

Die Chemie in Kurhessen vor 150 Jahren. Robert Wilhelm Bunsens 175. Geburtstag

Siegfried Lotze

Mit Robert Wilhelm Bunsen wurde vor 175 Jahren im Göttinger alten „Professorenviertel“ in der „Teichstraße“, der heutigen Unteren Masch, einer der größten Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts geboren. Neben dem allbekannten Bunsenbrenner, der Wasserstrahlpumpe, dem Fettfleck-Photometer, der Spektralanalyse, der Zink-Kohle-Batterie, der Entdeckung des Rubidiums und des heute zur traurigen Berühmtheit gelangten Cäsiums waren es vor allem Gas- und Mineralien-Untersuchungen, die ihn in seiner hessischen Zeit beschäftigt haben. Er hat, wie kaum ein anderer Wissenschaftler, über ganze Studenten-Generationen hinweg, unter denen sich sogar eine größere Zahl von späteren Nobelpreisträgern befanden, jenen guten Ruf begründet, den bis weit in das 20. Jahrhundert hinein die Chemie in Göttingen, Marburg, Gießen, Heidelberg und an anderen deutschen Universitäten besaß. Außer lebensgefährlichen Untersuchungen organischer Verbindungen des Arsens an der Höheren Gewerbeschule in Kassel und seinen zahlreichen genial-einfachen Verbesserungen bekannter Verfahren, grundlegenden Entdeckungen – selbst auf Gebieten, die eigentlich anderen Disziplinen wie z. B. der Physik, Mineralogie, Pharmazie angehörten – waren es vor allem während seiner Zeit in Kassel und Marburg Arbeiten für den kurhessischen Montanbereich, die uns hier interessieren sollen. Zu dem Zeitpunkt, als in Deutschland die frühindustrielle Revolution erst begann, arbeitete Bunsen für die Bergämter Veckerhagen und Richelsdorf; er schuf Gasanalyseverfahren, die sich selbst im fortschrittlichen englischen Steinkohle-Hochofenbetrieb und seinen Energieprozessen weitreichend auswirken sollten.

Das genaue Geburtsdatum des Robert Wilhelm Bunsen ist nicht, wie in fast allen Publikationen bis heute falsch angegeben, der letzte März, sondern der 30. 3. 1811. Dies belegt die Kirchenbucheintragung; es wird als 4. Sohn ein Robert Wilhelm Eberhard, Sohn des Ehepaares Professor Christian Bunsen und seiner Ehefrau Auguste Friederike geb. Quensel zu Göttingen geboren. Dies bestätigt auch sein handschriftlicher Lebenslauf aus der Heidelberger Zeit von 1856:

Robert Wilhelm Eberhard Bunsen geboren
am 30^{ten} März 1811 zu Göttingen, wo sein
Vater Professor war besuchte die gym.
Mansien zu Göttingen und Holzminnen
Lagge im Jahre 1829 die Universität
seiner Vaterstadt. ^{erlangte} er
am 8. März 1831 die Doktorwürde.

Wahrscheinlich stammt zumindest einer der drei Zweige der waldeckischen Familie Bunsen von jenem Heinrich Bunsen ab, der als Schüler des bekannten Hainaer Formschneiders Philipp Soldan (ca. 1500–1569) die Gußformen des berühmten Eisenofens vom Grebensteiner Rathaus (1579) erstellte; jedenfalls versucht ein amerikanischer Nachkomme derzeit diesen Nachweis zu erbringen. Lockemann hat schon 1949 die Ahnenfolge in seiner großen Robert-Wilhelm-Bunsen-Biographie, die vor allem auch die chemischen Forschungen an der Universität Heidelberg beinhaltet, bis zum Ururgroßvater des Chemikers zurückverfolgt. So war Anthon Bunsen (1661–1736) ein Bauer in Hesperinghausen. Dessen Sohn Jeremias (8. 12. 1688 – 11. 3. 1752) schürfte als Bergwerksgenosse und war zeitweilig Verwaltungschef der Residenzstadt Arolsen. Ähnlich dem Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke (1602–1686) tat er sich jedoch mehr als Naturwissenschaftler und Herausgeber von Schriften zur Physik und zu elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre, denn als Bürgermeister hervor. Schon seine Mutter Hedwig Scheven (1660 – 21. 12. 1688) stammte aus einer geistig regsamen Familie; so erzog nach dem Tod der Mutter ein Onkel, der als *Ingenieur und Capitain* in holländischen Diensten stand, den kleinen Jeremias. J. Bunsen ist auch als Hofmaler und um 1726 als Münzmeister überliefert. Sein Sohn Philipp Christian (1. 10. 1729 – 10. 2. 1790) wurde ebenfalls Münzmeister in Arolsen, schuf als Goldschmied kunstvolle Schmuckstücke und wurde ab 1752 Münzmeister der Freien Reichsstadt Frankfurt am Main, worüber ein in französischer Sprache geschriebenes Tagebuch Auskunft gibt. Seine Ehefrau, Robert Wilhelms Großmutter Christine Elisabeth geb. Linde (11. 4. 1727 – 21. 10. 1807), hatte Vorfahren in einer alten Pastorenfamilie im Harz, die schon vor dem 30jährigen Krieg in Coesfeld und Helmstädt Senatoren und Professoren stellte. Christian Bunsen wurde am 1. 4. 1770 als neuntes Kind des Frankfurter Münzmeisters geboren und widmete sich bis zu seinem Tode am 24. 3. 1837 in Göttingen ganz dem Gelehrtenberuf: er war Professor der Neueren Philologie und Kustos der Universitätsbibliothek. R. W. Bunsens Mutter Auguste Friederike, geb. Quensel (3. 8. 1775 – 12. 7. 1853), an der Robert Wilhelm sehr hing, war die Tochter eines britisch-hannöverschen Majors Carl Quensel. Dieser Großvater des Chemikers stammte von reitenden Förstern in Clausthal und den Besitzern der Steinmühle bei Elbingerode ab.

Ausbildung und Göttinger Jahre

Über Robert Wilhelm Bunsens Schul- und Jugendzeit ist recht wenig bekannt. Das Elternhaus in Göttingen bot reichlich Gelegenheit, durch ausländische Studenten, die dort in Pension lebten, Besucher und gebildete Verwandte¹ eine weltoffene Einstellung zu finden. Am Ende der Schulzeit verließ der 15jährige Bunsen das Göttinger Gymnasium und absolvierte die letzten beiden Jahre in Holzminden, wo er auch Ostern 1828 das Abitur ablegte. Neben seiner Leidenschaft für die alten Sprachen trieb ihn sein Hauptinteresse für die Naturwissenschaften zurück an die berühmte Georgia-Augusta-Universität, die damals neben Gießen zu den besten Ausbildungsstätten für angehende Chemiker zählte.

So war sein Ordinarius in Chemie der ausgezeichnete Analytiker Friedrich Stromeyer (1776–1835), der 1817 durch die Entdeckung des Cadmiums bekanntgeworden war. Gründliche Studien in Physik und Mathematik² ergänzten hauptsächlich seine Ausbildung zum Chemiker, wobei er stets versuchte, einen Blick für das Ganze der Wissenschaften zu bewahren. Seine Interessen in Mineralogie und Geologie schlugen sich nieder in frühen Reisen zum Harz, in häufigen späteren Bergwerksbesuchen bis hin nach Schweden und wissenschaftlichen Erklärungsversuchen zu Problemen isländischer und italienischer Vulkane.

Seine handwerkliche Geschicklichkeit und solide Ausbildung erlaubten es ihm später, auch seinen Schülern als tüchtiger Glasbläser zu Diensten zu sein, da er die nötigen Glasgeräte selbst herstellen konnte. R. W. Bunsen gewann am 4. Juni 1830 einen Preis der philosophischen Fakultät für seine lateinischen

Abhandlungen über die verschiedenen Hygrometerarten³, die auch als Dissertation angenommen wurden.

In Bunsens letztes Studienjahr fielen die Göttinger Unruhen der Revolution 1830/31, jedoch blieb der Chemiker zeitlebens ein nahezu unpolitischer Mensch mit eher liberaler Grundhaltung; trotzdem trieb ihn nach der 1848er Revolution die „Hassenpflugsche Reaktion“, wie es Carl Knetsch⁴ formulierte, nach Breslau und Heidelberg⁵.

Nach den Lehrjahren an der Universität Göttingen und nach dem Dr. phil. (am 17. 10. 1831) folgen Bunsens Wanderjahre nach Berlin, Paris und Wien. Zuerst besucht R. W. Bunsen mit seinem Vetter und Hofmedicus R. Bunsen in Kassel die aufstrebende Maschinenfabrik von Henschel und Sohn. Carl Henschel (1759–1835) hatte neben einer Glockengießerei noch im 18. Jahrhundert das erste Bleiwalzwerk Deutschlands gebaut, besaß im Gießhaus Kassel seit 1817 ein Ziehwerk für Bleirohre, baute die ersten Ölpresen Deutschlands und führte vorzügliche Wassersäulenmaschinen für den Bergbau sowie Feuer-spritzen aller Art aus. Bunsen schrieb in einem Brief an seine Eltern: *Wir haben den ganzen Tag damit hingbracht, Fabriken zu besehen, von denen einige höchst interessant für mich waren . . . Den Beschluß machten wir mit der Besichtigung einer kleinen, aber höchst ingeniös von Henschel in Kassel angegebenen und ausgeführten Dampfmaschine, die er mir zu Gefallen in Activität zu setzen die Artigkeit hatte. Dieser berühmte Maschinenbauer ist Oberbergrat in Kassel und Mitunternehmer der großen neu einzurichtenden Goldwäsche an der Edder*⁶.

Ob Bunsen über den Bergrat Carl Anton Henschel (1780–1861), der Mitglied der kurhessischen Ober-Berg- und Salzwerks-Direction war, auch zur Eisenhütte Veckerhagen und den angeschlossenen Brauneisen-Bergwerken von Hohenkirchen geführt wurde, ist unbekannt. Jedenfalls lieferte C. A. Henschel gerade im Jahre 1832 ein sehr leistungsfähiges Kettengebläse mit bislang unerreichtem Wirkungsgrad für diese staatliche Hütte. Die neue Gebläsetechnik stellt eine der Basiserfindungen in der Verhüttungstechnik dar, so wie Henschels „Casseler Flammofen“ in der Möncheberger Ziegelei revolutionär war⁷.

Vermutlich baute auch C. A. Henschel vor 1842 für die Eisenhütte Veckerhagen eine *6-pferdige Dampfmaschine*, von deren Existenz wir vom Hütten-inspector Pfort aus dieser Zeit wissen.

Nur jene Firmen, die wie Henschel Erfahrung im Kanonenguß hatten, waren in der Lage, die Guß- und Bohrtechnik beim Dampfmaschinenbau und bei der Ablösung der hölzernen Kastengebläse zu beherrschen. Dieser frühe Kontakt zur Eisenindustrie sollte sich in Bunsens Kasseler Zeit bei seinen Hochofengas-Untersuchungen von 1838 niederschlagen, deren Ergebnisse weltweites Aufsehen erregten. Der nun kennengelernte *berühmte Maschinenbauer* Henschel verkehrte in Kassel mit allen führenden Kreisen aus Wissenschaft, Politik und Kunst, ähnlich Bunsens eigenem Kasseler Freundeskreis.

Über Nordhausen, Stolberg, Quedlinburg und ihm bekannte Harzgegenden gelangte Bunsen nach Magdeburg, wo er in Althaldensleben drei Tage die verschiedenartigsten Fabriken⁸ des Großindustriellen Nathusius ausgiebig besichtigte, der zu dieser Zeit schon 1300 Arbeiter beschäftigte. Neben einem Erfahrungsaustausch mit dem Betriebschemiker, der die *neuesten und bewährtesten Erfindungen* zeigte, erhielt Bunsen von Nathusius fünf Empfehlungsschreiben an Berliner Gelehrte. Abschließend ließ sich Bunsen noch in

Magdeburg die geologischen und physikalischen Sammlungen der „Höheren Gewerbe- und Handelsschule“ vorführen.

Mit der Pferdepост gelangte Bunsen vom 18. 5. 1832 an in 16 Stunden und über 145 km nach Potsdam und Berlin. Er besuchte neben interessanten Fabriken in der Oranienburger Vorstadt, dem Finowkanal bis Freienwalde und der königlichen Porzellanmanufaktur in Berlin auch einige bekannte Professoren⁹, die ihm für verschiedene andere Universitäten Empfehlungsschreiben besorgten und viel Interessantes aus Chemie, Pharmazie und Mineralogie vorführten.

Auf Prof. H. Roses Rat hin, Paris und Wien zu besuchen, reiste Bunsen über Kassel nach Gießen; wie immer unterwegs bemüht, keine geologische Berühmtheit, keine Fabrik¹⁰ und kein Bergwerk auszulassen. In Gießen besuchte er Justus Liebig, um dessen völlig neuartiges Unterrichtslaboratorium kennenzulernen, denn bislang fanden Vorlesungen noch zumeist in Professorenwohnungen und chemische Versuche oft in Küchen statt.

Justus Liebig (1803–1873) arbeitete gerade mit Friedrich Wöhler (1800–1882)¹¹ – nach der erfolgreichen Harnstoffsynthese – an der Untersuchung der Benzoesäure, als Bunsen in Gießen eintraf. Bewaffnet mit 12 Empfehlungsschreiben an Pariser Chemiker, die Liebig aus seiner Studienzeit in Paris noch kannte, brach R. W. Bunsen am 16. August auf, um neben Besuchen bei dem Münzmeister und Patenonkel Georg Bunsen in Frankfurt durch den Odenwald zu streifen und am 5. 9. 1832 in Heidelberg den Chemieprofessor Leopold Gmelin (1788–1853) zu besuchen, dessen Nachfolger er 20 Jahre später werden sollte.

Er reiste mit dem Dampfschiff von Mannheim nach Mainz, verweilte einige Tage im Rheingau und zog über Koblenz nach Maria Laach in die Vulkaneifel¹². Die berühmten unterirdischen Basaltsteinbrüche von Niedermending besichtigte Bunsen u. a., weil sie Mühlsteine bis Rußland verschickten und *dieser Ort im Auslande gewiß berühmter als Coblenz ist*.

Ab Mitte September unternahm er die bereits in Berlin verabredeten Reisen mit Mitscherlich durch Siebengebirge und Eifel. Sechs Tage sammelten sie mit Helfern und Karren *Felsarten*, und Bunsen konnte auch eine ganze Kiste voller Proben nach Göttingen schicken.

Zumeist in abenteuerlichen Postkutschen gelangte der Bildungsreisende Ende September über Trier, Metz, Verdun und Châlon nach Paris. Nachdem er 14 Tage das bunte Treiben der Großstadt kennengelernt hatte, wandte er sich an die empfohlenen Wissenschaftler. So besuchte er u. a. den berühmten Physiker und Chemiker H. V. Regnault (1810–1878), arbeitete beim Pharmazeuten de Claubry (1792–1878) im Labor, ging im Wintersemester 1832/33 in Vorlesungen der École polytechnique¹³, wohnte Sitzungen der Académie des Sciences bei, verkehrte bei den Direktoren der Porzellanfabrik von Sèvres. Er blieb noch bis zum 19. 5. 1833 in Paris. Während der gesamten Zeit versuchte Bunsen, möglichst alle Informationen über Natur und Technik, die sich boten, zu sammeln und ließ wieder kaum eine Sammlung oder Fabrik aus.

Nachdem die hannoversche Regierung weitere Reisemittel bewilligt hatte, konnte Bunsen seine Fahrt noch länger fortsetzen und reiste über das Loire-Tal in das Vulkangebiet der Auvergne. Zwischen Loire und Rhône im Kohlebecken von St. Étienne lernte er erstmalig den *berühmten* (sic!) *chemin de fer* kennen: Bunsen hatte die Gelegenheit, im Personenwagen einer hochmoder-

nen Eisenbahn mit 3 Meilen pro Stunde per Dampfkraft *wohlfeil und bequem* zu reisen und hoffte, daß in Deutschland die Zeit nicht mehr fern sei, *die Pferde durch den Dampfwagen und den Hafer durch die Steinkohle zu ersetzen*¹⁴.

In Lyon besichtigte Bunsen die mechanischen Seidenwebereien, wanderte weiter bis Genf, studierte in 12-Stunden-Märschen die Naturschönheiten der Schweiz und erreichte im Juni 1833 die österreichische Grenze. Hier wiesen ihn dann als Göttinger Studenten die habsburgischen reaktionären Staatsdiener unter fadenscheinigen Vorwänden zurück. Bunsen wurde als Hannoveraner schon vorher am Splügenpaß von italienisch-österreichischen Zöllnern der Vermerk *Inglese* im Paßregister verpaßt, während bei Nauders die deutschsprachigen Habsburger zu gut über Göttingen als Universitätsstadt und Sitz der revolutionären Unruhen Bescheid wußten. Über Umwege gelangte Bunsen doch noch nach Österreich, wanderte nach Innsbruck, besichtigte anschließend die bekannten Reichenhaller Salzwerke und kam über Salzburg nach Wien.

Da Universitätsferien waren, führte ihn die Heimreise im *Stellwagen* über Prag mit seinen *interessanten Fabriken* und Teplitz in die Sächsische Schweiz nach Dresden; durch die Bergakademie Freiberg und die dortigen Erzgruben begleitete Bunsen der bekannte Hüttenmann und Professor W. A. Lampadius (1772–1842). So kam Bunsen über Leipzig und Halle nach 17 monatiger Abwesenheit am 20. September 1833 wieder in Göttingen an, voller Erfahrungen und Wissen über den Stand seiner Wissenschaft und der Technik des damaligen Mitteleuropas¹⁵.

Bunsen widmete sich in Göttingen nach seiner Reise, von deren Eindrücken er ein ganzes Forscherleben lang noch zehren konnte, sogleich der weiteren akademischen Laufbahn. Er stellte die Salze verschiedener Schwermetalle und deren Verbindungen mit Ammoniak dar und habilitierte Anfang 1834 über Ferro- und Ferricyanide, die man damals Doppelcyanüre nannte¹⁶.

Als Privatdozent für Chemie hielt Bunsen dann Vorlesungen über Stöchiometrie, toxikologische Chemie sowie Zoo- und Phytochemie¹⁷ als Ergänzungen zu Prof. Stromeyers chemischer Hauptvorlesung. Weiterhin beschäftigte sich Bunsen mit mineralogischen Fragen und Gegenriffen bei Arsenvergiftungen¹⁸; – so ist heute noch sein frisch gefälltes Eisenhydroxid ein wirksames Gegenmittel bei Arsenvergiftungen.

Die Kasseler Zeit

Nach dem Tod Stromeyers im August 1835 leitete Bunsen dessen Labor kommissarisch und vertrat die theoretische Chemie im Wintersemester 1835/36, bis Friedrich Wöhler zum Sommersemester 1836 von Kassel an die Universität Göttingen berufen wurde. Bereits am 23. 1. 1836 hatte sich der Geologe und Hofrat Hausmann für Bunsen bei dem Oberbergwerks-Direktor Schwedes als Schulleiter der Höheren Gewerbeschule eingesetzt, und auch Wöhler hielt den Göttinger Chemiker für *unter den jüngeren Gelehrten als den Geeignetsten*. So sprachen sich bald die Direktoren Schwedes und Rudolph wegen der Eile gegen eine Ausschreibung aus. Da Bunsen bereits persönlich bekannt sei, solle man diesen allgemein bewanderten Gelehrten den drei anderen Kandidaten Dr. Köhler, Dr. Winkelblech und Prof. Engelhardt vorziehen. Dieses Schreiben vom 20. 3. 1836, mit vielen Anlagen und Empfehlungen ver-

sehen, an das kurfürstliche Ministerium des Innern verfehlte seine Wirkung nicht, denn bereits vom 30. 3. 1836 findet sich der Vermerk *von seiner Hoheit dem Kurprinzen und Mitregenten gnädigst vollzogen*, am 11. 4. 1836 meldete sich Bunsen persönlich, und es gibt bereits vom 25. 4. 1836 die Anweisung, die von Bunsen geforderten 650 Thaler Jahresgehalt als *Ständige Ausgabe* für Bunsen bereitzustellen¹⁹.

An diesem Polytechnikum, für das sich der erste Oberbürgermeister von Kassel, Karl Schomburg (1791–1841)²⁰, in der verfassungsgebenden Ständeversammlung seit Mai 1831 energisch eingesetzt hatte, unterrichteten gerade in den 30er und 40er Jahren berühmte Wissenschaftler: Neben den Chemikern wie Wöhler und Bunsen waren z. B. Prof. Wolff für Zeichnen, der Architekt Ungewitter und der Naturforscher Philippi dort tätig²¹.

Die polytechnische Anstalt befand sich am Martinsplatz im alten „Dörnbergschen Haus“ oder „Gouvernementsgebäude“²². Dieses baufällige und völlig unzureichende Gebäude hatte die Regierung 1834 zur Verfügung gestellt. Über der naturwissenschaftlichen Sammlung auf dem Dachboden drohte der Einsturz, die feinen Instrumente zeigten Rostanflug, und die 40 Studierenden, die im Laboratorium beschäftigt waren, das eigentlich nur neun Plätze bot, wichen auf Hof, Treppenpodeste und das „Schmelzofen-Lokal“ aus²³.

Der 25jährige Bunsen richtete, nachdem er im April 1836 als einigermaßen gutbezahlter Lehrer nach Kassel übersiedelte, das chemische Laboratorium im ersten Stock des Polytechnikums notdürftig her, aber Gas- und Wasserleitungen sowie Lüftungen waren auch damals an Universitätslabors nicht selbstverständlich²⁴.

Die Kasseler Akademie der bildenden Künste von 1777 erfreute sich im Gegensatz zu dieser Höheren Schule für Fabrikanten, Ökonome, Technologen, Pharmazeuten usw. beim Kurfürstlichen Hof zumeist einer größeren Beliebtheit und Förderung²⁵.

In die Kasseler Zeit Bunsens fallen auch die Reformpläne des Kunstakademie-Professors Friedrich Müller (1801–1889)²⁶, die beiden höheren Bildungsanstalten zu einer *Central Zeichenschule* zusammenzufassen; aber auch dieser Ansatz fand kein Gehör, da seine Reformideen noch eine Generation zu früh waren.

Die Kasseler Verwandtschaft, der das Haus Untere Karlstraße 162³/₄²⁷ gehörte, führte Bunsen in die Kasseler Gesellschaft ein. So machte ihn sicherlich der Vetter und *Hofmedicus* Dr. med. Robert Bunsen²⁸ oder C. A. Henschel mit dem Oberbergsektretär Adolph Schwarzenberg (1799–1864) und den sehr begabten und erfolgreichen Tapetenfabrikanten Karl Heinrich Arnold (1793–1874) und Paul Wilhelm Arnold bekannt. Sie waren die Söhne von Johannes Christian Arnold (1758–1842), der die erste Tapetenfabrik Deutschlands begründet hatte.

Dieser spätere Freund Karl Heinrich soll nach Hermsdorff der Verfasser des bekannten Karikaturzyklus sein, der Bunsen beim Umzug nach Marburg unter dem Titel *Die Chemie verläßt Cassel . . .*²⁹ zeigt.

Vom ersten Jahresbericht an sind auch der Hofmedikus Dr. Bunsen und der namensgleiche Vetter als aktive Teilnehmer der Sitzungen des Vereins für Naturkunde nachzuweisen³⁰. So legte R. W. Bunsen im ersten Jahr dem Verein *feuerfesten Thon der Gegend von Marburg* und *Versteinerungen im Göttinger*

Muschelkalk vor und analysierte diese später. Die aus dem Ton hergestellten Tiegel und Retorten verglich er mit dem berühmten Großalmeroder Ton, der seit Landgraf Philipps Gläserbund die Grundlage für ein Monopol bis nach Dänemark bildete. Bunsen spendete Bücher und gab, neben weiteren Vorträgen, den 3. Jahresbericht vom 18. 4. 1839 als zweiter Direktor des Vereins heraus. Er spendete einen *in der Nähe der Neuen Mühle bei Cassel in einer Lehmablagerung von mehreren Vereinsmitgliedern aufgefundenen Elefantenzahn* und berichtete über fossile Reste in Geröllablagerungen des Unstruttales³¹. Sein Vetter und Hofmedikus brachte im gleichen Jahr menschliche Föten ein.

Neben seinem zum Bergrat beförderten Freund Schwarzenberg³², der über Mineralien, Eisenerze bei Hohenkirchen und Bohrversuche in Hessen berichtete, arbeitete Bunsen im dritten Vereinsjahr über *Steinölquellen und Asphaltablagerungen in den norddeutschen Haidegegenden*³³ und *Untersuchungen der schweren Grubenwetter auf dem Habichtswalder Braunkohlenwerke*³⁴.

Einer seiner letzten Kasseler Vorträge legt die Ergebnisse vor, die eine Analyse der von den Mitgliedern Dr. Gundlach (1810–1896) und Carlos Boothy Tinto auf Cuba gesammelten Bodenarten ergab³⁵. Ein Vermerk über Bunsens Verfahren, mittels *Einleitung von Wasserdampf auf glühende Kohlen zwar nicht die Quantität, wohl aber die Intensität der Wärme* zu erhöhen, wies in der Thematik schon auf seine Untersuchungen in der letzten Kasseler Zeit hin, deren Veröffentlichungen er unmittelbar nach den Gasanalysen am Hochofen in einem Schreiben an Dr. Poggendorf ankündigte. R. W. Bunsen stellte darin fest, daß beim *Veckerhäger Hohofen* 42% der eingesetzten Holzkohle *gänzlich unbenutzt verloren* ging³⁶. Auf diese vielbeachtete Arbeit soll noch an anderer Stelle eingegangen werden. Abschließend zur Tätigkeit Bunsens für den Naturkundeverein in Kassel kann gesagt werden³⁷, daß zunehmend auch Ingenieure, Berg- und Hüttenbeamte Mitglieder wurden.

Seit 1835 veröffentlichte Bunsen auch in der Schriftenreihe des Göttinger Vereins Bergmännischer Freunde und besuchte im Beisein von Prof. Hausmann in Göttingen deren Tagung im September 1836. Er referierte dort über *das Vorkommen altdeutscher Aschenkrüge im Kalktuff von Lenglern*³⁸. Seine analytischen Untersuchungen des Nauheimer Mineralwassers³⁹, weitere geologisch-mineralische Fragen über Gips und *Schwefel in Braunkohleablagerungen*⁴⁰, deren Bildung aus Schwefelkiesen unter der Einwirkung des Luftsauerstoffes und der Braunkohle Bunsen klärte, erschienen in Göttingen. Zuletzt folgte noch 1841 in den Göttinger Studien die Arbeit *über die Zusammensetzung der Richelsdorfer Eisensauen*⁴¹. Er stellte Parallelen mit den Ergebnissen Mansfelder Untersuchungen fest und regte an, die in den Kupferschiefer-Schmelzöfen der Richelsdörfer und Friedrichs-Hütte als Abfall sich absetzenden Eisenmassen, wegen ihres hohen Molybdängehalts, einer technischen Verwendung zuzuführen. Außer 3,11 bis 22,33% Molybdän ergaben sich noch, je nach Verhüttungsmethode, 4,34 bis 6,48% Kupfer und geringe Mengen Mangan, Nickel und Kobalt in den analytischen Rückständen. Bunsen erwog die Möglichkeiten, wegen *der ausgezeichneten blauen Farbe des molybdänsauren Molybdänoxyds, die kaum von der des Indigs übertroffen wird*, mittels *geeigneter Zinn-Oxydulbeizen, . . . diese blaue Farbe auf Stoffen zu befestigen*. Der Forscher war, wenn er auch die Alkalibeständigkeit und somit die Seifenfestigkeit der Farbe bezweifelte, auf dem aktuellen Stand der Diskussion, die erst mit der Synthese des „Königs der Farbstoffe“, des blauen Indigos, 1868 durch die

Veröffentlichung A. v. Bayers zum technologischen Durchbruch kam. Die Grundlage synthetischer Farbstoffe bildeten die sog. Diazoverbindungen, die erst 1858 von dem noch unbekanntem Chemiker Peter Griëß (1829–1888)⁴² in Marburg entdeckt wurden. Zwischen 1823 und 1837 waren aber bereits von Berlin bis Paris hohe Preise für die Herstellung des künstlichen Ultramarins ausgeschrieben worden, das seit dem Mittelalter nur aus dem seltenen Lapislazuli gewonnen werden konnte⁴³. Daraufhin waren erste Patente in Preußen (Apotheker C. Leverkus, 1839) und Bayern (Kaufmann Joh. Zeltner und Chemiker F. W. Heyne, 1841) zur Sicherung der Herstellverfahren erteilt worden. Hier ist interessant, daß Leverkus seine Anregungen bei Gay-Lussac erhielt und Heyne ebenfalls über Journale des verstorbenen Prof. Fr. Engelhardt, der auch in Paris studiert hatte, an Unterlagen über künstliches Ultramarin kam. Mit Prof. L. Gmelin (1788–1853), der bereits 1828 chemisch-wissenschaftliche Grundlagen zum Ultramarin veröffentlichte, war Bunsen auf seiner Reise im September 1832 in Heidelberg zusammengekommen, und der junge Gay-Lussac war gerade im August 1832 bei Liebig in Gießen und hatte versprochen, Bunsen in Paris bei seinem Vater einzuführen⁴⁴. In Roscoes Gedenkrede vom 29. 3. 1900 wird bestätigt, daß R. W. Bunsen im Jahre 1833 in Gay-Lussacs Pariser Labor sogar gearbeitet hat.

Ein Gründungsmitglied des Casseler Vereins für Naturkunde von 1836, der Fabrikant Habich, brachte im zweiten Geschäftsjahr Mineralien in die Sammlung ein und referierte selbst über Schwefel im Gipsbruch bei Hundelshausen, Braunkohle vom Hirschberg und Schwefelkiese⁴⁵. Diese Familie Habich besitzt noch heute in Veckerhagen neben dem aufgekauften kurfürstlichen Schloß eine Farbenfabrik und betrieb neben einer Brauerei und Essigfabrik (1825) in Kassel von 1798 bis 1830 am Wesertor eine Salpetersiederei. Ab 1792 wurde eine größere Produktion für mineralische grüne und gelbe Malerfarben aufgebaut und daher (von 1835 an) in Bettenhausen eine Farbenmühle, in der Lederwalkmühle des Fabrikanten Joh. Fehrenberg, angemietet.

Das Privileg zur Anlegung einer Leimfabrik von 1824⁴⁶ beinhaltet, wie man aus dem Gutachten des Handels- und Gewerbevereins entnehmen kann, 31 Chemikalien, davon neben dem neuerfundenen „Kasseler Grün“ allein sieben Blaufarben und sechs grüne Farbentöne. Bereits 1796 hatte sich der Kaufmann Georg Evert Habich (1748–1821) bei der Oberrentkammer Kassel um ein *Privilegium exclusivum* zur Herstellung eines blauen Farbstoffes bemüht. Sein Patentantrag, wie man es heute nennen würde, auf die von ihm erfundene *blaue Tinktur* für die Färberei vieler Stoffarten *an Stelle des Indigo, Lacmus und der englischen Blaue* wurde gemäß *geheimen Raths-Protocolle* am 18. Juli 1796 abgelehnt⁴⁷.

Des Firmengründers G. E. Habich Söhne Christian Evert (1789–1841)⁴⁸, August Heinrich (1792–1837) und Johann Martin (1794–1872)⁴⁹ ließen um 1838 eine damals moderne Farbenmühle – genannt „Blaue Maus“ – im Hemeltal oberhalb von Veckerhagen bauen, deren hochentwickelte Technik die letzte Zeit der Wassermühlen vor den folgenden Turbinen widerspiegelte⁵⁰.

Der Sohn Georg Evert (1816–1863) des August Heinrich Habich war ein außerordentlich erfolgreicher Technikschriftsteller auf den Gebieten der Brauerei, der offenbar aber auch in Deutschland als erster in einem Aufsatz die praktische Herstellung des künstlichen Ultramarins nach einem Sulfatver-

R. W. Bunsen (in Heidelberg, 1856), nach einem Photo von Hanfstängel, München, gez. Rud. Hoffmann, Druck v. J. Haller (Slg. Herwig, Photo Lotze)



Bleistiftzeichnung des Stammtischs zu Cassel, wie er in 50 Jahren aussehen würde.

R. W. Bunsen mit Schoßhund, Hofmedikus R. Bunsen, Bergrat A. Schwarzenberg, Brüder Arnold. Gez. vermutlich von K. H. Arnold (rechts), Steindrucker a. d. Kasseler Akademie. (Slg. Herwig, Photo Lotze)





oben: Die Großeltern von Robert Wilhelm und des Hofmedikus Robert Bunsen: Münzmeister Philipp Chr. Bunsen und Ehefrau Christ. Elisabeth geb. Linde, als Scherenschnitt von P.J. Seiff, 1790. (Slg. Herwig)

unten: Die Eltern des Chemikers: Prof. Chr. Bunsen und Ehefrau Auguste Friederike geb. Quensel, in Göttingen. (Slg. Herwig, Photo Lotze)





Die Chemie verläßt Cassel. Bunsen wird vom Naturkunde-Verein, vom Herkules mit einem Meer von Tränen verabschiedet. Aquarell, vermutlich K.H. Arnold. (Slg. Herwig, Photo Lotze)



Die Chemie hält Einzug in Marburg. Ein hessischer Bauer fährt Bunsen mit Retorten in die Stadt. Aquarell, vermutlich K. H. Arnold. (Slg. Herwig, Photo Lotze)



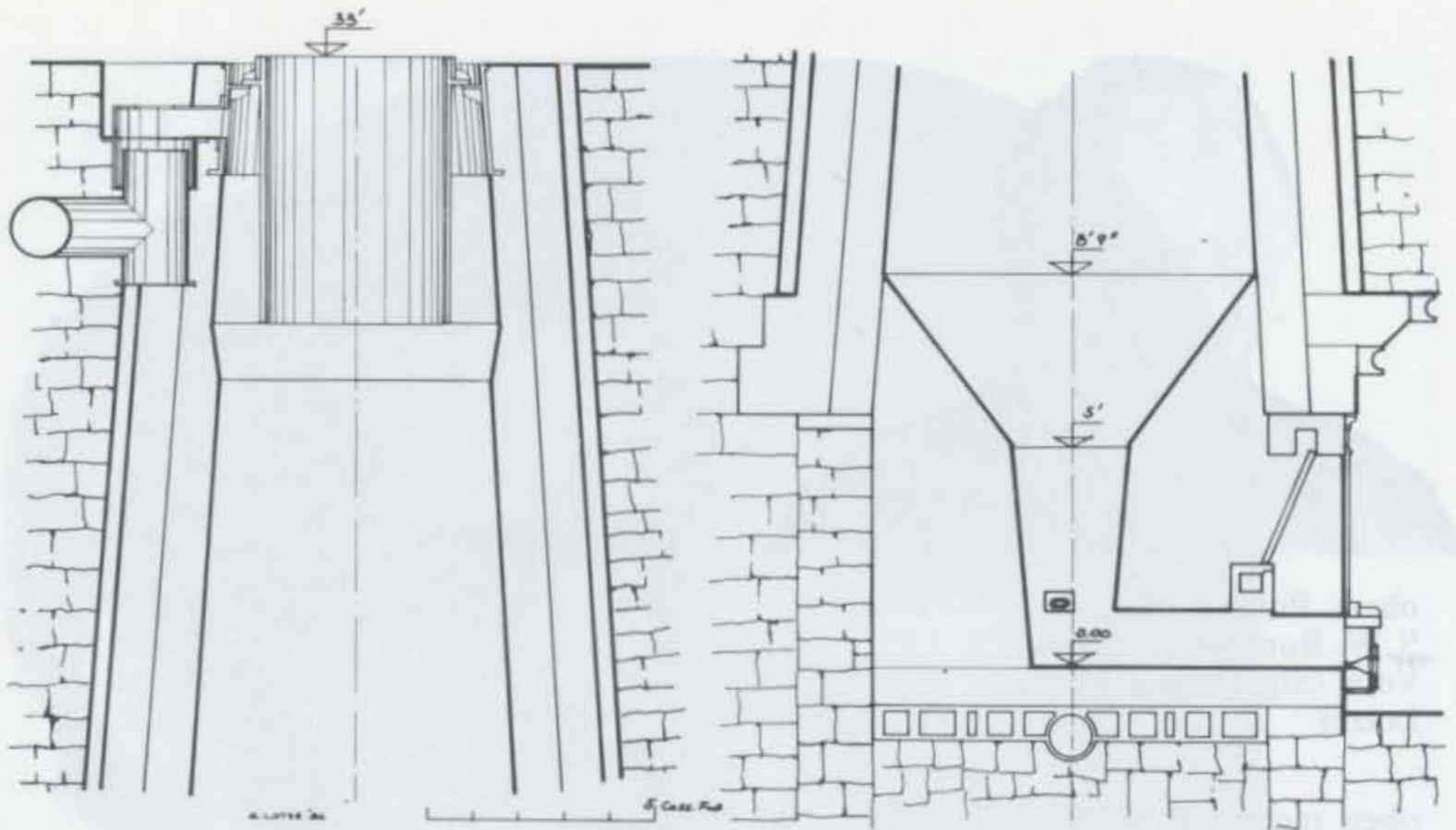
oben: Portrait-Büste
R. W. Bunsens (von Prof.
Volz) (Slg. Herwig, Photo
Lotze)



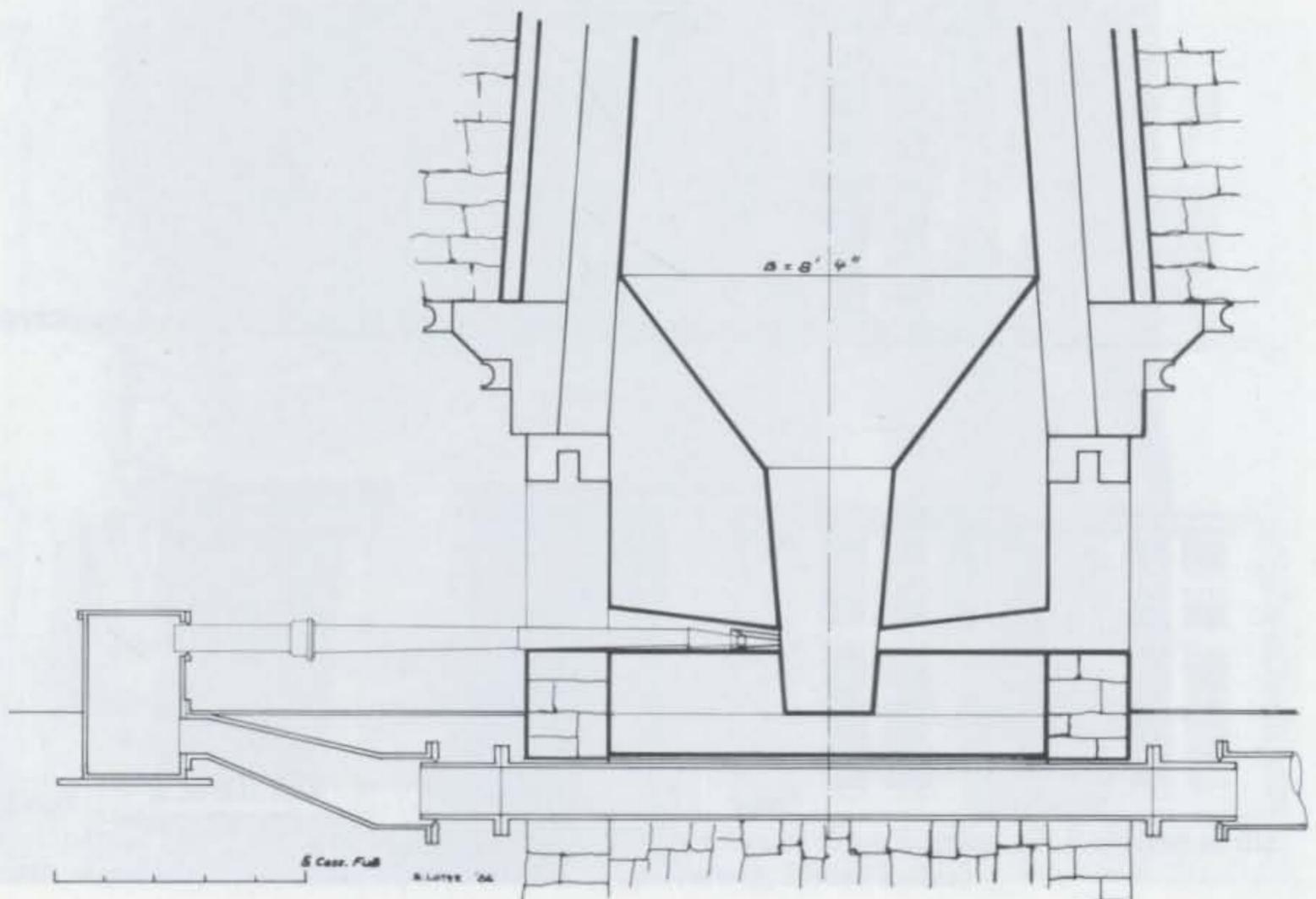
oben rechts: R. W. Bunsen in Marburg, 1843, im 32. Lebensjahr. Zeichnung von Prof. Georg Koch in Cassel. (Slg. Herwig, Photo Lotze)

unten: Bunsens Marburger Wohnung im früheren Haus Elisabethstraße 9. (Photo Slg. Herwig)





Hochofengas- und Abwärmenutzung in Veckerhagen.
 Längsschnitt Windvorwärmung (Skizzen: Lotze)



fahren vorlegte, das als Rohstoffe Ton, Glaubersalz, Schwefel und Kohle besaß und einen nachgeschalteten Flammofen-Prozeß benötigte⁵¹.

Bunsen wird als „2. Director des Casseler Naturkunde-Vereins“ vielleicht schon mit diesem recht jungen G. E. Habich zusammengetroffen sein, die älteren Blau-Fabrikanten dieser Familie, die in Kassel Untere Königsstraße 1176³/₄ wohnten, kannte er mit Sicherheit.

Über die befreundeten Tapetenfabrikanten Arnold, Bergrat Schwarzenberg und Henschel oder seinen Freund, den Physiker der Höheren Gewerbeschule Heinrich Buff (1805–1879), der auch bei Stromeyer und bei Gay-Lussac in Paris studiert hatte⁵², lernte er in Kassel die einflußreichen Leute aus Naturwissenschaft, Technik und Fabrikwesen eigentlich alle kennen. So hatten die berühmten Hofmechaniker F. W. Breithaupt & Sohn, die hauptsächlich Meßinstrumente und weltbekannte Markscheideinstrumente für den Bergbau herstellten, gerade eine automatische Luftpumpe für das Physiklabor gebaut.

Mit dem Oberbergrath Fulda, einem Mitglied der weitverzweigten Sippe hessischer Bergamtsbediensteter⁵³, hatte Bunsen bei der Untersuchung der Gichtgase des Kupferschieferofens der Friedrichshütte zusammengearbeitet.

Da viele Bergakten ab der westfälischen Zeit durch Aussonderungen beim Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld als verloren und verschiedene Familien- und Firmenarchive als unzugänglich gelten, lassen sich die umfangreichen Arbeiten Bunsens mit der Kasseler Industrie wohl schwerlich voll erfassen.

So hat er beruflich eng mit dem Veckerhäger Hütteninspector Johann Conrad Pfort⁵⁴ (1804–1881), der ein durch Reisen und Ausbildung wohlgeschulter Mann war, zusammengearbeitet. Ihm konnten vom Verfasser zwei präzise Abbildungen der Eisenhütte und eine größere Zahl Hochofenzzeichnungen zugeschrieben werden, die Pfort als einen exakten technischen Zeichner ausweisen. Er war nahezu vier Jahrzehnte der leitende Betriebsbeamte am Bergamt Veckerhagen und publizierte über das Veckerhäger Doppelgebläse. Seine Arbeit mit Bunsen zur Untersuchung der Hochofengase in Veckerhagen gehört mit zu den bahnbrechenden Beiträgen im Montanwesen dieser Zeit, da sie neben einer völlig neuen Genauigkeit bei der Gasanalyse das wissenschaftliche Grundverständnis der Vorgänge im Hochofenprozeß erst vermittelten⁵⁵. Dies soll im folgenden Kapitel über diesen Forschungsbereich der Kasseler Zeit ausführlich dargelegt werden. Pfort kannte Bunsen vermutlich schon vom Naturkunde-Verein, dessen korrespondierendes Mitglied er später nachweislich war.

Untersuchung der Hochofenprozesse mit Pfort und Playfair

Die hüttentechnischen Schritte, die aus Bunsens chemisch-physikalischen Hochofen-Gasuntersuchungen folgten, hat der Veckerhäger Hütteninspector Conrad Pfort am 12. 9. 1841 in zwei Beiträgen auf der 11. Versammlung des Göttinger Vereins Bergmännischer Freunde erläutert. Pfort verwies auf die Anregungen von französischen Chemikern⁵⁶, die *vor längeren Jahren* schon vorschlugen, die aus den Eisenschmelzöfen entweichenden brennbaren Gase noch technisch zu verwenden⁵⁷. Die darauffolgenden Versuche gingen in drei verschiedene Richtungen: Zunächst benutzte man die Gichtflamme zum Rösten der Kalk- und Eisensteine, ferner zum Holzverkohlen, also insgesamt zur Verbesserung der Effektivität der Möllierung. Seit jüngster Zeit würde aber

auch, wie Pfort vortrug, die Gebläseluft mit Gichten oder Frischfeuerflammen vorgewärmt oder diese vielfältig zum Betrieb von Dampfmaschinen verwendet:

*Seit den Jahren 1837 und 1838 beschäftigte man sich auf verschiedenen Hüttenwerken Deutschlands und Frankreichs mit der weitem Benutzung der unverbrannten gasförmigen Producte der Hohöfen zum Eisenschmelzen in Flamm- und Hohöfen, wovon nur das erstere Verfahren einen günstigen Erfolg zeigte, indem Herr Bergrath Faber du Faur zu Wasseralfingen in einem neben der Hohofengicht erbauten Versuchsofen größere Quantitäten Eisen mittelst der Hohofengase und heißer Luft damals schon geschmolzen haben soll*⁵⁸.

Dieses *geschmolzen haben soll* ist natürlich eine Ausdrucksweise, die den Eindruck erwecken sollte, man sei durch vage Anregungen allein in Hessen auf die technischen Lösungen gekommen, was sich nicht halten läßt, da der kurhessische Hütteninspektor Pfort bereits Anfang August 1838 in Wasseralfingen gewesen ist⁵⁹. Dort hatte er bei dem königlich württembergischen Hütten-Verwalter Faber du Faur (Four)⁶⁰ bereits Versuche der Flammofen-Befehuerung mit Hochofengasen beobachtet, über die er anschließend aus Bern am 8. 8. 1838 an die *Berg- und Salzwerks-Direktion* berichtet hatte. Die Direktion reagierte umgehend und schickte Bunsen nach Veckerhagen, um die Hochofengase wissenschaftlich zu untersuchen, was der entscheidende große Beitrag zum Verständnis der Hochofenprozesse wurde! Bereits am 12. September 1838 lag Bunsens erster Bericht⁶¹ vor, der erste Analysen der Gaszusammensetzung verschiedenster Tiefen beinhaltete und neben einem völlig neuen Verständnis der drei Funktionszonen des Hochofenprozesses (Röst-, Destillations- und Brennraum; Reduktionsraum; Kohlungs- und Schmelzraum) bereits das Ergebnis vorwegnahm, *daß bei dem Hochofen 40,7 % des angewendeten Brennmaterials, welches ohne Störung der Ofengicht leicht zu Gute gemacht werden kann, bisher gänzlich verlorengegangen ist*. Die Möglichkeiten, die Bunsens Untersuchungen für metallurgische Prozesse eröffneten, deutete er in seinem Brief an Dr. Poggendorf vom 18. 10. 1838, der ihn umgehend veröffentlichte⁶², schon an und bestätigte hiermit, daß Pfort in Veckerhagen bereits eine Dampfmaschine und einen Holzverkohlungsofen mit den brennbaren Gasen feuerte. Pfort beschrieb im Göttinger Vortrag seinen Flammofen, der dem Königsbronner Weißofen für Torfbrand ähnelte.

Erst nach einer Ofenschachterhöhung (1839) um 10' des ursprünglich 22' großen *Hohofens* ging dieser bei Entnahme der Gase 9' unter der Gichtsohle nicht mehr *auf starken Rohgang*; das Eisen wurde anscheinend erst wieder richtig gar, nachdem 1841 *ein größeres Windquantum beschafft werden konnte*, das Gebläse somit verstärkt war und obwohl ein zusätzlicher Gasofenbetrieb erfolgte. Man sieht also, wie richtige chemisch-physikalische Erkenntnisse, zehn Jahre alte Vorversuche in Steinkohleöfen von Schottland, Wales usw., gepaart mit den nötigen maschinenbautechnischen Neuerungen der Zylinder- und verbesserten Kettengebläse, in Hessen zu aufsehenerregenden Ergebnissen führten. Faber du Faur kam in Württemberg, das ebenfalls als rohstoffarmes Land auf eine effektivere Brennstoffausnutzung aus war, über langwierige Praxisversuche, ohne Kenntnis der neuesten Bunsenschen Ergebnisse, zu ähnlichen Entnahmetiefen wie am Veckerhäger Ofen⁶³.

Pfort hatte nach seiner Württemberger Reise, wo er auch schon in Wasseralfingen beobachtet hatte, wie deren Flammofen 6 Zentner graues Eisen in 1½

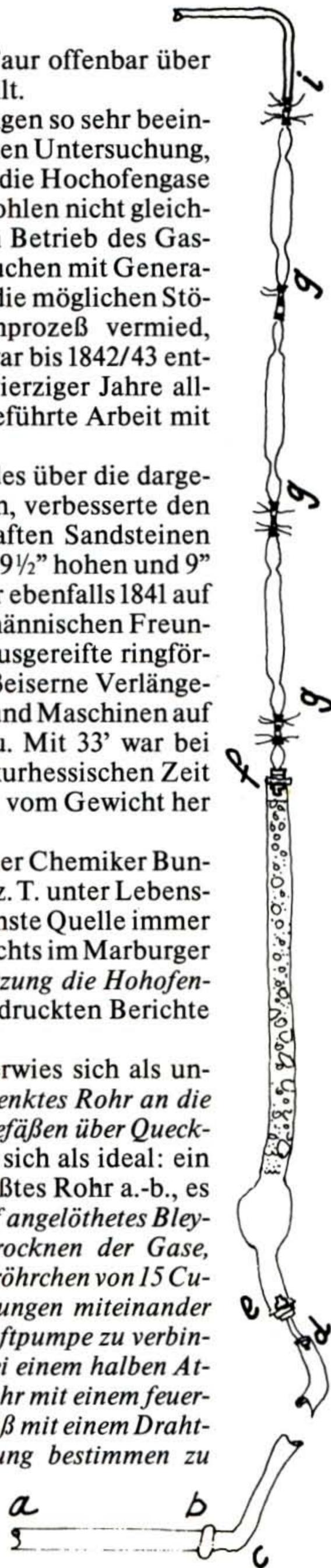
Stunden erschmolz, dem Bergrat Faber du Faur offenbar über die eigenen Ergebnisse nichts mehr mitgeteilt.

Die Gasfeuerung hatte Pfort in Wasseraffingen so sehr beeindruckt, daß er, besonders nach der Bunsenschen Untersuchung, den Hüttenbetrieb kräftig umstellte. Da aber die Hochofengase aus den täglich verarbeiteten 6000 Pfd. Holzkohlen nicht gleichzeitig zur Luftheizung der Gebläse und zum Betrieb des Gasofens reichten, ging er schon 1839/40 zu Versuchen mit Generatargas, also eigenständig erzeugtem Gas, das die möglichen Störungen und Komplikationen im Hochofenprozeß vermied, über. Dieses Verfahren mit Gasgeneratoren war bis 1842/43 entwickelt und ersetzte dann gegen Ende der vierziger Jahre allmählich die zwischenzeitlich allgemein eingeführte Arbeit mit Hochofengasen.

Pfort ließ die Erwärmung des Gebläsewindes über die dargestellten Kanäle unter dem Hochofen erfolgen, verbesserte den Hochofenherd, indem er dem mit mangelhaften Sandsteinen ausgerüsteten Hochofen einen 29½" langen, 19½" hohen und 9" tiefen gußeisernen Kasten vorschaltete, den er ebenfalls 1841 auf der 11. Versammlung in Göttingen den Bergmännischen Freunden beschrieb⁶⁴, und führte weiterhin über ausgereifte ringförmige Fangvorrichtungen und eingesetzte gußeiserne Verlängerungsrohre die Gichtgase den Dampfkesseln und Maschinen auf dem 10 m bis 11 m höheren Möllerboden zu. Mit 33' war bei Holzkohlehochofen auch bis zum Ende der kurhessischen Zeit eine Höhe erreicht, die für das Brennmaterial vom Gewicht her ziemlich das Optimum darstellt.

Nun einige Details zu den Apparaten, die der Chemiker Bunsen mit Pfort erfand, um die Hochofengase – z. T. unter Lebensgefahr – zu untersuchen. Hier ist die verlässlichste Quelle immer noch die Abschrift seines umfangreichen Berichts im Marburger Staatsarchiv *die Zusammensetzung und Benutzung die Hohofengase betreffend*, da eigentlich alle späteren gedruckten Berichte fehlerhaft sind.⁶⁵

Das erste Verfahren, das Bunsen prüfte, erwies sich als unzuweckmäßig: daß man ein *in den Schacht gesenktes Rohr an die Oberfläche der Gicht leitet, und in geeigneten Gefäßen über Quecksilber auffängt*. Ein anderes Verfahren erwies sich als ideal: ein langes aus Flintenläufen zusammengesweißtes Rohr a.-b., es folgt c.-d. ein 1 Zoll⁶⁶ weites an den Flintenlauf angelöthetes Bleyrohr; e.-f. ist ein Chlorcalciumrohr, zum Trocknen der Gase, g.-g.-g. sind kleine zu Spitzen ausgezogene Glasröhrchen von 15 Cubikcentimeter Inhalt, durch Kautschukverbindungen miteinander vereinigt; i. Rohr, um den Apparat mit einer Luftpumpe zu verbinden. Nachdem die Dichtigkeit des Apparates bei einem halben Atmosphäredrucke geprüft war, wurde das Eisenrohr mit einem feuerfesten Beschlage versehen, und von 1½ zu 1½ Fuß mit einem Draht- ringe umwunden, um die Tiefe der Einsenkung bestimmen zu können.



Dieser Rohraparat wurde nun auf der Windseite im Schacht abgesenkt; der Druck der Gase reichte eigentlich aus, aber um exakter zu messen, wurde die Luftpumpe zusätzlich eingesetzt. An Ort und Stelle wurden die einzelnen Röhren hermetisch *mit dem Löthrohr verschlossen, mit einer Demantfeder bezeichnet und erst bei der eudiometrischen Untersuchung unter Quecksilber wieder geöffnet*⁶⁷.

Bunsen setzte nicht nur selbstgeblasene Glasröhren ein, die ihm als geübtem Glasbläser keine Probleme bereiteten, sondern er hatte sich auch ein *selbst getheiltes und calibriertes Quecksilbereudiometer, von solchen Dimensionen, daß sich noch tausenteile des gewöhnlich angewandten Gasvolumens durch Schätzung bestimmen ließen*, gebaut. Er bestimmte den Kohlensäuregehalt durch eine *um einen Clavierdraht gegossene, befeuchtete Kalihydratkugel*. Um die Menge des Grubengases, Wasserstoffs und Kohlenoxids zu messen, wurde aus einer kleinen vor der Glasbläserlampe gefertigten, mit chlorsaurem Kali gefüllten Retorte Sauerstoff eine Zeitlang entwickelt und dem von Kohlensäure befreiten Gasvolumen zugeleitet. Nach Verbrennung der Gase und Aufsaugen der Kohlensäure verblieb der Stickstoff, den Bunsen vom überschüssigen Sauerstoff mit einer Phosphorkugel befreite.

Bunsen mußte noch auf gleichen Druck und gleiche Temperatur umrechnen, und mit drei Gleichungen mit drei Unbekannten konnte er die Zusammensetzung der Gichtgase ermitteln.

Am 28. September 1838, von morgens 2.00 Uhr bis abends 11.00 Uhr⁶⁸ sammelte Bunsen das Gas in sieben Teufen (Tiefen des Rohres unter der Ofengicht) von 3', 4'5", 6', 7'6", 9', 12' und 15', das waren zuletzt 13 Fuß unter der Kohlengicht.

Die Zusammenstellung des in den verschiedenen Teufen des Hochofens vorkommenden Gasgemenges stellt folgende Tabelle⁶⁹ dar:

Zusammenstellung des in den verschiedenen Teufen des Hochofens vorkommenden Gasgemenges

	3'	4'5"	6'	7'6"	9'	12'	15'
<i>Wasserdampf</i>	1'	2'	3'	1'9"	1'10"	9'4"	13'
<i>Stickstoff</i>	60,16	60,01	64,60	60,94	62,30	59,93	62,96
<i>Kohlensäure</i>	26,29	25,31	27,94	32,39	32,23	28,57	30,61
<i>Wasserstoff</i>	8,74	11,17	3,32	3,19	4,67	7,56	5,95
<i>Kohlenoxyd</i>	1,96	1,41	2,30	2,32	0,35	1,40	0,24
<i>Quecksilber</i>	2,23	2,04	1,80	0,66	0,42	2,53	0,24
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Diese Tabelle wird in abgewandelter und leicht korrigierter Form nach den Englischen Steinkohle-Hochofen-Untersuchungen in 1845 in London im 15. jährlichen Bericht des Treffens der „British Association for the Advancement of Science“ durch *Prof. Bunsen, of Marburg, Hesse Cassel* und *Dr. Lyon Playfair, of the Museum of Economic Geology of Her Majesty's Woods and Forests* noch einmal wiedergegeben.⁷⁰

Tatsache bleibt, daß entgegen den bisherigen Annahmen⁷¹ ein fast gleichmäßiger, über alle Teufen hinweg meßbarer Kohlenoxydgehalt von etwa 25 bis 30%, der inmitten des Schachtes ein gewisses Maximum hat, festzustellen ist. Die Kohlensäure nimmt von der Gicht aus ab, erreicht ein Minimum und steigt wieder schwächer an. Bunsen kommt nun nach längeren theoretischen Betrachtungen zu drei Funktionszonen des Hochofens, die zu seinen drei Zonen führten, die im folgenden mit heutigen Begriffen, auch im Vergleich zu englischen Hochöfen, näher erläutert werden sollen.

Funktionen des Hochofens:

Bunsen nannte den Raum a-b bis ca. 4 Fuß unter der Kohlenschicht den Destillationsraum, wir würden dies heute als Vorwärmzone bezeichnen, wo unter der Gicht bis ca. 200°C Wasser und Teile des Kohlendioxids aus den Mineralien und dem Kalkstein ausgetrieben werden. Der Vorwärmbereich war bei den englischen Hochöfen mit 24 Fuß halb so hoch wie der ganze Ofen, weil die oft ¼ Zentner schweren schwefelhaltigen Steinkohlenstücke erst verkokten, was bei den zerkleinerten verkohlten Zuschlägen (Anm.) in Deutschland nicht mehr erfolgen mußte. Bunsen verglich die Zone mit Röst- und Brennöfen.

Der Raum ab b-c ist die „Reduktionszone“, in der die Temperatur unter Kohlensäureentwicklung ansteigt. Ab 400°C beginnt die indirekte Reduktion durch Kohlenmonoxid (CO), das heißt es entsteht aus $3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO}$ über $2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$ $6 \text{FeO} + \text{CO}_2$. Dieses Eisenoxid wird dann mit Kohlenmonoxid, welches weiter unten im Schacht (ab ungefähr 900°C) entstand, zu Eisen.

Neben dem Kalkstein (CaCO_3) werden die oxidischen Eisenbegleiter wie Manganoxid (MnO), das besonders reich im Erz der Veckerhäger Hütte aus der Grube Hohenkirchen auftrat, Diphosphorpentoxid (P_2O_5), Siliciumoxid (SiO_2) reduziert und verbinden sich größtenteils mit den Zuschlagstoffen zu Schlacken. Bunsen nannte die Zone Reduktionsraum, weil „die Reduktion des Eisenoxyduloxyd beginnt“.

In der Kohlunzone c-d im Kohlensack und der Rast (Bunsen vergleicht es mit dem „Schmelzofen“), verbindet sich der bei Temperaturen von über 1000°C allein nicht beständige Kohlenstoff mit dem noch porösen und festen Eisen, das heißt der Kohlenstoff dringt in die Eisengitterstruktur ein. Roheisen ist somit zu einer Eisen-Kohlenstofflegierung geworden.

Die physikalischen Eigenschaften sind durch die Kohlenstoffaufnahme grundlegend gewandelt worden: während bei reinem Eisen der Schmelzpunkt bei 1538°C liegt, fließt kohlenstoffhaltiges Eisen bereits ab 1100 bis 1200°C. Der Gebläsewind führt zu einer Überschreitung dieses Temperaturbereichs bis zu 1600°C, verbrennt somit den Kohlenstoff, und flüssiges Eisen tropft in das Gestell. Die Schlacken mit z. T. höheren Schmelzpunkten schwimmen auf dem Roheisen, das abgestochen wird.

Eine Analyse Veckerhäger Gußteile ergab 1985 folgende Zusammensetzung: C = 3,36%, Si = 2,65%, Mn = 1,08%, P = 0,35% (Lotze, 1985).

Anmerkungen:

Zuschläge

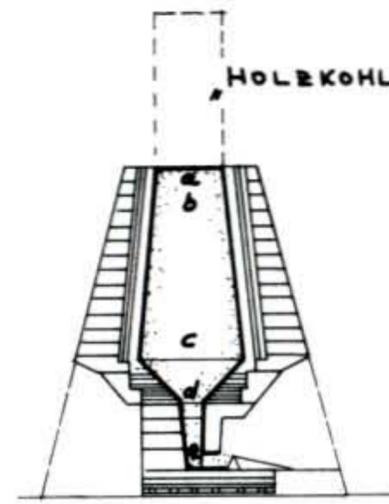
sind je nach der Beschaffenheit der Erze nötig, um den Reduktionsprozeß, besonders die Schlackenbildung zu beeinflussen. Neben Tonerde (Al_2O_3) können besonders der Kieselsäure- (SiO_2), Kalkstein- (CaCO_3) oder Kalk-Anteil (CaO) die Art der Erze beeinflussen. Obwohl bei Holz-Kohle-Hochöfen der Schwefelgehalt bedeutungslos ist, muß die Basizität, d. h. das Verhältnis Kalk zur Kieselsäure beeinflußt werden. Bei den sauren Erzen unseres Raumes mußte ein basischer Zuschlag in Form von Kalk, der im Diemel-Raum oder beispielsweise bei Morschen gewonnen wurde, unbedingt zugegeben werden.

Eisenerz

gab es im nordhessischen Raum verschiedene Arten. Hauptsächlich wurde in Veckerhagen neben Homberger und zuletzt Volkmarser Erz der Brauneisenstein aus den Buntsandsteingebieten am Reinhardswald bei Hohenkirchen verwendet; diese Bergwerke arbeiteten mindestens seit dem 16. Jahrhundert. Neben einem hohen Siliziumoxidgehalt war vor allem der hohe Anteil an Mangan günstig, da dies in vorindustrieller Zeit, ähnlich den Verhältnissen in Württemberg (Plumpe, 1982), ein Frischen des Roheisens zu Stahl erleichterte.

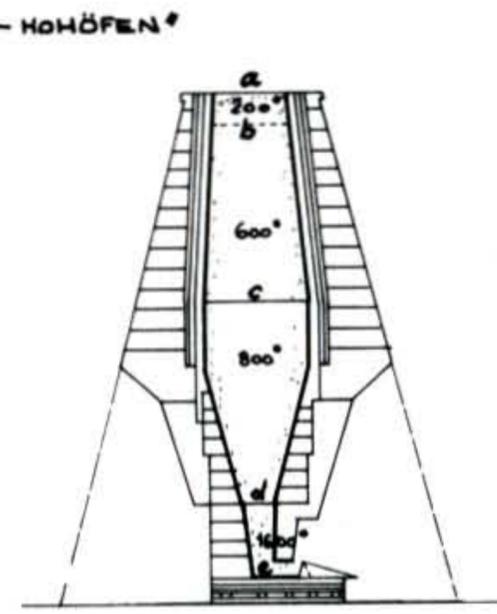
Gattierung

nennt man die Mischung der Erze, mit denen der Hochofen beschickt wird.



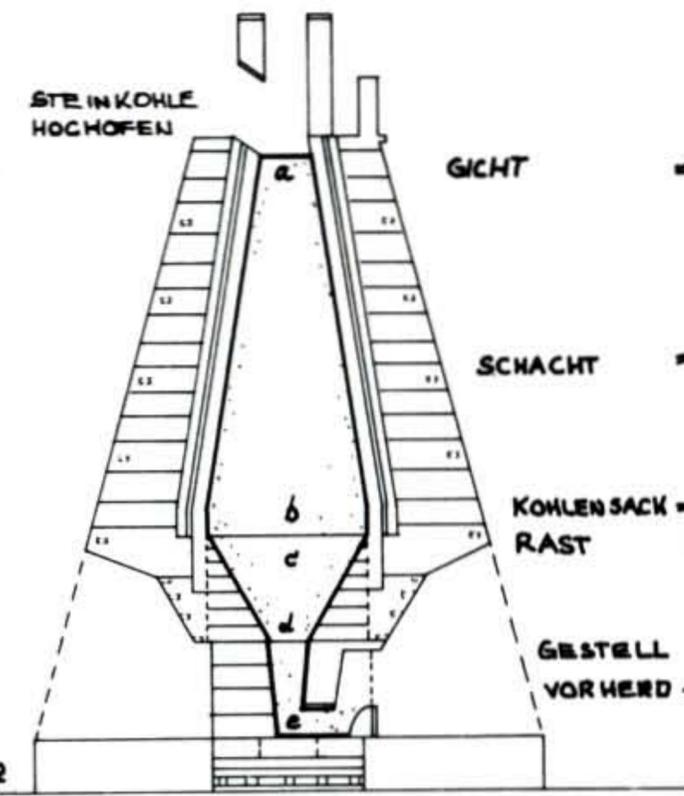
VECKER HÄGER HOCHOFEN

(BUNSEN / PFORT)



BÄRUHER / NORWEGER HOCHOFEN

(SCHERRER / LANGBERG BERZELIUS)



STEINKOHLE HOCHOFEN

DERBYSHIRER

ALFRETON-HOCHOFEN (RIDDINGSHOUSE)

(BUNSEN / PLAYFAIR)

GICHT = VORWÄRM-ZONE

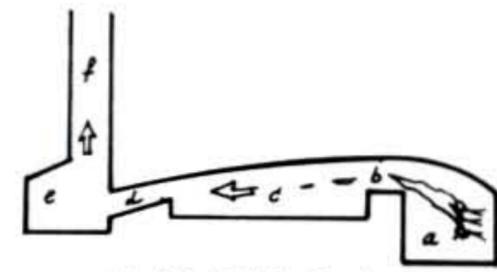
SCHACHT = REDUKTIONS-ZONE

KOHLENSACK = KOHLUNGS-ZONE

GESTELL VORHERD = SCHMELZ-ZONE

0 5 10 15 20 25 30 ENGL. FUSS

GRÖSSEN- UND FUNKTIONSZONEN-VERGLEICH KONTINENTALER UND ENGLISCHER HOCHÖFEN CA. 1840

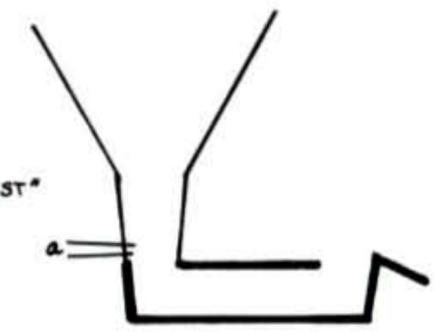


FLAMMÖFENPRINZIP
PUDELÖFEN / GASÖFEN

(NACH DEM KÖNIGSBRENNER TORPORAJ)
 a = FEUERUNGSRaum d = FUCHSBRÜCKE
 b = FEUERBRÜCKE e = VORWÄRMRAUM
 c = ARBEITSRAUM (SEITL. ÖFFNUNG FÜR PUELLEN) f = ESSE

STICKHERD
OD. SCHÖPFHERD
MIT OFFENER BRUST

a = WINDFORM



S. LOTZE '86

Möllern

nennt man die aus Erzen, Zuschlägen und Kohlen bestehende gesamte Beschickung eines Hochofens, die mittels Körben oder Trögen „auf die Gicht getragen“ werden mußte.

Der zweite Teil der Bunsenuntersuchung der gasförmigen Produkte des Hochofens beschäftigte sich nun eigentlich mit einer noch heute aktuellen Frage: *der wievielste Theil der erzeugten Wärme* eines Industrieprozesses geht eigentlich verloren? In diesem Falle kam Bunsen zum Ergebnis, daß 49,55%, wenn man bei der Berechnung auf den aus der Möllierung herrührenden Kohlensäuregehalt keine Rücksicht nimmt, *also ungefähr die Hälfte des Brennmaterials bei dem bisherigen Hochofenproceß als Kohlenoxydgas gänzlich unbenutzt verloren gegangen*⁷² sind. Hinzu kamen noch die Wärmemengen, welche zur Erhitzung der Gase erforderlich waren, die Bunsen nach der Buff'schen Formel langwierig mit 25,4% exakt ermittelte, so daß er zum Schluß kam, daß beim *bisherigen Hohofenprocess im ganzen nicht weniger als 75 Procent* der im Brennstoff enthaltenen Energie vergeudet waren. Diese präzisen Versuche und Auswertungen sind um so beachtlicher, da zu dieser Zeit das allgemeine Energiegesetz noch überhaupt nicht formuliert war, allenfalls der Satz von der Erhaltung der Energie in einigen Wissenschaftlerköpfen langsam Gestalt annahm, und Bunsens grundlegenden Erkenntnisse zu den Funktionen des Hochofens für lange Jahre die Grundvoraussetzung für die wissenschaftlich begründete Steuerung der Schmelzvorgänge wurde und den Volkswirtschaften Millionen⁷³ ersparten.

Im dritten und letzten Teil der Analyse geht Bunsen mit genauen Berechnungen auf die Möglichkeiten der Benutzung der Gichtgase zum Eisenschmelzen ein, die durch spätere Versuche in Veckerhagen auch in der Praxis bestätigt wurden. So waren die Hochofengase, die heiß der Gicht entströmten, – mit weiterer erhitzter Luft verbrannt – eine gute Möglichkeit, in den nachgeschalteten Flammöfen gutes Eisen zu schmelzen. Die Nutzung der Hochofengase für eine 2-PS-Henschel-Dampfmaschine, die bei stündlichem Betrieb allein 35 Pfund Buchenholz oder 13 Pfund Kohlen benötigte, erschien Bunsen problemlos, da *höchstens 1/12 des bisher verlorenen Brennmaterials eine Dampfkraft zu erzeugen im Stande ist, welche zum Betriebe des Hohofengebläses hinreicht*. Diese weiteren Experimente waren aber nicht Teil der Untersuchung.

Aus Berichten der französischen Akademie der Wissenschaften⁷⁴ und Dinglers Journal wurden ab 1842 von Prof. Ebelmen (École des Mines, Paris) durchgeführte Versuche bekannt, der aufbauend auf Bunsens Gasanalysetechnik versucht hatte, ebenfalls an einer Theorie der Hochofenprozesse zu arbeiten, aber von Bunsen und Playfair⁷⁵ 1845 erhebliche Ungereimtheiten vorgeführt bekam.

Nachdem in der Heidelberger Zeit der Assistent Hermann Kolbe (1818–1884), von Bunsen bereits recht erfolgreich in England eingesetzt, Schlagwetter untersucht hatte und Playfair über Kolbe von Bunsens Analysen erfuhr, war dieser im Frühjahr 1845 dem Ruf gefolgt, die Steinkohlehochofen von Derbyshire ebenfalls zu untersuchen. Bunsens Ergebnisse wurden zwar erst sechs Jahre später im sonst industriell fortschrittlichen England umgesetzt, was dann aber um so mehr zu den gewaltigen Kosten- und Energieeinsparungen führte. Hier wurde auch die in Hochöfen überraschende, aber dennoch für den Reduktionsprozeß des Eisenerzes in Steinkohlehochofen als wichtig befundene Rolle des Cyankalium entdeckt.

Welches Neuland bei technologischen Prozessen zu betreten war, erhellt Playfairs Biographie (von Wemyss Reid): Oben am Hochofen von Alfreton in Derbyshire arbeitete Dr. Lyon Playfair vom Museum of Economic Geology, um lösliche Stoffe zu sammeln, während Bunsen weiter unten am Schmelzofen Gase durch Wasser leitete, als plötzlich gemeldet wurde, Playfairs Freund sei krank geworden. Nach unten rennend, entdeckte der Engländer Bunsen, der gerade aus einer Ohnmacht erwachte. Als Playfair seine Nase an eine Öffnung am Hochofen hielt, aus der weißer Nebel drang, roch er, daß es sich um Cyankalium handelte, was nach den berühmten Untersuchungen an Holzkohlehochöfen in Veckerhagen und in Norwegen (Scheerer, Berzelius, Langberg) ein ganz neues Licht auf die Kokshochofenprozesse warf. Der gesamte obere Teil der englischen Hochöfen diente also kaum der Verbrennung, sondern mehr Destillationsprozessen, so daß beim Steinkohlen-Hochofenprozeß der damaligen Zeit neben viel verlorener Wärme ein großer Teil wertvoller Nebenprodukte austrat, deren Existenz vor Bunsen/Playfair ständig übersehen wurde. So entwich, wie man entdeckte, gebundener Stickstoff, der als Ammoniak und Cyan verlorenging. Ganz im Gegensatz zu den hessischen Holzkohle-Hochöfen sorgten in England die verwendeten Steinkohlen dafür, daß sich Destillationsprodukte den Gichtgasen beimischten und erst in größeren Höhen des doppelt so hohen Ofenschachtes der ALFRETON-Eisenwerke verbrannten. Hierdurch entstand eine wesentlich kompliziertere Gasanalyse und eine Verfeinerung der Methoden.

Die großen Massen von Cyankalium, die in den englischen Öfen beobachtet wurden, veranlaßten weitere Nachweise, so daß die Verfasser der Untersuchung des englischen Roheisenprozesses sich genötigt sahen, gerade dem nicht eben ungefährlichen Cyankalium eine wichtige Rolle bei der Reduktion der Eisenerze zuzusprechen.

Rathke⁷⁶ schreibt diesen Forschungen wichtige Fortschritte in der Feuerungstechnik zu, da sie den Anstoß gegeben hätten, die Generatorgase, die bei unvollständiger Verbrennung der Kohlen anfallen, zu einer reichlichen, aschefreien und genau regulierbaren Flamme zu nutzen.

Bunsens Untersuchung ergab am Alfreton-Hochofen, daß nur 16,55% des Brennmaterials *im Ofen zur Realition gelangen, 83,45 p. C. aber an der Gicht in Form brennbarer Gase verloren gehen*⁷⁷.

Weitere Kasseler und Marburger Arbeiten

In der Kasseler Zeit begann Bunsen mit der Analyse und Arbeit an dem gefährlichen Alkarsin. Es lockte ihn, die chemische Zusammensetzung der, vom französischen Apotheker und Direktor der chemischen Arbeiten der Porzellanfabrik Sèvres bereits 1760 entdeckten, *Cadetschen rauchenden arsenikalischen Flüssigkeit* zu untersuchen. Sie galt als *flüssiges Pyrophor* und recht giftig, wie Bunsens Tierversuche zeigten. Der ekelregende, fast untilgbare Geruch und selbst die Explosion vom November 1838, die Bunsen nahezu das Sehvermögen des rechten Auges kostete, schreckten ihn nicht von seinen weiteren Forschungen ab.

Alkarsin nannte Bunsen die Flüssigkeit, die durch Erhitzen eines Gemischs von Arsenik und Kaliumacetat entsteht⁷⁸. Er fand als Oxidationsprodukt des Alkarsins das Alkargen und dessen Abkömmlinge Kakodylsulfid, -fluorid,

-jodid, -bromid, -chlorid und -cyanid, die seit dem ersten Weltkrieg als sogenannte Blaukreuz-Kampfstoffe „in verbrecherischer Weise im chemischen Giftkrieg“⁷⁹ eingesetzt wurden. Bunsen selbst schwebte tagelang wegen einer Vergiftung zwischen Leben und Tod, aber der große Wissenschaftler Berzelius (1779–1849) würdigte 1841 in seinen Jahresberichten die meisterhafte Experimentalarbeit des Chemikers wie folgt: *Bunsen hat durch diese Untersuchungen seinen Namen in der Wissenschaft unvergeßlich gemacht. . . . Diese Arbeit ist ein Grundpfeiler für die Lehre von zusammengesetzten Radikalen, von denen das Kakodyl noch das einzige ist, welches . . . bis in alle Einzelheiten verfolgt werden konnte*⁸⁰. Die Arbeiten sind darüber hinaus der Ausgangspunkt für spätere Untersuchungen der metallorganischen Verbindungen durch Edward Frankland (1825–1899)⁸¹ und August Kekulé (1829–1896)⁸².

Der damalige Streit in der jungen organischen Chemie führte Bunsen nach den Kakodyluntersuchungen wieder mehr den praktischen und chemisch-physikalischen Dingen zu. Bunsens Kakodylarbeiten hatten aber für das miserabel ausgestattete Labor der Höheren Gewerbeschule in Kassel noch einen sehr positiven Nutzen. Seine Anträge an das Ministerium des Inneren um eine wirksame Raumentlüftungsanlage waren vom Minister Freiherr von Hanstein mit dem üblichen Geldmangel stets abgelehnt worden. Wie sein Schüler Debus⁸³ überlieferte, erzählte ihm Bunsen das Folgende:

*Eines Tages, als ich wußte, daß der Minister kommen würde, nahm ich ein Rohr mit Kakodyl, legte dasselbe offen in mein Arbeitszimmer und schloß Tür und Fenster. Als Herr von Hanstein kam, brachte ich die Unterhaltung wieder auf die mangelnde Ventilation und schloß mit der Bemerkung: „Wollen sich Exzellenz selbst überzeugen?“ Da kroch er dann hinein, sprang aber sogleich wieder heraus. Den nächsten Tag kam ein Baumeister, und alles wurde nach meinem Wunsch geändert*⁸⁴.

Bunsens isländische Reise

Bunsens Gasanalyse, die ihm besonders bei der isländischen Reise sehr zustatten kam, ermöglichte es ihm, eine richtige Theorie der Geisire aufzustellen, für deren wiederkehrende Eruptionen es bislang die abenteuerlichsten Erklärungen gegeben hatte⁸⁵. Der im September 1845 nach 80 Jahren Ruhe ausgebrochene Vulkan Hekla auf Island hatte die dänische Regierung veranlaßt, die Professoren von Waltershausen, Bergmann und Bunsen zu dieser Expedition aufzufordern. Dies brachte den Kurfürsten Wilhelm II. in Hanau bzw. den schrulligen Kurprinzen Friedrich Wilhelm noch lange nicht dazu, Bunsen Urlaub zu gewähren. Erst über den Vetter und Hofmedikus Dr. Robert Bunsen konnte dies mit List erreicht werden.

König Christian VIII. war selbst auf das lebhafteste an dem Vorhaben interessiert und gewährte Bergmann und Bunsen am 21. 4. 1846 daher auch eine *lange Audienz*. Am 3. 5. um 4.00 Uhr gingen die Forscher mit der zweimastigen Brigg „St. Croix“, die das Herrscherpaar noch persönlich gemustert hatte, in See und erreichten nach einer stürmischen Überfahrt am 14. 5. Reykjavik.

Neben Exkursionen zu den Schwefelminen von Krisuvig, Fumarolen, Schlammvulkanen, den *Geysirn von Reikir* war der Krater Hekla das Hauptuntersuchungsfeld, in dessen 300 Fuß tiefen Krater Bunsen hinabstieg und von dem er mit reichem Material zurückkehrte. Die grundsätzlichen Erkennt-

nisse über die chemischen Vorgänge in Vulkanen und physikalische Erklärungen der periodischen Geysirtätigkeit waren die sensationellen Ergebnisse seiner Messungen; Versuche und schwierige Silikatanalysen schlossen sich an. Diese grundlegenden Forschungen schlugen sich in fünf vielbeachteten Aufsätzen Bunsens in Wöhler/Liebigs Annalen⁸⁶ und ab 1850 in den Annalen der Physik und Chemie⁸⁷ nieder, die der Berliner Physiker und Physikhistoriker Johann Christian Poggendorf (1796–1877) herausgab.

Bei der Rückkehr befand sich der Hof gerade in Kiel. Dies ersparte Bunsen zwar einige für ihn leidige *Staatsvisiten* und Empfänge, vom dänischen König mußte er sich dort jedoch noch persönlich verabschieden. Seiner *lieben theuren Mutter* fügte R. W. B. im Brief vom *Fuße des Hekla*, den 27. July 1846 eine recht kleine Handzeichnung bei, die ihn mit Südwester auf dem stoppelbärtigen Haupte zeigt, und die vermutlich der treue dänische Reiseleiter Lieutenant Matthiessen in Blei gezeichnet hatte⁸⁸.

Die spätere Zeit in Marburg, Breslau und Heidelberg

Robert Wilhelm Bunsen wurde an der Universität Marburg gemäß *Höchstem Beschluß* am 7. 8. 1839 vom Gesamt-Staats-Ministerium als außerordentlicher Professor der Chemie eingesetzt, unter *Beibehaltung seines jetzigen Gehalts von 650 Thalern und Versetzung des außerordentlichen Professors der Chemie Dr. Winkelblech zu Marburg als Lehrer der Chemie an die Höhere Gewerbeschule mit dem Gehalt von 500 Thalern*⁸⁹.

Am 9. 10. 1839 mit der Direktion des chemischen Instituts betraut⁹⁰, hat Bunsen in den zwölf Marburger Jahren, entgegen anfänglicher energischer Stellungnahmen für Winkelblechs Verbleib, Entscheidendes in der Chemie entdeckt und erarbeitet. Winkelblech (1810–1865), der in Marburg *vorzügliche wissenschaftliche Leistungen* über Blei und Kobaltoxide sowie über Schwefelverbindungen vollbracht hatte und ein guter a. o. Professor⁹¹ war, hatte dem bereits altersschwachen Prof. F. Wurzer (1765–1844) assistiert. In seiner Kasseler Zeit hingegen tat sich Winkelblech fachwissenschaftlich nicht mehr besonders hervor, war aber 1848 Teiln. der revolutionären Bewegung in Kurhessen, wurde unter dem Ministerium Hassenpflug wegen Hochverrats kurzzeitig verhaftet, freigesprochen und trotzdem 1853 vom Lehramt suspendiert⁹².

Das Hauptwerk von Karl Winkelblech⁹³ wurden, nachdem er 1843 bei der Materialsuche für ein großes technologisches Werk die Blaufarbenfabrik von Modum in Norwegen besucht und ein deutscher Arbeiter dort seine jammernswerte Lage und das Arbeiterelend geschildert hatte, die Schriften als Sozialtheoretiker und Volkswirt. Neben der gewissenhaften Verwaltung seines Lehramtes arbeitete er über die sozialen Verhältnisse des frühen Industrialismus, sah sich als christlicher Republikaner, haßte die Liberalen, und als *Föderalist* schwang er sich zum Führer der deutschen Handwerkerbewegung auf⁹⁴.

Die Marburger Professoren, die Bunsen nahestanden, waren der beste Freund und Kirchenhistoriker E. L. Th. Henke (1804–1872), der Philosoph E. G. Zeller (1814–1908), der Chirurg W. F. Roser (1817–1888), der Historiker H. K. L. v. Sybel (1817–1895), der Philologe C. J. Caesar (1816–1886), der Prof. med. f. Chemie Constantin Zwenger (1814–1884), der Orientalist Gildemeister, der Mathematiker Stegmann, der Jurist Fuchs sowie der Institutsdiener Bred-

hauer. Johann Bredhauer ist unten auf einem Ölgemälde von Bauer, das Bunsen 1851 beim Abschied nach Breslau zeigt, neben den Porträts der zehn Professoren in gemessenem Abstand am Seitenarm der Lahn und unter einer Weide trauernd dargestellt⁹⁵. Er war es, der 1842 Bunsen kurz nach einer Parisreise, bei der die Bunsenschen Batterien zur Illumination eines Gartenfestes des Fabrikanten Deleuil⁹⁶ eingesetzt waren, mit dem Ruf *Es brennt im chemischen Institut* weckte. Bredhauer mußte mit Wassereimern Löschwasser von der Lahn herbeischleppen, weil selbst das nach Liebigs Muster erneuerte Labor noch keine Wasserleitung besaß.

Das Marburger chemische Institut war in der Nähe der Hedwigskirche im ehemaligen Deutschordenshaus eingerichtet worden. John Tyndall (1820–1893), der 1848 bei Bunsen studierte, beschreibt diesen *als die hervorragendste Erscheinung an der Universität*, dessen Vorlesungen über Elektrochemie immer besonders eindrucksvoll waren. Da es Bunsen gelungen war, das teure Platin in dem erst 1839 von William Robert Grove (1811–1896) entdeckten Zink-Platin-Element durch billige Kohleelektroden zu ersetzen, konnte er abends sehr effektvolle Metallschmelzversuche vorführen, indem er mittels Lichtbogen die nahegelegene Elisabethkirche beleuchtete. Obwohl das *Bunsenelement* bis zur Erfindung des Dynamoprinzips durch Werner von Siemens (1816–1892) die stärkste und billigste Stromquelle darstellte und sich die Deleuils mit ihrer Herstellung sehr bereicherten, interessierte Bunsen der materielle Reichtum nicht⁹⁷. Er war auch immer wenig an Orden und Festlichkeiten interessiert. So gibt es eine Geschichte über ihn, die bezeichnend ist für den lebenslangen Junggesellen, der sehr an seiner Mutter hing, als er einem Kollegen, der ihn zu einem der vielen hohen Orden beglückwünschte, sagte⁹⁸: *Früher hatte meine Mutter immer eine große Freude an dergleichen Dingen. Seitdem sie tot ist, sind mir solche Ehrungen auch ganz gleichgültig geworden.*

Bunsens Wohnung in Marburg lag dem Laboratorium gerade gegenüber, an der Ecke der Elisabether Straße, so daß man von seinem Fenster aus das chemische Institut sehen konnte. Im gegenüberliegenden Gasthaus „Zum Ritter“ pflegte er beim *behäbigen Wirt Schwaner, der von den Studenten Fallstaff genannt wurde*, zu essen, und an der Tafel traf man sich bisweilen mit Durchreisenden und Fachgenossen wie Mitscherlich, Hoffmann oder dem Professor der Chemie und General-Münzmeister von London Thomas Graham (1805–1869).

Die Personalakten in den Staats- und Universitätsarchiven spiegeln neben der Island-Expedition die dreiwöchige Reise nach Schweden (4. Aug. 1841 genehmigt) und eine gleichlange Fahrt mit Henke nach Italien (9. 2. 1843) wider, die ihm neben mineralischen Studien in der Toskana und *vulkanischen Aktionen in Tätigkeit* einen Empfang beim Napoleonbruder, dem ehemaligen König der Niederlande Louis Bonaparte im Florentiner Exil, einbrachte⁹⁹.

In der Zwischenzeit waren, dank des Zusammenschlusses der Kleinstaaten zum Zollverein (1834), die Schranken beseitigt, die einer Entfaltung der industriellen Revolution in Deutschland im Wege standen, und der Maschinen- und Bergbau hatte erhebliche Fortschritte gemacht.

Wie Bunsen es schon lange vorhergesehen hatte, wuchs besonders der Eisenbahnbau, so daß bereits 1845 mehr als 2000 km Schienenwege verlegt waren. Der revolutionäre Druck im Bürgertum stieg ebenfalls in allen Ländern. Vielleicht waren es aber, außer der reaktionären kurhessischen Regie-

rung Hassenpflug, auch die verlockenden Angebote, die dem mittlerweile weithin berühmten Professor angetragen wurden, die Bunsen veranlaßten, im April 1851 einem Ruf nach Breslau zu folgen. So sicherte man ihm u. a. ein neuerbautes chemisches Institut zu.

In den Personalakten¹⁰⁰ findet sich vom 18. 1. 1851 ein Vermerk des Kurhessischen Ministers des Inneren, daß in amtlichen preußischen Blättern der Professor der Chemie Bunsen als Ordinarius in Breslau angezeigt gewesen sei. Es wurde nachgefragt, ob Bunsen eine *diesen seinen Abgang betreffende Mitteilung an die Universität habe gelangen lassen*. Der Prorektor bestätigt nur, daß Bunsen am 19. December des verflossenen Jahres etwas von einem *anderen Wirkungskreis* angedeutet habe. Daraufhin befragt, ließ Bunsen, nach einer bereits von ihm abgelehnten Berufung nach Halle, noch alles offen, während offensichtlich in Berlin schon längst die Weichen gestellt waren. Der Minister des Inneren beantragte am 1. 2. 1851 beim Minister des Äußeren, man solle in Berlin *möglichst sicher und so bald als möglich Nachricht* einholen, wie es um diese Angelegenheit stehe. Erst am 8. 2. 1851 hatte Bunsen offensichtlich definitiv seine Berufung zur Universität Breslau, denn an diesem Tag bat er um seinen Abschied aus dem kurhessischen Staatsdienst.

Als er nach Breslau kam, mußte Bunsen im Labor erst einmal eine Woche lang einen wahren *Augiasstall* ausmisten, wie er am 27. 4. Henke in Marburg schrieb. Die knappen Gelder mußten noch hinter Mitscherlichs *erstem preußischen Laboratorium* in Berlin zurückstehen, und es war nötig, erst auf die Schlüssel-Zuweisungen der Kleinstaaten wie Hessen hinzuweisen, um die nötigen Mittel zu bekommen.

Da der Lehrstuhl Gmelins in Heidelberg seit 1851 unbesetzt geblieben war und 1852 noch einmal der badische Minister R. W. Bunsen berufen wollte, sagte dieser für 2 700 Gulden Jahresgehalt nebst 400 Gulden Mietzuschuß bei Verleihung des Titels „Großherzoglicher Hofrat“ zu und wurde am 6. 8. 1852 Direktor des chemischen Laboratoriums in Heidelberg, wo er noch lange 37 Jahre wirkte!

Allein seine Breslauer Bekanntschaft mit dem kurz vorher berufenen Gustav R. Kirchhoff (1824–1887), dem einzigen der Professoren, dem er dort menschlich etwas näher getreten war, soll erwähnt werden, da sie sich vor allem auf die bahnbrechende spätere Arbeit in Heidelberg zur Spektralanalyse auswirkte.

Bunsen hatte auch später keine Lust mehr, länger unter *Bismarcks Knute* zu arbeiten. Diese Arbeiten mit Kirchhoff zur Spektralanalyse stellten den ersten und wichtigsten Schritt auf dem Weg zu unserer heutigen Kenntnis über die Struktur der Materie und den Aufbau des Weltalls dar¹⁰¹.

Mit einer robusten Gesundheit ausgestattet und trotz eines chronischen trockenen Hustens, der neben weiteren Unfällen wohl vorrangig auf die Kasseler Kakodyluntersuchungen zurückzuführen war, lebte Bunsen noch von 1889 bis 1899 im Ruhestand in Heidelberg. Nach über einem halben Jahrhundert als Wissenschaftler war er Ostern 1889 vom Großherzog emeritiert worden, starb mit 88 Jahren am 16. August 1899 und wurde am 19. August auf dem neuen Friedhof der Stadt Heidelberg feierlich beigesetzt. Sein Denkmal wurde am 1. August 1908 enthüllt und ist noch an geändertem Standort in Heidelberg zu sehen. Es stellt, wie die Büste im Arolser Privatbesitz, Robert Wil-

helm Bunsen im höheren Alter dar und wurde vom Künstler Hermann Volz, Professor an der Kunstschule Karlsruhe, geschaffen.

Anmerkungen:

- 1 Wie den Vetter, Gymnasiallehrer und späteren preußischen Gesandten in Rom und London C. J. J. Bunsen.
- 2 Die Professoren sind folgende: Physiker J. T. Mayer, Mathematiker Thibaut und Nerick, Mineraloge J. F. Hausmann, Botaniker Schrader, für Anatomie K. Langenbeck (Lockemann, Georg: Robert Wilhelm Bunsen. Lebensbild eines deutschen Naturforschers, Stuttgart 1949, S. 22 f).
- 3 Die reich illustriert 1830 bei Vandenhoeck und Ruprecht im Druck erschien und Prof. Stromeyer gewidmet ist. Sie behandelt alle Arten Luftfeuchtigkeitsmesser seit H. B. de Saussure's 1783 erfundenem Haar-Hygrometer.
- 4 Karl Knetsch: Robert Bunsen. – In: HL, 39. Jg., S. 153 ff.

5 Die französischen Juli-Ereignisse führten auch dazu, daß Göttingen ein revolutionäres Zentrum wurde. 600 Studenten unterstützten neben einer 1200 Mann starken Bürgergarde einen demokratischen Gemeinderat. Die hannoverschen Truppen erstickten oberflächlich die revolutionären Umtriebe, die sich 1837 im antiabsolutistischen Protest der „Göttinger Sieben“ gegen den Staatsstreich des Königs von Hannover und in liberalen Protestbewegungen trotzdem entluden. Neben den bekannten Wissenschaftlern wie F. C. Dahlmann, K. F. Gauß (1777–1855), Jacob und Wilhelm Grimm (1785–1863 u. 1786–1859), die Bunsen sicherlich kannte, gehörte aus diesem Kreis der Historiker Georg Gottfried Gervinius (1805–1871) jedenfalls später in Heidelberg zu Bunsens Freundeskreis. Sein späterer Marburger Professorenkollege und Freund, der Historiker Heinrich v. Sybel (1817–1895) war der entschiedene politische Gegner des Reaktions-Ministers Ludwig Hassenpflug (1794–1862). Die Brüder Grimm, mit Hassenpflug verschwägert, distanzieren sich aber ab 1832 von diesem (Nachlaß Grimm 413, SBPK Berlin und UB Marburg Ms 784/165). Sie waren alle von Jugend auf mit dem Tapetenfabrikanten C. H. Arnold (1793–1874) befreundet. Besonders der Malerbruder und Kunstprofessor (seit 1832) Emil Ludwig Grimm (1790–1863) verkehrte wie Bunsen in seiner Kasseler Zeit im Arnoldschen Haus; ein Sohn Arnolds gehörte in Berlin zum Kreis um die Sozialkritikerin Bettina von Arnim (1785–1859). E. L. Grimm starb neben dem von Bunsen bewohnten Haus Bellevue Nr. 9, im Nachbarhaus Nr. 10 (siehe Katalog „200 Jahre Brüder Grimm“, Kassel 1985, Bd. 2, S. 15 ff.). Die Brüder Grimm wohnten 1824–26 im Haus Nr. 9, 2. Stock. (Kasseler Post, 1. 4. 1941).

Wenn Bunsen sich auch während seiner Göttinger Promotionszeit an den politischen Ereignissen nicht beteiligte, behielt er zeitlebens ein gesundes Urteil über *die Obrigkeit*. So störte ihn später in Breslau, wo er nur vom April 1851 bis in das Jahr 1852 wirkte, *die preußische Atmosphäre*.

Da Bunsen politisch unbelastet war, ermöglichte ihm die hannoversche Regierung ein Reise-stipendium, das ihn von Mai 1832 bis September 1833 zu vielen Wissenschaftlern, Fabriken und geologisch interessanten Orten führte.

Siehe: Danzer, Klaus: Robert W. Bunsen und Gustav R. Kirchhoff, Leipzig 1972, S. 15 f, S. 29, und Lockemann, 1949, S. 18–49.

- 6 Hermsdorff: Der Vater des Bunsenbrenners. – In: HNA v. 22. 3. 1986. Henschel beteiligte sich von 1832–1835 an der „Hessisch-Waldeckschen Compagnie zur Gewinnung des Goldes aus dem Edderflusse“, des in brasilianischen Diensten stehenden Oberberghauptmannes Ludw. Wilhelm v. Eschwege. Siehe: Schnack: Lebensbilder. Bd. III, 1942, S. 74.
- 7 Henschel hatte ein Dampfmaschinenpatent auf 6 Jahre (1816 und vom 8. 11. 1830 StAM). Gerade um 1831/1832 tat er sich mit einer wahren Fülle von Erfindungen, wie Dampfdestillierapparaten, Kupfer- und Messingwalzwerken, Versuchen zur Kohlenstaubfeuerung usw., hervor. Das Veckerhäger Luftgebläse stellte eine Weiterentwicklung des Rommershäuser Gebläses von 1819 dar und war wie das 1811 für die Eisenhütte Homberg entwickelte doppelt wirkende Zylindergebläse eine Basisinnovation; denn erst ab etwa 1818/20 waren allgemein in Deutschland mittels metallener Zylindergebläse ca. 20% Kohlenverbrauchssenkungen beim Hochofenprozeß zu erreichen. Die bis 1837 konstruierte Henschel-Turbine war ebenfalls technologisch führend.

Siehe hierzu: Mackensen L. v.: Carl Anton Henschel, Kassel 1984, S. 14 ff. Pfort: Der Flammofenbetrieb mit brennbaren Gasen zu Veckerhagen. Studien des Göttinger Vereins Bergmännischer Freunde (GöVBF), Göttingen 1841, S. 1 ff.

- 8 Lockemann, 1949, S. 28 f: Neben einem landwirtschaftlichen Musterbetrieb waren hier in einem aufgelösten Cisterzienserkloster Brauereien, Branntweinbrennereien, eine Zucker-

- fabrik, Kelterei, Öl-, Graupen- und Kartoffelmühlen, eine Ziegelei nebst Steingut- und Porzellanfabrik eingerichtet.
- 9 Lt. Lockemann, 1949, S. 31 ff und Danzer, 1972, S. 17 f waren dies:
 - C. S. Weiß, Mineraloge (1780–1856).
 - S. F. Hermbstädt (1760–1833), Chemiker und Administrator der Hofapotheke, dessen Vorlesungen Bunsen z. T. besuchte.
 - Gustav und Heinrich Rose (1798–1873 u. 1795–1864). In H. Roses chemischem Labor arbeitete Bunsen auch zeitweilig. Gustav, der Mineraloge, hatte A. v. Humboldt auf dessen Sibirischer Reise begleitet. Bei diesem lernte Bunsen den Chemiker Runge kennen.
 - F. F. Runge (1795–1867), der später mit der Entdeckung des Phenols, des Anilins und der Teerfarbstoffe berühmt wurde, hat Bunsen sehr beeindruckt.
 - E. Mitscherlich (1794–1863), Chemiker, freundete sich mit Bunsen an und beeindruckte diesen mit experimentellen Forschungen.
 - 10 So besichtigt er beispielsweise die großen Fabriken von Schönebeck, besucht den Oberberg- rat Zinten in Mägdesprung und dessen Berg- und Eisenwerke.
 - 11 Friedrich Wöhler, der mit der Darstellung des metallischen Aluminiums, des *Silbers aus dem Thon*, die Grundlage für einen späteren Industriezweig legte, war 1832 einer der ersten Lehrer der gerade gegründeten Höheren Gewerbeschule in Kassel. Er erarbeitete in dem neueinge- richteten Labor in Kassel Verfahren, um metallisches Nickel aus der Kobaltspeise (Arsen- nickel-Abfälle) der kurhessischen Blaufarbenfabrik zu Schwarzenfels zu gewinnen und konnte in Platinrückständen die seltenen Edelmetalle Osmium und Iridium darstellen. Seine Verfahren zur Herstellung von Calciumcarbid zur Gewinnung von Acetylen waren die Grundlage für organische Synthesen der chemischen Großindustrie.
Siehe: G. Lockemann: Friedr. Wöhler. – In: J. Schnack: Lebensbilder, 1942, Bd. III, S. 410–420.
 - 12 Lockemann, 1949, S. 36 f, und Danzer, a.a.O., S. 18 f.
 - 13 was nur über Prof. T. J. Pelouze (1807–1867) und den Hannoverschen Gesandten zu erreichen war.
Lockemann, 1949, S. 41.
 - 14 Danzer, a.a.O., S. 20.
Zur gleichen Zeit weilte Carl Anton Henschel, den Bunsen in Kassel kennengelernt hatte, in England, traf dort Stephenson, den Hauptpionier des Eisenbahnwesens, und versuchte, die eigenen frühen Schritte von 1803 und 1822 zum Eisenbahnbau bzw. zur Linie Bremen- Kassel–Frankfurt umzusetzen. Man denke nur an seine Dampfmaschinenversuche von 1816, sein Patent hierauf und sein Projekt dampfgetriebener Straßenfahrwerke von 1803 (Schnack, a.a.O., S. 161), die für Kurhessen und den technikfeindlichen Kurfürsten Jahrzehnte zu früh kamen.
 - 15 Lockemann, 1949, S. 27–49.
Die reichhaltigen technologischen Erfahrungen, Kenntnisse über Mineralogie (bei *Hofrath Hausmann, Lehrer der Bergwerkswissenschaften und Technologie*) und Mathematik geben im März 1836 den Ausschlag, den *vollkommen kompetenten* Bunsen nach Kassel zu berufen. Siehe hierzu: Schreiben des Ober-Bergwerks-Directors Theodor Schwedes und Geh. Ober- baurates Rudolph (Direction der Höh. Gew. Schule in Kassel) vom 20. 3. 1836 an das Kurf. Ministerium des Inneren wegen Anwerbung eines Chemielehrers, der *nicht nur Theoretiker* ist. In Akte: StAM Rep. VI, Kl. 8, Nr. 16.
 - 16 „Über einige eigenthümliche Verbindungen der Doppelcyanüre mit Ammoniak, Göttingen, am 14. 2. 1834“ in Poggendorfs Annalen der Physik, Bd. XXXIV p. 131–147, 1835.
 - 17 Maße und Gewichte in der Chemie, Chemie der Gifte, Chemie des Tier- und Pflanzenrei- ches.
 - 18 Poggendorfs Annalen, Bd. XXXII, p. 124 f, 1834.
 - 19 Akte StAM Rep. IV, Kl. 8, Nr. 16:
 - Winkelblech, als *Gehülfe des Geh. Hofraths Wurzer* sei nur Chemiker, weniger in der *chemi- schen Technik* bewandert, in Mathematik, Geowissenschaften habe er gar keine Kenntnis.
 - Dr. Köhler aus Kassel sei an der Höheren Gewerbeschule Berlin und ebenfalls schlechter geeignet.
 - Prof. Engelhardt von der Gewerbeschule zu Nürnberg wolle dort ungerne weg und solle *etwas von der süddeutschen Derbheit an sich haben, die bei einem Lehrer hier anstößig werden könne*.
 Bunsens Forderung von 700, mind. aber 650 Talern, brachte das Gehaltsgefüge von Dr. Bur- henne (Mathematik) und Philippi (Naturgeschichte, Geographie) durcheinander. *Um diese*

- nicht zurückzusetzen und mißmutig zu machen und Bunsen nicht für die üblichen 500 Taler (da er 400 bereits in Göttingen bekam) kommen wollte, bekamen beide 150 Taler Zulage. Als Bunsen am 26. 6. 1841 zum ordentlichen Professor befördert wurde, bekam er 800 Reichstaler, die am 29. August 1850 auf 1200 Taler erhöht wurden. Eine Zulage sowie Vergütung für Untersuchungen i. A. von Staatsbehörden und für i. A. der Regierung unternommene Reisen wurde von Anfang an zugesichert.
- 20 Weber, E.: Karl Schomburg – Kassels erster Oberbürgermeister – Vorkämpfer für Bürgerfreiheit und kommunale Selbstverwaltung, Kassel 1982.
- 21 Der Physiker und Mathematiker Rudolf H. A. Kohlrausch (1809–1858) war 1849 und Georg Karl Winkelblech ab 1839 im Tausch mit Bunsen als Lehrer für Chemie und chemische Technologie an der Höheren Gewerbeschule in Kassel. Sie waren alle drei zu anderen Zeiten als Professoren an der Universität Marburg berufen worden, und der Physiker Prof. Heinr. Buff (1805–1878) ging 1838 als Professor an die Universität Gießen (Stadtarchiv Kassel, S1Ur. 3150).
Siehe hierzu: Heldmann: Dr. Rud. Kohlrausch. – In: HL 1909, S. 327 f. – Griewank: Karl Winkelblech. – In: Schnack, 1940, Bd. II, S. 422–428.
Rudolf Amandus Philippi (1808–1904, † in Santiago de Chile) war 1836 Gründungsmitglied und Direktor des Vereins f. Naturkd. i. Kassel, er ging nach der 1848er Revolution nach Chile. Aus der parallel dazu um 1826 in Darmstadt gegründeten Real- u. Technischen Schule entwickelte sich 1836 eine Höhere Gewerbeschule und 1877 die einzige Technische Hochschule Hessens. Die Kunstgewerbeschule Kassel vom 24. 5. 1869 stellt gewissermaßen, neben der gleichzeitig vorhandenen Kunstakademie, eine Nachfolgeeinrichtung dar und ist heute als Werkkunstschule längst in die GhK integriert.
- 22 1666 als „Freihaus“ im Besitz des Kammerpräsidenten J. K. v. Dörnberg, seit 1767 Gebäude des Stadtkommandanten, unter Jérôme Sitz des Kriegsgerichts gegen die Männer des Dörnbergaufstandes (Weber, a.a.O., S. 124).
- 23 Bericht Schomburgs vor der Ständeversammlung vom 18. 12. 1837 über die Zustände am Polytechnikum (Verhandlungen des kurhess. Landtages 1831–1841).
- 24 Im Gegensatz zum Bau des neuen Kasseler Gymnasiums, der ebenfalls beantragt wurde (Schomburgs Rede vom 4. 6. 1840), mußte die Höhere Gewerbeschule bis 1864 im völlig unzulänglichen Gebäude bleiben, da das zuständige kurhessische Ministerium des Inneren dieser Höheren Schule, die wie in Darmstadt und Berlin zu einer TH hätte führen können, nicht die angemessene Bedeutung zumaß.
- 25 So gehörte z. B. zum Kreis um die Kurprinzessin und spätere Kurfürstin Auguste der Maler Friedrich Bury (1763–1823), dessen Vater schon Lehrer an der Zeichenakademie Hanau war. Er sollte noch 1806 Akademielehrer werden und war ein Bekannter des Malers Ludwig Emil Grimm. Alle Brüder Grimm hatten auch stets ein gutes Verhältnis zur Kurfürstin. Die Hofbaumeister Bromeis, Wolff und Ruhl waren Direktoren der Akademie.
- 26 Siehe Nowotny: F. Müllers kunstpädagogische Reformideen a. d. Jahre 1836. – In: ZHG, 1964/65, Bd. 75/76, S. 569–585 und Zwenger: F. Müller. – In: HL 1889, S. 52 f, 66 ff, 82 ff.
- 27 Robert Wilhelm wohnte in der Nähe im Haus Bellevue Nr. 9, später auch Nr. 10, Schöne Aussicht; lt. Bunsen-Nachlaß in Arolsen: *beim Möbelhändler Mannsbach im 1. Stock*.
- 28 Robert Bunsen (* 28. 3. 1808 in Arolsen, † 6. 9. 1882 an Apoplexie in Kassel, Weinberg Nr. 2) war der 3. Sohn des Reg. Rates und Bibliothekars Philipp Ludwig Bunsen (5. 9. 1760 – 13. 9. 1809) in Arolsen.
Der Chemiker Robert Wilhelm war somit der Cousin von Robert, da sein Vater, der Göttinger Prof. Christian Bunsen (1. 4. 1770 – 24. 3. 1837), das 9. Kind und sein Onkel Philipp Ludwig das 5. Kind der gemeinsamen Großeltern, vom Münzmeister Philipp Christian Bunsen (1. 10. 1729 – 10. 2. 1790) mit seiner Frau Christine Elisabeth geb. Linde (11. 4. 1727 – 21. 10. 1807) waren (siehe: Lockemann, 1949, Anhang).
W. Hermsdorff ist beim Vater von Robert in seinem Nachruf vom 22. 3. 1986 mit der Angabe *Hofmedicus Philipp Ludwig Bunsen* wohl der falschen Angabe der Loschkartei gefolgt (Karte Bunsen der MuLB).
Der Scherenschnitt von P. J. Seiff zeigt diese gemeinsamen Großeltern in der späten Frankfurter Zeit von 1790 (Original bei Frau Moldenhauer geb. Herwig in Arolsen).
K. H. Arnold wohnte ebenfalls in der Oberneustadt im Haus Friedrichstraße 81½. J. C. und P. W. Arnold wohnten in der Tapetenfabrik Haus Königsstraße 114⅛ / Am Rondell, neben dem Fürstenhaus (heute 17-achsiger Bau am Brüder-Grimm-Platz; lt. Casseler Adressbuch für 1839).
- 29 Arnold war Mitbegründer des Handels- und Gewerbevereins von 1821. K. H. Arnold verkehrte in Berlin, wo er zeitweilig einen Zweigbetrieb besaß, im Kreis von Adolph Menzel,

- Friedrich Schinkel, den Bildhauern Rauch und Drake. Über Arnold lernte Menzel die Willingshäuser Maler kennen.
 Siehe: Machmar/Jacob: J. C. Arnold u. K. H. Arnold. – In: Schnack, 1942, Bd. III, S. 6–17.
- 30 „Jahresbericht über die Thätigkeit d. Vereins f. Naturkd. in Cassel, abgestattet den 18. April 1837 ...“ In Kassel entfaltete sich überhaupt um 1835 eine lebhaft wissenschaftliche Arbeit: 1835 wurde der Kunstverein gegründet, der Verein für hessische Geschichte und Landeskunde verabschiedete seine Statuten (ZHG, Bd. 1, 1837).
- 31 ebenda, S. 7.
- 32 Schwarzenberg war lt. Kurf. Hess. Hof- und Staatshdb. von 1837 zugleich *Berg-Commissar*.
- 33 „Über Erdölquellen in der Umgebung von Peine und Celle“, 3. Jahresbericht, S. 12.
- 34 ebenda, S. 14–16.
- 35 „Die Zusammensetzung der rothen Ackerkrume der Insel Cuba“. Zum in Cuba und Portorico grundlegend tätigen deutschen Naturforscher Johann Gundlach siehe: Schack, 1942, Bd. III, S. 103 ff.
- 36 abgedruckter Brief vom 18. 10. 1838 an den Herausgeber von Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie, Bd. XLV, 1838, S. 339–341.
 „Vorläufige Resultate einer Untersuchung der im Hohofenschacht sich bildenden Gase.“
- 37 Jahresbericht des Vereins für Naturkunde zu Cassel vom 18. April 1860, der über die ersten zwölf Jahre seines Bestehens ausführlich berichtet. Die Mitgliedsliste nennt Berginspektoren der Berg- u. Hüttenwerke von Schmalkalden, Veckerhagen, vom Hirschberg und Meißner und Fabrikanten des Montanbereichs.
- 38 wiederabgedruckt in den Studien des Gött. Vereins Bergm. Freunde (GöVBF), Bd. VII, 1856, S. 97 ff und erstmalig in Göttinger Gelehrte Anzeigen, 1835, S. 1089 – in Bunsens gesammelten Abhandlungen, hrsg. v. Ostwald und Bodenstein, Leipzig 1904, Bd. II, S. 175 ff, ist diese sehr frühe Abhandlung versehentlich mit der Angabe 1856 (dem Katalog der Royal Society folgend) zehn Jahre zu spät eingeordnet.
- 39 in Erdmanns Journal für praktische Chemie, Bd. XXII, 1837, S. 156–166.
 Als eine heiße Mineralquelle in Nauheim angebohrt wird, kommt der Gelehrte im Herbst 1839 („Über die Nauheimer Mineralquellen“, GöVBF, Bd. 4, 1841, S. 361–364) noch einmal zu diesem Thema. Er mißt für das kurhessische Oberbergamt mit einer genial-einfachen Lösung und der *Buffschens Formel*, die er auf das spezifische Gewicht der Kohlensäure einrichtet, die Gasmenge. Bunsen wendet Erfahrungen mit Hochofen-Gebläsen auf das *Ohmfaß* an und mißt, daß jährlich 8 Mill. Pariser Kubikfuß = 10000 Zentner 33°C heiße Kohlensäure an der Gasquelle am Bohrloch entweichen. Mit dem Salineninspector Wilhelmi führte er interessante physikalische Versuche aus.
- 40 „Über das Vorkommen von Gyps und Schwefel . . .“, GöVBF, Bd. IV, S. 359–361, Notizenblatt 6.
- 41 ebenda, Bd. IV, S. 377–379, Notizenblatt 15.
- 42 Peter Griß aus Kirchkorbach bei Kassel, nach 1858 Assistent von A. W. Hofmann in London am Royal College of Chemistry.
 Osteroth, D.: Soda, Teer und Schwefelsäure. Der Weg zur Großchemie, Reinbek bei Hamburg 1985, S. 92 ff.
- 43 – Verein zur Förderung des Gewerbefleißes in Preußen, Jg. 2, Berlin 1823, S. 22 (8. Preisaufgabe des Jahres 1823), noch einmal im Jg. 7, 1928.
 – Société d'Encouragement Pour L'Industrie National Année 23, Paris 1824 . . . und . . . Année 36, Paris, 1837, S. 496 f.
- 44 Lockemann, 1949, a.a.O., S. 34 f.
- 45 2. Jahresbericht des Vereins vom 18. 4. 1838, S. 5, 7 f; vermutlich war dies Christian Evert Habich (1789–1841). Dessen Vater, der bereits 1821 verstorbene Georg Evert (geb. 1748), war der Firmenbegründer der heute 200jährigen Farbenfabrik. Er publizierte bereits 1789 in Leipzig in zweiter Auflage seine *Angaben die rothe Farbe dem Baumwollengarn so fest und schön wie die Türken zu geben . . . in Verbindung der zweyten Auflage des Tractats über die Färberey den Catun und Leinendruck betreffend*. Bunsen-Schüler Debus (1824–1916) und späterer Bunsen-Biograph arbeitete nach 1851 über Krappfarben in dessen Marburger Labor.
- 46 StAM: Akte des Kurhess. Min. d. Inneren, Abt. VIII, Kl. 14, Nr. 21; näheres bei Kirchvogel, P. A.: 175 Jahre G. E. Habichs Söhne, Veckerhagen 1960, S. 40 ff.
- 47 StAM 55a/199; Beschreibung von Kassel, den 2. bis 5. 6. 1808, von Nemnich: Tagebuch einer der Kultur und Industrie gewidmeten Reise, Tübingen, 1809, Zit. in HL, 3. Jg., 1889, S. 312.
G. E. Habich, ein Mann von Industrie fabriziert Salpeter, Salmiak . . . ferner Berliner blau in verschiedenen Sorten . . . blaue Waschfarbe erfunden . . . in Kugeln Hamburgerblau . . .

- 48 In die Verfassungskämpfe verwickelt, starb er 1841 in der Untersuchungshaft. Im Domänenprozeß um das Schloß Veckerhagen, das (ursprünglich von Jérôme gekauft) der Kurfürst aber im Januar 1814 wieder beschlagnahmen ließ, erzielten Habichs einen Vergleich (4. Nov. 1823) durch eine angedrohte Fabrikverlegung nach Preußisch-Minden.
Siehe Brief v. C. E. Habich (von 1839). – In: 200 Jahre Habich's Söhne, 1985.
- 49 Dessen Sohn Christian (1829–1908) studierte bei Bunsens Nachfolger Winkelblech an der Höheren Gewerbeschule das Fach Chemie. Kirchvogel, a.a.O., Anm. 24.
- 50 Sie war mit einem innenliegenden Allwetter-Rad versehen. Eine 200 m lange unterirdische Eisengußleitung (der Hütte Veckerhagen) speiste dieses nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren. Die Parzellen waren lt. Kurf. Hess. Ober-Forst-Collegium Cassel am 28. 5. 1838 gekauft.
- 51 Habich, G. E.: Zur Farbenfabrikation, II. Ultramarin.. – In: Dinglers Polytechnisches Journal (DPJ), Bd. 139, 1856, S. 28–32.
- 52 Lockemann, 1949, S. 69; zu Breithaupt siehe: Schnack, 1939, Bd. I, S. 47.
- 53 Die Fotos des Hoffotografen Prof. Roux (von 1868) aller höheren kurhess. Bergbeamten fanden sich in dem Nachlaß von Oberhütteninspector Stamm zu Messinghof (8° Ms Hass 188/MuLB). Hier handelt es sich vermutlich um Wilhelm Siegesmund Fulda vom Bergamt Richelsdorf, den der Verfasser, nebst dem Veckerhäger Hütteninspector Conrad Pfort, auf der Umschlaginnenseite seines Buches „Die Eisenhütte in Veckerhagen. 1666–1903. Kunst – Geschichte – Technik“, Kassel 1985, abbildete.
Von der Friedrichshütte bei Bebra existiert eine Handzeichnung im Grimm-Archiv (Gr. Slg. Hz 1140). Wilhelm Grimms Schwägerin Rose war mit dem Bergrath Fulda in Nentershausen verheiratet, der 1837 sein Landhaus den „Göttinger Sieben“ als Zufluchtsstätte anbot (Weinrich, F.: W. Grimm u. Frau Dortchen im Richelsdörper Gebirge. – In: Werraland, Bd. 6, 1954, S. 9 ff.
- 54 Ober-Berg- und Salzwärksdirektion von 1821–1867 z.T. StAM 56/261 oder Best. 55b siehe Staatshandbücher 1831 ff, zuerst Betriebsinspector, bis ca. 1870 Oberhütteninspector beim Bergamt Veckerhagen (Bereich Karlshafen, Hohenkirchen, Lippoldsberg, Veckerhagen usw.). Lt. CPCZ 1804 war Conrad (am 3. 4.) als Sohn des *Cammerdieners bey... Staats=Ministre Waitz Freyherrn von Eschen Hr. Philipp Pfort* geboren worden.
- 55 siehe: Paulinyi, A.: Das Heißwindblasen in Schottland und seine Einführung in Mitteleuropa. Ein Beitrag zum Problem des Technologietransfers. – In: Technikgeschichte, Bd. 50, 1983, S. 1–33 u. 129–145, hier: S. 140 f. Plumpe, G.: Die württemberg. Eisenindustrie im 19. Jh., Wiesbaden 1982.
- 56 Studien GöVBF, Bd. 5, 1842, S. 1 f.
- 57 Diese ursprünglich auf Versuche britischer Hüttenleute zurückgehenden Experimente, die mit dem Heißwindblasen anfangen, wurden über Fachjournale wie das DPJ (ab Bd. XXXI, 1829, ab 1833 detailliert) auch in Deutschland bekannt.
Wir müssen davon ausgehen, daß Pfort in Kassel, beim Bergamt und an der Höheren Gewerbeschule Zugang zu diesen aktuellen Zeitschriften hatte, denn über das „Veckerhäger Kettengebläse“ hatte er selbst bereits 1833 in Berlin publiziert, und auch andere Montanbetriebe hielten Dinglers Journal (DPJ).
Diese einfacheren Techniken, die als Anregungen bereits in den dreißiger Jahren in Württemberg und Hessen aufgenommen wurden, schlagen sich bereits im allerdings undatierten, aber von Pfort gezeichneten Veckerhäger Hochofen nieder, der unterseitig gußeiserne Wärmekanäle der Windleitung zeigt, wie die folgenden Nachzeichnungen des Hochofens belegen.
Die Gasfangvorrichtung am ca. 10 Fuß erhöhten Kopf des Hochofens kann allerdings erst aus der Zeit des Göttinger Vortrags stammen.
- 58 Pfort, a.a.O., S. 1 f.
- 59 Abschrift zur Kenntnisaufnahme in Sammelakte: StAM, 56/261, Berg- und Salzämter, Rommershausen: Amt Schönstein.
- 60 Faber du Four hat ab Herbst 1830 (Plumpe, 1982) am Friedrichs-Hochofen in Wasseraffingen mit Lufterhitzung experimentiert. Es folgten 1831 erste Versuche am Kupolofen. Der Winderhitzer („Wasseraffinger Apparat“) oder Schlangenhöhren-Apparat wurde in 1832 von ihm in Betrieb genommen. Er war ein reiner Praktiker, der erst ab Mitte der 40er Jahre seine privilegierte Erfindung publiziert: „Beschreibung der von dem königl. württbg. Bergrath Faber du Four gemachten Erfindung . . .“. – In: Kunst u. Gewerbeblatt des polytechn. Vereins, München, Jg. 31, 1845.

- 61 Abschrift des Bunsenberichts vom 12. 9. 1838, S. 4/5, in StAM 56/261.
Diese erste vorläufige Untersuchung der Gasmengen ergab je nach Tiefe um 52% Stickstoff, ca. 19% Kohlensäure, bis ca. 23% CO und andere kleinere Bestandteile.
- 62 Poggend. Annalen, Bd. 45, 1838, S. 339–341.
- 63 Bunsen gibt 5–7 Fuß als ideale Tiefe (des 22'Ofens, also oberhalb des vorletzten Drittels der Gesamthöhe) zur Entnahme der größten Menge brennbarer Gase an. Faber kam mit seinem „try and error“-Verfahren auf 10 bis 11' (2,86–3,15 m) des 31,5' hohen Ofens. Paulinyi, 1983, S. 140 f.
- 64 Gußeiserne Stichheerde zu Veckerhagen. – In: GöVBF, Bd. 5, 1842, S. 8 f.
Die Konstruktion stellt einen verlängerten Vorherd dar.
- 65 StAM 55b/172, Poggendorfs Annalen, Bd. 46, 1839, S. 193–227; Ostwald/Bodenstein 1904, S. 337–360.
- 66 nicht 5"! Alle gedruckten Vorlagen führen ein 5-zölliges mächtiges Bleirohr an!
- 67 StAM 55b/172, S. 4.
- 68 ebenda, S. 7.
- 69 ebenda, S. 14.
- 70 Composition according to volume of gases at Vickerhagen, S. 143. *We have found it necessary to correct the calculations given in the original memoir in Poggendorf's „Annalen“, as they are, almost without exception, erroneously (sic!) calculated.*
Bunsen/Playfair: Report on the Gases evolved from Iron Furnaces, . . . British association Report, 1845, S. 142–186.
- 71 *entgegen die bisherige Annahmen streitend.*
- 72 StAM, 55b/172, S. 26.
- 73 So schätzte bereits das *Bulletin des sciences technologiques* im Oktober 1830, S. 111, daß allein das Heißluftblasen in England jährlich 200000 Pfd. Sterling sparte!
- 74 Chevreul: Über mehrere das Eisenhüttenwesen und die Benützung der gasförmigen Brennstoffe betreffende Abhandlungen des Hrn. Ebelmen. Comptes rendus, Jul. 1844, Nr. 1; DPJ, Bd. 94, Jg. 1844, H. 1, S. 45 ff. Siehe auch DPJ, Bd. 85, S. 33; Bd. 88, S. 280 – Ebelmann arbeitete am Hochofen von Clerval und Audincourt.
- 75 a.a.O., S. 144 ff. Die Verfasser der engl. Untersuchung weisen nach, daß Ebelmen allein 3,09% Grubengas (carburetted hydrogen), nicht weniger als 13 537 Liter, die aus der Gicht stündlich entwichen, unterschlagen hat, was bei einer *mit Umsicht ausgeführten eudiometrischen Analyse* nicht erfolgt wäre (*such uncertainties as these are never to be feared in a eudiometric analysis conducted with proper precautions . . .*).
- 76 R. Rathke: Robert W. Bunsen. – In: Zeitschrift für anorganische Chemie. Bd. XXIII, 1900.
- 77 Erdmann's Journal für praktische Chemie, Bd. 42, 1847, S. 145–188, 257–275, 385–400, hier S. 188.
- 78 Poggend. Annalen, Bd. XL, 1837, S. 219 ff; Bd. XLII, 1837, S. 145 ff; Wöhler u. Liebigs Annalen, Bd. XXXI, 1839, S. 175 ff.
- 79 Danzer, a.a.O., S. 22 f. Kakodyl wegen des schlechten Geruchs von griechisch *kakós* und *odés*.
- 80 ebenda. Bunsens dreiteilige Untersuchung über die Kakodylreihe in Wöhler u. Liebigs Annalen (1841), Bd. XXXVII, S. 1–57.; Bd. XLII, S. 14–46; Bd. XLVI, S. 1–47.
- 81 Grundlagen zur Wertigkeit der Elemente (Manchester, London), Prof. d. Chemie.
- 82 Strukturtheorie der organ. Verbindungen, Vielwertigkeit des Kohlenstoffs; Kekulé von Stradonitz, Prof. d. Chemie in Gent und Bonn, stellte 1865 die Sechsring-Benzolformel auf.
- 83 Debus, H.: Erinnerungen an R. W. Bunsen und seine wissenschaftlichen Leistungen, Cassel 1901.
- 84 Lockemann, a.a.O., S. 61.
- 85 StAM Rep. VI, Kl. 8, Nr. 16. Gesuch vom 16. 12. 1845 um eine 6-monatige Reise nach Island mit dem Prof. Bergmann, dem Göttinger Mineralogen und Baron Sartorius von Waltershausen (1809–1876), *unter Schutz der Majestät des Königs von Dänemark*, um das *gasförmige Emanat* der Vulkane zu untersuchen. – Am 30. (20.) 12. 45 infolge *höchster Entschliebung* genehmigt. Ferner war der Mineraloge A. des Cloizeau (1817–1897) Mitglied der Expedition. Siehe hierzu auch Lockemann, 1949, S. 91 f.
- 86 Bd. 61, 1847, S. 265 ff; Bd. 62, 1847, S. 1 ff; Bd. 65, 1848, S. 70 ff.
- 87 Bd. 81, 1850, S. 562 ff; Bd. 83, 1851, S. 197 ff. Siehe auch zwei weitere Briefe/Noten bei Ostwald/Bodenstein, 1904, S. 1–26.
- 88 Kopien im Besitz von Frau Moldenhauer, geb. Herwig, in Arolsen, die auch die Original-Karikaturen, Portraits und Scherenschnitte zur Publikation freundlichst überließ.

- 89 StAM Rep. VI, Kl. 8, Nr. 16, P. 8 f; dem geht ein Schriftverkehr zur Anstellung des Chemikers Bunsen zum Assessor der Anstalt „Ober-Medicinal-Kollegium“ vorweg.
- 90 Programm der Höheren Gewerbeschule in Cassel, zu Michaelis 1839 (29. 9.), S. 14: ... *Dr. Karl Winkelblech in Marburg, zum Lehrer der Chemie und chemischen Technologie an der höheren Gewerbeschule huldreichst bestellt worden.* Der Marburger akademische Senat hatte scharf protestiert, weil er entgegen einer Verordnung von 1833 nicht gehört worden war. Weiter verwarren sich neben Liebig die Studenten der Pharmazie gegen diesen Tausch und *unerhörte Maßregel.* Vielleicht waren auch Zerwürfnisse zwischen Wurzer und Winkelblech der Anlaß des Tausches.
- 91 Seit 23. Sept. 1837 provisorisch; er war Schwiegersohn des Prof. f. Mathematik, Physik und Astronomie Chr. Ludwig Gerling (1788–1864), der die kurh. Landesvermessung von 1821–61 durchführte. Beide waren zeitweilig Abgeordnete der Ständeversammlung bzw. im Landtag.
- 92 Gundlach, F.: *Catalogus Professorum Academiae Marburgensis, 1527–1910*, Marburg 1927, S. 462–466.
- 93 Siehe: Schnack, Bd. II, 1940, S. 422 ff; siehe dort auch dessen Schriften.
- 94 Griewank, Th., ebenda, sieht George Charle Winkelblech (Karl Marlo) im Gegensatz zu Marx und Engels und der entstehenden Klassenkampflehre als den *Verkünder einer vom Mittelstand getragenen Volksgemeinschaft* im noch kleinbürger- und kleinbäuerlichen Kurhessen (1940!).
Bruno Jacob nennt in einem Aufsatz zu den Hessischen Blaufarbenwerken (in HL, 1954, S. 82) das Schlüssel-Erlebnis von Modum (südwestlich Oslo) für Winkelblech dessen *Tag von Damaskus.*
- 95 Knetsch: R. Bunsen. – In: HL, 39. Jg., 1927.
- 96 Louis Joseph Deleuil (1805–1862) baute in seiner Fabrik wissenschaftlicher Apparate in Paris die von Bunsen entwickelten revolutionären Zink-Kohle-Elemente in Großserie. Bunsen besuchte 1842 auch die große Industrieausstellung von Paris. Vor der ersten Weltausstellung in London, 1851, stellten diese National-Ausstellungen dem Reisenden den Leistungsstand der Technik international dar.
- 97 Danzer, a.a.O., S. 26. Zum Zink-Kohle-Element siehe: Wöhler u. Liebigs Annalen Bd. 38, 1841, S. 311 ff; Poggend. Annalen, Bd. 54, 1841, S. 417 ff. u. Bd. 55, 1842, S. 265–276.
- 98 Lockemann, 1949, S. 219. Lockemann (S. 242 f) nennt allein 16 Orden von Rußland, Schweden, über Preußens „pour le mérite“, die franz. Ehrenlegion bis hin zum mexikanischen Guadalupe-Orden. Die Titel gingen vom Professor bis zum „Wirklichen Geheimen Rat 1. Klasse, Excellenz“.
Seine Geschwister und weiteren Angehörigen hat er stets unterstützt, im Testament ist ebenfalls Entsprechendes belegt.
- 99 Lockemann, 1949, S. 86 f. Zu Steinkohle-Formationen in der Toskana siehe: – Notizenblatt d. GöVBF Nr. 42, S. 2; – Karstens Archiv für Mineralogie, Geognosie usw., Bd. 18, 1843, S. 542 ff; – Wöhler u. Liebigs Annalen, Bd. XLIX, 1844, S. 264–274.
- 100 StAM, Rep. VI, Kl. 8, Nr. 16, um P. 40 bis P. 44 f (Briefe Bunsen und Höhere Dienststellen). Der Lehrstuhl in Breslau war durch den Tod von Prof. N. W. Fischer (1782–1850) freigeworden. Prof. Gmelin trat erst 1851 in Heidelberg zurück. Zuerst versuchte man in Heidelberg, Liebig zu bekommen, der aber durch König Maximilian II. nach München berufen wurde. Am 26. Aug. 1851 hatte Bunsen den ersten Ruf von Breslau, wo er sich nicht sehr wohl fühlte, nach Heidelberg abgelehnt. Er blieb vom April 1851 bis September 1852 in Preußen. Hier gelang es ihm, mit seiner neuen Zink-Kohle-Batterie erstmalig große Mengen Magnesium abzuscheiden und ein Verfahren von Gay-Lussac zur *volumetrischen Methode von großer Anwendbarkeit* auszureifen. Er faßte verschiedene ungenaue Methoden zu seinem *jodometrischen Bestimmungsverfahren* zusammen (Wöhler u. Liebigs Annalen, Bd. 84, 85, 86, 1852/53). Das durch Bunsen erweiterte Verfahren hat bis heute in der Mikroanalyse hohe Bedeutung.
- 101 Hier nur einige exemplarische Beispiele für die späteren Arbeiten:
– Abhandlungen zu photochemischen Untersuchungen von Bunsen und Roscoe in Poggend. Annalen, Bd. XCVI, 1855, S. 373 ff; Bd. C, 1857, S. 43 ff u. 481 ff; Bd. CI, 1857, S. 235 ff; Bd. CVIII, 1859, S. 193 ff; Bd. CXVII, 1862 S. 529 ff;
– über Meteoreisen in: Neuen Jahrbuch f. Mineralogie, 1857, S. 264 f;
– chemische Theorie des Schießpulvers in: Poggend. Annalen, Bd. CII, 1857, S. 321;
– über ein neues dem Kalium nahestehendes Metall, Berlin, 1860 und 1861 (die Entdeckung von Caesium u. Rubidium!);
– grundlegende Arbeiten über die Spektralanalyse in: Poggend. Annalen, Bd. CX, 1860, S. 161–189; Bd. CXIII, 1861, S. 337–381.