und Heinrich Buff. Im selben Jahr siedelte er nach Heidelberg über, wo er mit Robert Wilhelm Bunsen und später auch mit Gustav Kirchhoff arbeitete. In Heidelberg beschäftigte er sich schwerpunktmäßig mit der Erforschung der Metalle und Metalllegierungen. Dabei interessierten ihn besonders ihre physikalischen Eigenschaften, wie z.B. ihre elektrische Leitfähigkeit. In seiner ersten Veröffentlichung vom März 1855 beschreibt er die elektrolytische Darstellung von Kalzium und Strontium nach Bunsens Methode. In Kirchhoffs Laboratorium machte Matthiessen dann Versuche über die Leitfähigkeit dieser und weiterer Metalle wie Kalium, Natrium, Lithium und Magnesium.

Im Jahr 1857 kehrte Matthiessen nach London zurück, wo er einige Monate bei August Wilhelm Hofmann am Royal College of Chemistry arbeitete. Hier erweiterte er seine Forschungen in Richtung organische Chemie. Sein besonderes Interesse galt dabei den Opiumalkaloiden. Für Versuche richtete er sich in seinem Haus ein eigenes Labor ein und arbeitete dort mehrere Jahre allein. Von 1862 bis 1865 war er Mitarbeiter am Committee on the Standards of Electrical Resistance der British Association for the Advancement of Science. Dabei konnte Matthiessen als Experte auf dem Gebiet der Metalllegierungen seine Heidelberger Forschungen in praktisch-technische Anwendungen einfließen lassen. Zudem wurde er 1862 als Chemieprofessor an das Londoner Mary's Hospital berufen. 1868 wechselte er in der gleichen Funktion an das Bartholomew's Hospital, wo er die Errichtung eines neuen Laboratoriums überwachte, sich aber wenige Tage nach dessen Fertigstellung, im Alter von 39 Jahren, das Leben nahm.

Seit 1861 Fellow der Royal Society, bekam Matthiessen 1869 deren Gold Medal verliehen. Die beiden letzten Jahre seines Lebens war er Mitherausgeber des *Philosophical Magazine* und seit 1869 auch Prüfer an der University of London.

C.A.J. Chilvers, „Augustus Matthiessen“, in: *DNCBS* 3 (2004), 1367-1368. – „Augustus Matthiessen“, *Nature* (27.10.1870), 517-518.

PK

7.12. *Michail Fjodorowitsch Okatow* (1829 – nach 1878)

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts galt Heidelberg als ein Mekka für Studierende aus dem Russischen Reich. Russen, die mit einem staatlichen Stipendium im Ausland studierten, waren von 1862 an sogar zur regelmäßigen Berichterstattung an den in Heidelberg ansässigen Militärchirurgen Nikolaj Ivanovič Pirogov (1810–1881) verpflichtet. Man sprach geradezu von einer „Russischen Kolonie“, deren Zentrum die Russische Lesehalle in Heidelberg war. Höhepunkt waren die 1860er Jahre, als besonders viele russische Naturwissenschaftler bei Bunsen und Erlenmeyer arbeiteten – darunter die Chemiker Friedrich Beilstein (1853–1857 in Heidelberg), Alexander Michailovič Butlerov (1859/60), der Schöpfer des Periodensystems Dmitrij Ivanovič Mendeleev (1859–1861) oder der Komponist und Chemiker Alexander Borodin (1860/61). Auch der bekannte Physiologe Ivan Michailovič Sečenov (1859/60) oder die Mathematikerin Sofia Kovalevskaja (1869/70) studierten damals in Heidelberg.

Der Ruf der Universität ließ aber auch bereits etablierte russische Gelehrte als Gastwissenschaftler kommen. Ihre Namen lassen sich in der Matrikel oft nicht nachweisen. Zu diesen gehörte auch Michail Fjodorovič Okatow, einer der führenden russischen Experten auf den Gebieten der mathematischen Physik, angewandten Mechanik und der mechanischen Wärmetheorie.

Okatows Geburtsort und Todesjahr war nicht zu ermitteln. Veith beschriftete das für ihn gezeichnete Blatt zunächst mit: „für einen älteren polnischen Professor“, doch das Königreich Polen war damals praktisch Teil des Russischen Reichs. Bis 1848 hatte Okatow Mathematik an der Moskauer Universität studiert. In den Jahren 1848–1849 war er Mathematiklehrer am Moskauer Hofinstitut, nach dessen Schließung 1849 wechselte er ans Vierte Moskauer Gymnasium. Noch im selben Jahr nahm er eine Stelle am Lehrstuhl für Agrartechnologie im Demidovskij-Institut an. In den Jahren 1860–1861 wurde er beauftragt, an der Organisation der Kaiserlichen Landwirtschaftlichen Landesausstellungen mitzuwirken. In den Jahren 1861 bis 1863 führten ihn Studienaufenthalte ins Ausland, darunter mindestens einmal auch nach Heidelberg.

Seit 1865 unterrichtete Okatow angewandte Mechanik an der St.-Petersburger Universität, erst in diesem Jahr verteidigte er auch seine Magisterarbeit in angewandter Mathematik mit dem Titel „Allgemeine Theorie des Gleichgewichts elastischer Festkörper und ihrer Klassifizierung“. Zwei Jahre später folgte die Doktorarbeit zur Elastizität von Metallen. Von 1865 an mit dem Aufbau einer Instrumentensammlung des Lehrstuhls für angewandte Mechanik betraut, wurde Okatow 1868 dort zum Extraordinarius ernannt. Im Jahr 1871 erschien von ihm ein Lehrbuch der Thermostatik. Im Jahr 1878 verließ er die St.-Petersburger Universität.

„Michail Fjodorovič Okatow“, in: *Biografičeskij slovar professorov i prepodavatelej Imperatorskogo S.-Peterburgskogo universiteta [...] 1869-1894*, Bd 1-2, St. Petersburg 1896-98. – Willy Birkenmaier, *Das russische Heidelberg: Zur Geschichte der deutsch-russischen Beziehungen im 19. Jahrhundert*, Heidelberg 1995.

7.13. *Henry Enfield Roscoe* (1833, London – 1915, Leatherhead)

Ausschnitt aus einer Gruppenaufnahme mit Bunsen und Kirchhoff, Manchester 1862, bez.: Emery Walker, Ph[otographic] So[ciety]; aus: Henry E. Roscoe, *The Life and Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe*, London, New York 1906, nach S. 72 [→ 7.].

Henry E. Roscoe war der vielleicht bedeutendste Chemiker des viktorianischen Englands. Der Kaufmannssohn erhielt seine erste wissenschaftliche Prägung bereits während seines Schulbesuchs an der Liverpool Institute High School, welche – für die damalige Zeit ungewöhnlich – über ein eigenes chemisches Laboratorium verfügte. Als Nicht-Anglikaner konnte er nicht an den traditionsreichen Universitäten Cambridge und Oxford studieren, weshalb er sich 1848 am University College London einschrieb. Dort besuchte er Vorlesungen der Chemie bei Thomas Graham und Alexander Williamson. Nach seinem Abschluss 1853 ging Roscoe an die Universität Heidelberg, wo er in engen Kontakt mit Robert Wilhelm Bunsen und Gustav Kirchhoff trat. Nach seiner Promotion arbeitete



Roscoe mit Bunsen im Bereich der quantitativen Photochemie. Daraus entstanden insbesondere Erkenntnisse über den Einfluss von Licht auf die Chlorknallgasreaktion, ferner der photochemische Lichtmengensatz, später auch Bunsen-Roscoe-Gesetz genannt.

Nachdem 1855 Williamson als Chemieprofessor Graham nachfolgte, bot er Roscoe die Stelle eines Lecturers am University College an. Dieser akzeptierte das Angebot und kehrte, begleitet von Wilhelm Dittmar, der sein Assistent im eigenen privaten Laboratorium wurde, im Jahr 1856 nach London zurück. Doch schon 1857 trat Roscoe an Owens College in Manchester, der späteren Universität, die Nachfolge des Chemieprofessors Edward Frankland an. In den nächsten Jahren arbeitete er, meist während der Ferien, weiterhin mit Bunsen in Heidelberg zusammen. Für das *Philosophical Magazine* übersetzte er zudem Veröffentlichungen von Bunsen und Kirchhoff zur Spektralanalyse. In relativ kurzer Zeit wurde sein Institut als Ausbildungsstätte von Chemikern nicht nur für die lokalen Manufakturen bedeutend, sondern erlangte im ganzen Vereinigten Königreich besonderes Ansehen. Roscoe machte in Manchester Entdeckungen auf dem Gebiet der Chloride, und ihm gelang der Nachweis der Fünfwertigkeit von Vanadium. Im Jahr 1861 stellte er als seinen Assistenten den jungen deutschen Chemiker Carl Schorlemmer ein. Dieser erhielt im Jahr 1874 am Owens College auf Roscoes Empfehlung den ersten Lehrstuhl für Organische Chemie in Großbritannien. In seinen späteren Jahren in Manchester engagierte sich Roscoe als Lehrbuchautor (u.a. *A Treatise on Chemistry*, 1877-1884, gemeinsam mit Schorlemmer) und als Wissenschaftspopularisator (*Science Lectures for the People*). Seine Lehrbücher erschienen in vielen Auflagen und wurden in zahlreiche Fremdsprachen übersetzt.

Roscoe war seit 1863 Mitglied der Royal Society und seit 1881 Präsident mehrerer wissenschaftlicher Gesellschaften (Chemical Society, British Association for the Advancement of Science, Society for Chemical Industry). Im Jahr 1884 wurde er geadelt und gab seinen Lehrstuhl an der Manchester University auf, um für das Parlament zu kandi-

dieren. In den Jahren 1885–1895 war er Mitglied des Parlaments für die Liberale Partei. Seine politische Tätigkeit erstreckte sich besonders auf die Gebiete der naturwissenschaftlichen Bildung und der Umweltgesetzgebung.

Michael A. Salmon, „Henry E. Roscoe“, in: *DNCBS* 4 (2004), 1718-1720. – Robert Kargon, „Henry Enfield Roscoe“, in: *DSB* 11 (1975), 536-539. – James R. Partington, *A History of Chemistry*, Bd 4, London 1964, 721-725, 899-902. – Henry E. Roscoe, *The Life and Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe*, London, New York 1906. – Edward Thorpe, *The Right Honourable Sir Henry Enfield Roscoe*, London 1916.

PK

7.14. **Jakob Schiel**

(1813, Stromberg/Kreuznach – 1889, Lichtenthal/Baden)

„Aus Schiel hätten sich ganz leicht drei Professoren machen lassen, denn der kenntnisreiche Mann war in einer Person Chemiker, Physiker und Geolog, und er hätte in vier lebenden Sprachen dozieren können, da er sie völlig beherrschte. Trotz dieser Vorzüge wäre er ohne die Hilfe der Jugendfreundin im Kampfe ums Dasein besiegt unterlegen, weil ihm die Tugend der Beharrlichkeit abging, ohne die auch ein reicher Schatz von Kenntnissen nur einen beschränkten Wert hat.“ So charakterisierte ihn der Mediziner Adolf Kussmaul, der Schiel noch aus seiner eigenen Heidelberger Zeit kannte.

Als Schüler Liebigs in Gießen hatte Schiel 1842 die Homologie der aliphatischen Kohlenwasserstoffe entdeckt und damit eine der Voraussetzungen für die Lehre vom vierwertigen Kohlenstoff geschaffen. 1845 habilitierte er sich in Heidelberg mit einer Arbeit *Über einige theoretische Ansichten in der organischen Chemie, insbesondere über Substitutionstheorie*. 1849 folgte – auf Anregung Liebigs – eine deutsche Übersetzung von John Stuart Mills *A System of Logic*. Noch im gleichen Jahr wanderte Schiel aber nach Nordamerika aus und schloss sich einer Expedition an, die im Auftrag der Regierung der Vereinigten Staaten das Land westlich des Mississippi wissenschaftlich erforschen sollte, um dort eine Eisenbahnstrecke zu bauen.

1859 kehrte Schiel nach Heidelberg zurück und legte die Erfahrungen seines Amerikaaufenthaltes in der Skizze *Reise durch die Felsengebirge und die Humboldtgebirge nach dem Stillen Ozean* (Schaffhausen 1859) nieder. Als Privatdozent weitgehend erfolglos, publizierte er eine auf Bunsens gasometrischen Methoden basierende *Anleitung zur Organischen Analyse und Gasanalyse* (Erlangen 1860) sowie eine *Einleitung in das Studium der Organischen Chemie* (Erlangen 1861), in der er für eine stärkere Berücksichtigung mathematisch-physikalischer Methoden in die Chemie plädierte. Schiel fand aber keine Anstellung an der Universität und lebte vom Vermögen seiner Frau. 1865 folgte das an John Stuart Mill angelehnte Werk *Die Methode der inductiven Forschung, als die Methode der Naturforschung in gedrängter Darstellung* sowie kleinere chemische und medizinische Arbeiten.

POGGENDORFF 3 (1898), 1187. – Richard Anschütz, *August Kekulé, Bd 1: Leben und Wirken*, Berlin 1929, 133-136. – Adolf Kussmaul, „Ein Dreigestirn großer Naturforscher in der Heidelberger Universität im 19. Jahrhundert“, *Deutsche Revue* 27/1 (1902), 35-45, 173-187, hier S. 185.

CM

7.15. **Richard Thoma**

(1847, Bonndorf – 1923, Heidelberg)

Photographie, 14 x 10 cm; Universitätsarchiv Heidelberg, Pos. I 03019



Thoma war einer der bedeutendsten Pathologen im Bereich der Erforschung von Blutgefäßen und der Blutzirkulation. Darüber hinaus gilt er als einer der härtesten Verfechter eines physikalisch-mathematischen Verständnisses der Lebensvorgänge.

Thoma begann 1866 sein Studium in Berlin und setzte dieses später in Heidelberg fort. Maßgeblich geprägt wurde Thoma durch seine Lehrer Julius Arnold und Hermann Helmholtz. 1870 promovierte Thoma am Lehrstuhl für Pathologische Anatomie in Heidelberg und nahm kurz darauf als Militärarzt am Deutsch-Französischen Krieg teil. 1872 bestand er das Staatsexamen und wurde zum Assistenten unter Julius Arnold am Pathologischen Institut in Heidelberg berufen. In den folgenden Jahren arbeitete Thoma an der Erforschung der weißen Blutkörperchen und deren Verteilung im

menschlichen Körper. Zudem entwickelte Thoma das Schlittenmikrotom. Dieses ermöglicht es, präzise Gewebsdünnschnitte von in Paraffin eingebetteten Materialien zu machen; es wurde von 1880 an von dem Feinmechaniker Jung in Heidelberg hergestellt und kommerziell vertrieben. 1877 folgte Thomas Ernennung zum außerordentlichen Professor für Pathologische Anatomie in Heidelberg. In dieser Phase seiner Karriere widmete sich Thoma speziell anatomischen Fragestellungen und stellte Untersuchungen und Vergleiche über Größe und Gewicht menschlicher Organe im gesunden bzw. kranken Zustand an. Über die Jahre 1875 bis 1881 entwickelte Thoma, in Zusammenarbeit mit Carl Zeiss, eine Methode zur Auszählung von Leuko- und Erythrozyten in definierten Blutvolumina, die sogenannte Thoma-Zählkammer.

1884 verließ Richard Thoma schließlich seine langjährige Wirkungsstätte Heidelberg und nahm die Professur für Pathologie an der Universität Dorpat an. 1886 wurde er zum Mitglied der Leopoldina gewählt. Er veröffentlichte in dieser Zeit ein *Lehrbuch der Pathologischen Anatomie*, in der für Studierende und Praktiker das damals aktuellste medizinische Wissen verfügbar war. 1894 nahm Thoma eine Stelle als Prorektor an der Universität Magdeburg an, verließ diese allerdings schon im Folgejahr wieder und wurde stellvertretender Leiter des Städtischen Krankenhauses in Gudenberg (Hannover). 1897 gehörte Thoma zu den Gründungsmitgliedern der Deutschen Pathologischen Gesellschaft. 1901 kehrte er an seine alte Wirkungsstätte Heidelberg zurück und nahm dort bis zu seinem Tod 1923 einen Lehrauftrag als Privatgelehrter wahr.

DRÜLL 3 (1986), 268. – DBE 10 (1999), 15.

7.16. *D. von Trautvetter*

[ca. 1840, Tuckum – 1918, Jaroslavl' ?]

Wie Michail Okatow [→ 7.12.] gehört auch Trautvetter zur großen Zahl russischer Gelehrter, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Gastwissenschaftler zu Forschungszwecken nach Heidelberg kamen. Doch ließ sich über ihn fast nichts in Erfahrung bringen. Die Heidelberger Matrikel und Adressbücher verzeichnen ihn nicht. Was wir wissen, stammt aus einem einzigen Aufsatz von ihm in dem von dem großen Augenklinikern Albrecht von Graefe (1828–1870) in Berlin herausgegebenen *Archiv für Ophthalmologie*. Die Arbeit enthält die Ergebnisse von Tierversuchen zur Akkomodation des Auges, die Trautvetter in Helmholtz' Heidelberger Laboratorium erzielte und sie Helmholtz sowie dessen Assistenten Julius Bernstein (1839–1917) vorführte, der wenig später als erster das Nervenaktionspotential nachweisen konnte und von 1873 an den Lehrstuhl für Physiologie in Halle innehatte.

Aus dem genannten Aufsatz geht hervor, dass Trautvetter aus Kiew stammte und seine Heidelberger Forschungen im Mai 1866 abgeschlossen hat. Veith, der vor allem bei ausländischen Namen orthographisch recht unsicher schrieb, gab ihm auf dem für ihn im April 1866 gezeichneten Blatt den Titel eines „Baron von Trautfeder“. Möglicherweise handelt es sich bei unserem Forscher um Ernst Dagobert von Trautvetter (ca. 1840–1918), der von 1878–1898 an der Universität Warschau Professor für Haut- und Geschlechtskrankheiten und Neffe des berühmten Botanikers Ernst Rudolf von Trautvetter (1809–1889) war.

D. von Trautvetter, „Ueber den Nerv der Accomodation“, *Archiv für Ophthalmologie* 12 (1866), 95-149. – „Hugo Trautvetter“, *Deutschbaltisches biographisches Lexikon 1710-1960*, Bd 2, Köln u.a. 1970, 810-811.

CN

7.17. *Adolf Weil*

(1848, Heidelberg – 1916, Wiesbaden)

Photographie, 10,4 x 6,4 cm, aus: Der Lehrkörper der Ruperto Carola zu Heidelberg im Jahre 500 ihres Bestehens, Album; Universitätsbibliothek Heidelberg, Graphische Sammlung, I w, 2-10



Adolf Weil ist heute vor allem für die Erforschung einer mit dem Milztumor einhergehenden akuten Infektionskrankheit bekannt, die nach ihm Weilsche Krankheit heißt. Als Sohn des Professors der orientalischen Sprachen, Gustav Weil, in Heidelberg geboren, studierte Weil dort von 1865 bis 1870 Medizin. Neben Vorlesungen bei Bunsen, Kirchhoff und Helmholtz besuchte er den Unterricht Arnolds. Nach bestandenen Staatsexamen, Promotion, und Vervollständigung seines Studiums in Berlin und Wien in den Jahren 1870 und 1871 nahm insbesondere der Heidelberger Pathologe Nikolaus Friedreich (1825–1882) entscheidend Einfluss auf Weils späteren Werdegang. Er beschäftigte Weil von 1872 bis 1876 als Assistent in der von ihm geleiteten Medizinischen Klinik.

Weils Habilitationsschrift von 1872, *Die Gewinnung vergrößerter Kehlkopfspiegelbilder nebst einer kurzen Darstellung der Theorie des Kehlkopfspiegelbilds*, beschäftigte sich, wie beinahe alle seine Arbeiten, mit innerer Medizin. Laryngologie und die Erforschung der Syphilis – Schwerpunkte an der Medizinischen Klinik in Heidelberg – waren seine Hauptarbeitsgebiete. Weils ausgeprägtes Interesse an Physik spiegelt sich sowohl in seiner Habilitation wie auch in anderen Arbeiten. Auf dem Gebiet der physikalischen Diagnostik, speziell der Milzperkussion und der Pathologie der Lungen und Bronchien, verfasste er mehrere Werke, von denen das *Handbuch und Atlas zur der topographischen Perkussion* (Leipzig 1877) und *Zur Lehre vom Pneumotorax* (Leipzig 1882) die bedeutendsten sind.

1876 wurde Weil außerordentlicher Professor in Heidelberg und übernahm nach dem Tode Friedrichs die Leitung der Klinik. Während dieser Zeit nutzte er die Möglichkeit, klinische Beobachtungen an einer größeren Anzahl von Patienten durchzuführen, was ihn auf die später nach ihm benannte Infektionskrankheit stoßen ließ. Er beschrieb sie 1886 in der Abhandlung „Über eine eigentümliche, mit Milztumor, Ikterus und Nephritis einhergehende akute Infektionskrankheit“.

Nachdem Weil 1886 einem Ruf an die Universität Dorpat gefolgt war, zwang ihn eine Kehlkopftuberkulose schon ein Jahr später, den Lehrberuf aufzugeben. Danach ließ er sich als praktischer Arzt nieder und praktizierte sechs Jahre lang den Winter über in Italien, in den Sommermonaten in Badenweiler. 1893 zog er nach Wiesbaden, wo er bis zu seinem Tode wohnte.

Friedrich Schulze, „Adolf Weil“, *Münchener Medizinische Wochenschrift* 63 (1916), 1293-1294. – *DRÜLL* 3 (1986), 290.

MF

7.18. **Wilhelm Wundt**

(1832, Neckarau – 1920, Leipzig)

Photographie, um 1870, ca. 10 x 6 cm, bez.: Carl Bellach, Leipzig; Wundt-Gedenkzimmer, Psychologisches Institut der Universität Leipzig



Wilhelm Wundt gilt als einer der Gründer der experimentellen Psychologie. Er wurde in eine protestantische Pfarrfamilie hineingeboren und legte sein Abitur im Jahr 1851 am Heidelberger Gymnasium ab. Bei seiner Entscheidung zur Aufnahme des Medizinstudiums in Tübingen unterstützte ihn sein Onkel Friedrich Arnold, welcher dort selbst als Anatom tätig war. In seinen Reminiszenzen *Erlebtes und Erkanntes* bekannte Wundt: „Aber ich müßte lügen, wenn ich behaupten wollte, die Medizin, die ich nach einigem Schwanken schließlich wählte, sei der Gegenstand meiner besonderen Vorliebe gewesen.“

1852 setzte er sein Studium in Heidelberg fort und absolvierte 1855 sein medizinisches Staatsexamen in Karlsruhe. 1856 wurde er in Heidelberg mit der Arbeit „Untersuchungen über das Verhalten der Nerven in entzündeten

und degenerierten Organen“ zum Dr. med. promoviert. Nach kurzer Assistenzzeit 1856 bei Ewald Hasse in der Frauenabteilung der Heidelberger Klinik entschloss er sich, nach Berlin zu gehen. In einem halbjährigen Forschungsaufenthalt bei Johannes Müller und Emil Du Bois-Reymond führte er Untersuchungen an der Skelettmuskulatur durch, welche er später in seinem ersten Buch *Die Lehre von der Muskelbewegung* (Braunschweig 1858) veröffentlichte. 1857 habilitierte er sich an der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg und trat noch im gleichen Jahr eine Privatdozentur an. Von 1858 bis 1863 war er dann Assistent bei Hermann Helmholtz. Diese Zusammenarbeit war für Wundt, gemessen an der Zahl seiner Veröffentlichungen, eine ungemein produktive Zeit.

1864 wurde Wundt zum außerordentlichen Professor für Anthropologie und Medizinische Psychologie an der Medizinischen Fakultät in Heidelberg berufen. Neben erfolgreicher wissenschaftlicher Arbeit (*Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Erlangen 1858; *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung*, Leipzig 1862; *Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele*, Leipzig 1863) wirkte Wundt von 1864 bis 1868 als Landtagsabgeordneter der Stadt Heidelberg und Mitglied der Badischen Fortschrittspartei in der Zweiten Kammer des badischen Landtages.

1874 folgte Wundt einem Ruf an die Universität Zürich und wurde dort Ordinarius für induktive Philosophie, ging aber bereits ein Jahr später nach Leipzig und wurde dort, obgleich weder der Wunschkandidat für die Vakanz noch bislang sonderlich bekannt, ordentlicher Professor für Philosophie, wobei er sich nicht nur den Lehrstuhl, sondern auch das Gehalt mit Max Heinze zu teilen hatte. Drei Jahre später, 1879, gründete er das weltweit erste Institut für experimentelle Psychologie – zunächst als Privateinrichtung. Vier Jahre später wurde es zu einem Universitätsinstitut mit planmäßigem Haushalt. In diesem Institut führte er gemeinsam mit Doktoranden experimentelle Untersuchungen durch, u.a. zu Themen der Psychophysik und zum zeitlichen Verlauf psycho-physischer Prozesse. Das „Vademecum der experimentellen Psychologie“ hat man Wundts *Grundzüge der Physiologischen Psychologie* genannt, erschienen 1874 noch in einem einzigen Band, in der 6. Auflage von 1908-1911 schließlich dreibändig.

Von 1900 an veröffentlichte Wundt seine berühmte *Völkerpsychologie* in 10 Bänden. Er verstand sie als Entwicklungspsychologie von Denken, Gefühl und Wille mittels der Analyse von Sprache, Mythos und Sitte in ihrem historischen Kontext. Im Sommersemester 1917 hielt der nun bereits 85jährige Wundt seine Abschiedsvorlesung zur *Völkerpsychologie*.

Neben vielen anderen Titeln und Ehrungen erhielt Wilhelm Wundt 1876 von der Universität Leipzig die philosophische Ehrendoktorwürde verliehen, ihr folgte 1887 die der Universität Göttingen. Von 1889 bis 1890 war Wundt Rektor der Universität Leipzig, und 1902 wurde er zum Ehrenbürger dieser Stadt ernannt.

DBE 10 (1999), 598-599. – Wolfgang Bringmann u. David Cotrell, „Helmholtz und Wundt an der Heidelberger Universität“, *Heidelberger Jahrbücher* 20 (1976), 79-88. – Maximilian Wontorra, Annerose Meischner-Metge u. Erich Schröger (Hgg.), *Wilhelm Wundt (1832–1920) und die Anfänge der experimentellen Psychologie: Jubiläumsausgabe zur 125-Jahr-Feier seiner Institutsgründung*, CD-ROM, Leipzig 2004. – Wolfram Meischner u. Erhard Eschler, *Wilhelm Wundt*, Leipzig u.a. 1979. – Wilhelm Wundt, *Erlebtes und Erkanntes*, Stuttgart 1920.

8. LITERATUR

8.1. Abgekürzt zitierte Literatur

- ADB* Allgemeine Deutsche Biographie, Auf Veranlassung und mit Unterstützung Seiner Majestät des Königs von Baiern Maximilian II. hg. durch die Historische Commission bei der Königlichen Academie der Wissenschaften, 56 Bde, Leipzig 1875-1912.
- DBE* *Deutsche biographische Enzyklopädie*, hg. v. Walther Killy u.a., 13 Bde, München u.a. 1995-2003.
- DNCBS* *The Dictionary of Nineteenth-Century British Scientists*, hg. v. Bernard Lightman, 4 Bde, Bristol 2004.
- DRÜLL* Dagmar Drüll, *Heidelberger Gelehrtenlexikon*, Bd 3: 1803-1932, Berlin u.a. 1986.
- DSB* *Dictionary of Scientific Biography*, hg. v. Charles Gillispie, 18 Bde, New York 1970–1990.
- NDB* *Neue Deutsche Biographie*, hg. v. der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Berlin 1953 ff.
- POGGENDORFF* Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften, begr. von Johann Christian Poggendorff, 7 Bde, Leipzig 1863 ff.
- SEMPER APERTUS* *Semper Apertus: Sechshundert Jahre Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg*, hg. v. Wilhelm Doerr bzw. Peter Riedl, 6 Bde, Berlin, Heidelberg, New York 1985.
- THIEME/BECKER* *Allgemeines Lexikon der bildenden Künstler von der Antike bis zur Gegenwart*, begr. v. Ulrich Thieme u. Felix Becker, 37 Bde, Leipzig 1907-1950.

8.2. Allgemeine Literatur zum Heidelberger Kontext

Bettina Albrecht, *Die ehemaligen naturwissenschaftlichen und medizinischen Institutsgebäude der Universität Heidelberg im Bereich Brunnengasse, Hauptstraße, Akademiestraße und Plöck*, Heidelberg 1985.

Peter Borscheid, *Naturwissenschaften, Staat und Industrie in Baden, 1848-1914*, Stuttgart 1976.

Wilhelm Doerr (Hg.), *Semper Apertus: Sechshundert Jahre Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Festschrift in sechs Bänden, Bd II: Das neunzehnte Jahrhundert, 1803-1918*, Berlin u.a. 1985.

Christa Jungnickel u. Russell McCormmach, *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, Bd 1, Chicago 1986, 285-310.

Arleen M. Tuchman, *Science, Medicine, and the State in Germany: The Case of Baden, 1815-1871*, Oxford 1993.

Eike Wolgast, *Die Universität Heidelberg 1386-1986*, Berlin 1986.

Von der Forschung gezeichnet

Experimentalkulturen im 19. Jahrhundert

Heidelberger Bilder der Wissenschaft

vorgestellt vom
Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte
der Universität Regensburg



UNIVERSITÄTS
MUSEUM
HEIDELBERG

Eine Ausstellung im
Universitätsmuseum Heidelberg,
Grabengasse 1, 30. Januar bis 13. September 2009