

Technik-Geschichte  
in Jena e.V.



VERLAG  
VOELIUS  
JENA

# JENAER JAHRBUCH ZUR TECHNIK- UND INDUSTRIEGESCHICHTE

*Arno Martin (Jena)*

**Platin – von der Entdeckung des Metalls  
über das Urmeter zum „Kat“**

*JJB 19 (2016) S. 235–257*

## Platin – von der Entdeckung des Metalls über das Urmeter zum „Kat“

### Metalle – Voraussetzung unserer Technik

Unsere Technik, unsere ganze Zivilisation, ist durch die Verwendung von Metallen überhaupt erst möglich geworden. Man hat nicht zufällig Kulturepochen nach dem bevorzugt verwendeten Metall benannt. Auf die metalloide Steinzeit folgte die Bronzezeit, die dann von der Eisenzeit abgelöst worden ist.

Hier soll die Geschichte einer Gruppe von chemisch sehr nahe miteinander verwandten Metallen behandelt werden, die in der Regel weniger im Blickpunkt der Öffentlichkeit stehen: das Platin und die sogenannten Platinmetalle. Dabei kann es nicht darauf ankommen, alle Einsatzgebiete des Platins in der Technik zu beschreiben. So wird auch die Verwendung von Platin zur Herstellung von Schmuck und Tafelgeschirr nicht erwähnt, sondern es soll an ausgewählten Beispielen gezeigt werden, wie nach der Entdeckung dieses Metalls zunächst seine chemischen und physikalischen Eigenschaften erforscht worden sind und wie dann diese besonderen Eigenschaften – die hohe Schmelztemperatur, die Stabilität gegen viele chemische Verbindungen und seine katalytische Wirksamkeit – dieses Metall zu einem für unsere Technik unentbehrlichen Material gemacht haben.

Zunächst ein paar Worte zum Begriff Metall. Unter einem Metall versteht man einen Festkörper, der sich durch einen „metallischen“ Glanz und gute Leitfähigkeit für Wärme und Elektronen auszeichnet. Der weitaus größte Teil der chemischen Elemente sind Metalle. Im Periodensystem gibt es die Gruppen der Alkali- und der Erdalkalimetalle, die Erdmetalle und dreimal zehn sogenannte Übergangsmetalle. Dazu kommen noch vierzehn Metalle der Seltenen Erden und die vierzehn Metalle der Actinidenreihe. Nichtmetalle dagegen gibt es nur etwa zwanzig. Eine genaue Zahl läßt sich nicht angeben, da sich einige Elemente nur mit einer gewissen Willkür als Metall oder Nichtmetall einordnen lassen. Genutzt wurden vom Menschen zunächst nur die bereits in der Natur gediegen, also „metallisch“ vorkommenden Edelmetalle

Gold und Silber. Das Gold, das durch seine Farbe und seinen hellen sonnenähnlichen Glanz die Aufmerksamkeit der Menschen erregt hatte, war bereits im Neolithikum, in der Jungsteinzeit, verarbeitet worden. Später lernte man, Kupfer zu verarbeiten, da es sich verhältnismäßig leicht aus seinen Erzen gewinnen läßt. Ötzi's Kupferbeil ist sicher das bekannteste Beispiel für die frühe Verwendung dieses Metalls. Aus Kupfer und Zinn erhielt man Bronze, zunächst wahrscheinlich zufällig. Wegen der größeren Härte besaß diese Legierung einen höheren Gebrauchswert und wurde später bewußt aus den beiden Bestandteilen erschmolzen. In der Erdkruste ist das Eisen das zweithäufigste Metall, und Eisenerze sind deshalb weit verbreitet. Als man gelernt hatte, daraus das Metall zu gewinnen, wurde es zum wichtigsten Material für die Herstellung von Werkzeugen und Geräten. Es diente als verbreiteter Konstruktionswerkstoff. Seine Bedeutung ist ihm bis heute geblieben.

Die Metalle Gold, Silber, Kupfer, Zinn und Eisen, dazu noch das Blei, waren die sechs Elemente, die von der Antike bis ins 17. Jahrhundert als metallische Werkstoffe verwendet wurden. Erst in der Neuzeit, im 17. Jahrhundert, ist dann als das „siebente Metall“, das Edelmetall Platin „entdeckt“ worden, obwohl es Lagerstätten gibt, in denen es nahe der Erdoberfläche gediegen vorkommt. Erst im 18. Jahrhundert hat man gelernt, seine besonderen Eigenschaften nutzbringend anzuwenden. Das fällt in die Zeit, in der auch einige andere Metalle, die erst durch chemische Reaktionen aus ihren in der Erdkruste enthaltenen Verbindungen in Freiheit gesetzt werden können, ebenfalls bekannt geworden sind. Das sind Kobalt (1735), Zink (1746), Nickel (1751), Mangan (1774), Molybdän (1782), Wolfram (1783) und Chrom (1798). Erst am Anfang des 19. Jahrhunderts sind die mit dem Platin gemeinsam vorkommenden sogenannten Platinmetalle Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und das Ruthenium bekannt geworden.

Die Ursache für dieses späte Eintreten des Platins und seiner Begleiter in den Kreis der Nutzmehalle ist nicht, daß Platin in der Natur so außerordentlich selten vorkommt, sondern daß es im Gegensatz zu Gold und Silber nur an relativ wenigen Stellen der Erdoberfläche konzentriert ist und daß es auch in gediegenem Zustand nicht so deutlich ins Auge fällt wie etwa das glänzende Gold. Der Gehalt der Erdkruste an den Platinmetallen ist etwa so groß wie der von Gold.

## Platin – das siebente Metall

In Mittel- und Südamerika waren den spanischen Eroberern auf ihren Beutezügen bei den Einwohnern große Mengen an Gold- und Silbergeräten in die Hände gefallen. Nachdem diese Quellen ausgeraubt waren, suchte man, die Edelmetalle auch aus ihren natürlichen Vorkommen in Südamerika zu gewinnen. Etwa 1690 fanden Goldsucher im spanischen Vizekönigreich Neugranada, im heutigen Kolumbien, in den sogenannten Goldseifen einiger Flüsse neben dem begehrten Gold auch andere silbrig-weißliche und schwärzliche Metallkörner, die sich wegen ihrer vergleichbaren großen Dichte zusammen mit dem Gold in den Pfannen der Goldwäscher angereichert hatten. Dieses neue Metall wurde geringerschätzig mit der Verkleinerungsform des spanischen Wortes für Silber „Plata“ als „Platina“ bezeichnet, bedeutet also soviel wie „Silberchen“. Man hielt es für wertlos, da es sich weder schmelzen noch schmieden ließ und weil man deshalb zunächst keine Verwendung dafür fand. Aber man bemerkte bald, daß es sich sehr gut mit Gold legieren läßt. Diese Legierungen unterscheiden sich in der Dichte kaum von reinem Gold, sodaß Betrüger daraus Münzen prägen konnten, in denen das Gold mit dem scheinbar „wertlosen“ Platin „gestreckt“ worden war. Die spanische Regierung versuchte, diesen Mißbrauch zu verhindern, indem sie die Gewinnung, die Verwendung und den Export von Platin verboten. Sie ging zeitweilig sogar so weit, daß das zusammen mit dem Seifengold gewonnene Platin im Meer versenkt werden mußte. Deshalb gelangte zunächst nur wenig Platin nach Europa.

Erstmals wird diese „Platina“ in einem 1748 in Spanien veröffentlichten Bericht über geographische Untersuchungen in Neuspanien erwähnt. Einige Exemplare dieses Buches wurden an Mitglieder der Royal Society nach London geschickt und erregten dort große Aufmerksamkeit. Charles Wood (1702–1774), aus einer englischen Familie von Hüttenleuten, war in die britische Kolonie (1655–1962) Jamaika ausgewandert. Er kam dort in den Besitz von Platin, das offensichtlich durch Schmuggel aus dem spanischen Neugranada nach Jamaika gelangt war. Er stellte fest, daß sich dieses Metall nur im Gemisch mit leicht schmelzenden anderen Metallen, wie Silber oder Zinn schmelzen läßt und daß es wie Gold in Salpetersäure unlöslich ist. Er schickte das Platin nach England. Dort prüfte William Watson (1715–1785) das Verhalten des Metalls in starkem Feuer und gegenüber konzentrierter Salz- und Salpetersäure. Er ermittelte, daß dieses Metall von

beiden Säuren nicht angegriffen wird, sondern nur von einer Mischung aus beiden, dem sogenannten „Königswasser“. Seine Untersuchungsergebnisse und einige Proben des Metalls wurden von ihm im Dezember 1750 in London der Royal Society präsentiert.<sup>1</sup> Watson berichtete 1751 seinem Kollegen, dem Physikprofessor an der Universität Wittenberg Georg Matthias Bose (1710–1761) in einem Brief von diesem neu entdeckten Metall. Bose übersetzte diesen Brief und veröffentlichte ihn sofort nicht etwa in einer Fachzeitschrift, sondern in einem populärwissenschaftlichen Unterhaltungsjournal, den „Physikalischen Belustigungen“, die in Berlin erschienen.<sup>2</sup> Es wird dort als „die größte physikalische Neuigkeit“ bezeichnet.

Eine genauere Untersuchung lieferte 1752 der Direktor der schwedischen Münze in Stockholm, Heinrich Theodor Scheffer<sup>3</sup>. Unter dem Titel „Das weiße Gold oder das siebente Metall, „in Spanien Platina del Pinto oder das kleine Silber von Pinto genannt,“ berichtete er: das Metall ist hart, aber schmiedbar, es ist ein Edelmetall, da es sich nur in Königswasser löst, es ist am ähnlichsten dem Gold, daher seine Bezeichnung „Weißes Gold“. Er weist chemisch-analytisch nach, daß es keins von den sechs bisher bekannten Metallen ist, sondern es ist für ihn das siebente Metall. Aus den von ihm ermittelten Eigenschaften leitete er gleich noch eine nützliche Anwendung ab. Er schlug vor, aus diesem Metall Teleskopspiegel herzustellen, da das Platin sich sehr gut polieren läßt, an der Luft ebenso beständig wie Gold, aber farblos ist.

Das Mitglied der Royal Society, der Arzt und Chemiker William Lewis (1708–1781), hatte durch Vermittlung des spanischen Botschafters in London 3 kg Rohplatin erhalten. Er studierte besonders die Fähigkeit zur Bildung von Legierungen mit anderen Metallen, vor allem mit Gold.<sup>4</sup> Er stellte eine Reihe von Legierungen her aus jeweils einem Teil Platin mit 1 bis zu 95 Teilen Gold und beurteilte diese hinsichtlich ihrer Dichte, Farbe, Schmiedbarkeit und Eignung zum Drahtziehen. Er verfolgte dabei das Ziel, ohne chemische Analysen schon durch Untersuchung der mechanischen Eigenschaften reines Gold leichter von den häufig in betrügerischer Absicht hergestellten Legierungen unterscheiden zu können.<sup>5</sup>

Auch in Deutschland beschäftigte man sich mit dem neuen und schwer zu beschaffenden Metall. Der Schweizer Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783), den Friedrich der Große aus Petersburg für seine Akademie der Wissenschaften nach Berlin geholt hatte, vermittelte die Beschaffung von Platinerz aus London.

Dieses Erz wurde dem Chemiker der königlich-preußischen Akademie in Berlin, Andreas Sigismund Marggraf (1709 – 1782), zur Untersuchung übergeben. Marggraf ermittelte, daß sich die Dichte des Platins zu der des Goldes wie  $18\frac{1}{2}$  zu 19 verhält.<sup>6</sup> Er stellte bei seinen chemischen Untersuchungen fest, daß der Niederschlag, den man beim Behandeln der Lösung von Platinerz in Königswasser mit Ammoniumchlorid erhält, sich beim Erhitzen zersetzt und dabei elementares Platin in sehr fein verteilter Form ergibt.

Marggrafs Schüler und späterer Nachfolger in der Akademie, Franz Carl Achard<sup>7</sup>, ist allgemein bekannt als Erfinder der Rübenzuckerfabrikation. Dagegen ist sein umfangreiches Werk „Untersuchungen über die Eigenschaften von metallischen Legierungen“, das er 1788 veröffentlicht hatte, jahrzehntelang so gut wie vergessen worden. Dieses Buch ist das erste wissenschaftliche Werk zur Metallografie. Marggraf war mit dieser Monografie seiner Zeit offensichtlich weit voraus. Er wußte, daß sich die Eigenschaften einer Legierung nicht aus den Eigenschaften der Bestandteile vorhersagen lassen. Er begann deshalb mit systematischen Untersuchungen auf diesem Gebiet. Er hat in dieser Monografie 896 Zweistoff- und Dreistofflegierungen aus neun Elementen, nämlich Kobalt, Kupfer, Eisen, Blei, Zink, Wismut, Arsen, Antimon und Platin beschrieben.<sup>8</sup> Das Buch enthält nur 16 Seiten Text, in dem Achard sein Vorhaben und das Ziel seiner Untersuchungen beschreibt, dagegen aber 313 eng bedruckte Seiten mit Tabellen, in denen er seine Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt hat. Er untersuchte diese Legierungen, zum Teil mit selbst konstruierten Apparaturen, mit einer geradezu unglaublichen Gründlichkeit auf ihre mechanischen Eigenschaften, wie Härte, Zähigkeit, Schlag-, Zug- und Biegefestigkeit, ihre Polierbarkeit und ihr Verhalten beim Bearbeiten mit der Feile, die Gleichmäßigkeit der Legierungsbildung und die Gestalt der Bruchflächen. Die Gestalt der Bruchflächen war seinerzeit offensichtlich ein gängiges Kriterium zum Beurteilen von Legierungen. Friedrich Schiller hat im „Lied von der Glocke“ das Überprüfen der Bruchflächen mit den Worten beschrieben:

*„Wohl, nun kann der Guss beginnen,  
Schön gezacket ist der Bruch.“*

Darüber hinaus ermittelte Achard die Korrosion polierter Flächen durch trockene und feuchte Luft sowie durch Chlorwasserstoff und Schwefelwasserstoff. Achard hat festgestellt, daß Platin mit Arsen eine bei niedriger Temperatur schmelzende Legierung bildet, aus der man durch Erhitzen das Arsen wieder austreiben

kann.<sup>9</sup> Da er aber auch die mechanischen Eigenschaften der Legierungen ermittelt hat, bemerkte er, daß diese Pt-As-Legierung so spröde ist, daß man sie zu einem feinen Pulver verreiben kann. Er nutzte diese Eigenschaften, indem er eine geeignete Tonform mit solcher gepulverter Legierung füllte. Er setzt diese „unter eine Muffel und giebt schnelles starkes Feuer. Die arsenicalische Platina kommt in Fluß, und wenn der Arsenic verfliegen ist, wird sie wieder fest, und nimmt die Gestalt des Raumes an. Nach der Erkaltung wird die Form zerschlagen, und das Gefäß, das man aus der Platina gemacht hat, über einen Dorn etwas gehämmert, so ist es fertig“.<sup>10</sup> Auf diesem Weg hatte er den ersten Platintiegel hergestellt. Die Publikation von 1784 stieß auf großes Interesse vor allem bei den Chemikern, die sich mit der Analyse von Mineralien beschäftigt haben, da es für den dabei notwendigen alkalischen Aufschluss, das Schmelzen mit Soda und Pottasche, bisher kein gut geeignetes Tiegelmateriale gab. Damit war ein auch heute noch wichtiges Anwendungsgebiet für das neue Metall gefunden worden.

## Platin wird zum Werkstoff

Diese erste technische Anwendung von Platin führte dazu, daß sich um 1800 in England William Hyde Wollaston (1766–1828) die Aufgabe stellte, chemisch reines Platin in großem Maßstab für kommerzielle Zwecke verfügbar zu machen. Er war davon überzeugt, daß es sich wegen seiner ungewöhnlichen Eigenschaften vielseitig verwenden läßt. Er arbeitete dabei eng mit Smithon Tennant (1761–1815) zusammen. Ihnen gelang es, 1800 eine große Menge Platinerz zu erwerben. Sie begannen, die einzelnen Phasen der Aufarbeitung genau zu untersuchen. Man änderte systematisch die Konzentration des Königswassers sowie die angewandte Temperatur und die Dauer des Lösevorgangs. Wie auch ihre Vorgänger bemerkten sie, daß beim Lösen des Erzes in Königswasser ein mehr oder weniger großer schwarzer Rückstand zurückbleibt. Man hat ihn gelegentlich für Graphit gehalten. Wollaston vereinbarte mit Tennant, daß er sich zukünftig mit der königssaurer Lösung und Tennant mit dem Rückstand beschäftigt. Bei diesen Untersuchungen entdeckte Wollaston 1804 zwei neue Elemente, denen er die Namen Palladium bzw. Rhodium gab.<sup>11</sup> Zur gleichen Zeit hatte Tennant in dem Löserückstand ebenfalls zwei neue Elemente identifiziert, die beiden weiteren „Platinmetalle“ Osmium und Iridium.<sup>12</sup> Diese Entdeckung, daß in dem Platin-

erz stets noch vier weitere Elemente enthalten sind, hatte den Weg eröffnet, diese Metalle voneinander zu trennen und wirklich – fast – reines Platin herzustellen. Nach fünf Jahren intensiver Arbeit hatte Wollaston dann eine Methode in der Hand, reines Platin herzustellen, zu verarbeiten, in gewünschte Formen zu bringen und zu verkaufen. Wollaston hielt dieses von ihm gefundene Verarbeitungsverfahren geheim. Er machte es erst im Jahre 1828, kurz vor seinem Tode bekannt. Doebereiner nannte ihn wohl deshalb den „in wissenschaftlicher und merkantilischer Hinsicht schlauesten und spekulativsten Chemiker Englands“.<sup>13</sup> Er lebte dann als Privatmann „... von dem reichen Ertrage seiner Erfindung der Schmiedbarmachung des Platins“.<sup>14</sup> So waren 1804 fünf „Platinmetalle“ und ihre grundlegenden chemischen und physikalischen Eigenschaften bekannt. Das sechste Platinmetall, das Ruthenium, ist erst 40 Jahre später von Carl Ernst Claus<sup>15</sup>, Chemieprofessor in Kasan, in Platinerz aus dem Ural entdeckt worden.

Die schwierige Verarbeitung des Platins wurde soweit beherrscht, daß Gefäße und Geräte aus Platin hergestellt und verkauft wurden. Sie fanden wegen ihrer hohen Schmelztemperatur und der Beständigkeit gegen viele aggressive Chemikalien, trotz des hohen Preises schnell Eingang in die chemischen Laboratorien. Platingeräte gehörten deshalb zu dieser Zeit – Anfang des 19. Jahrhunderts – bereits zur Einrichtung modern ausgestatteter Laboratorien.<sup>16</sup>

Wollaston brauchte zum Aufschluß des Platinerzes große Mengen an Königswasser, das heißt eine Mischung aus konzentrierter Salzsäure und konzentrierter Salpetersäure. Diese Grundstoffe konnte man nur herstellen durch Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Kochsalz bzw. Salpeter. Bei der damals üblichen Methode der Schwefelsäurefabrikation nach dem sogenannten Bleikammerverfahren erhielt man aber nur eine Säure geringerer Konzentration. Deshalb musste man Wasser aus dieser verdünnten Säure abdestillieren. Dazu benutzte man gläserne Retorten, die auf einem Sandbad erhitzt wurden. Da diese Glasgefäße gelegentlich geplatzt sind, veranlasste Wollaston, für diesen Zweck geeignete Retorten aus Platin herstellen zu lassen. Damit begann die Verwendung von Platin im Apparatebau für die chemische Industrie.

Es hatte sich herausgestellt, daß Platin nicht nur gegen Säuren, sondern auch gegen alkalische Schmelzen sehr widerstandsfähig ist. Es war lange bekannt, daß Glasschmelzen mit dem üblichen keramischen Hafentmaterial reagieren und die dadurch entstehenden Glasfehler unvermeidlich sind. Um das zu verhindern, hat man bereits 1800 in Frankreich versucht, bessere Gläser zu erzie-



len, indem man Glas in Platintiegeln erschmolzen hat.<sup>17,18</sup> Es dauerte aber noch Jahrzehnte, bis das Schmelzen von optischem Glas in Platingefäßen sich zur Standardtechnik entwickeln konnte. Voraussetzung für diesen Einsatz von Platin war es, daß genügend große Mengen von Platin geschmolzen werden konnten, um Gefäße in der benötigten Größe herstellen zu können.

## Das Urmeter und das Urkilogramm

In Paris stellte der Goldschmied Janety (1739–1820) in den achtziger Jahren des achtzehnten Jahrhunderts Platintiegel wie Achard aus Pulver einer Pt-As-Legierung her. In der Zeit der Jakobinerherrschaft, 1794, wurde es ihm als ehemaligem Hofjuwelier des Königs Ludwig XVI. in Paris zu gefährlich und er zog es vor, nach Marseille zu gehen. Die Revolution hat in Frankreich nicht nur die Monarchie beseitigt, sondern man wollte deutlich machen, daß ein völlig neues Zeitalter begonnen hat. Man führte deshalb nicht nur einen neuen Kalender ein, sondern auch neue Maße und Gewichte: das Meter und das Kilogramm. Das Meter wurde definiert als der millionste Teil des Meridianquadranten von Paris und das Kilogramm als Masse von einem Kubikdezimeter Wasser. Die mit dieser Aufgabe betraute „Kommission für Maß und Gewicht“ legte im Oktober 1793 der Regierung einen Bericht über den bei diesem Vorhaben erzielten Fortschritt und die damit verbundenen Kosten vor. Sie forderte, die Standards für die Länge und das Gewicht aus Platin anfertigen zu lassen. Dieser Kommission haben federführend die Chemiker Lavoisier (1743–1794) und Fourcroy (1755–1809) angehört. Beide hatten sich bereits mit Platin beschäftigt. Fourcroy suchte intensiv nach weiteren Elementen im Rohplatin, die er etwas später als der Engländer Tennant gefunden hat, und Lavoisier hatte am 10. April 1782 der Akademie berichtet, wie er auf Holzkohle liegende Platinkörner zum Schmelzen gebracht hatte, indem er die Kohle in einem starken Sauerstoffstrom<sup>19</sup> verbrannt hatte. Er schreibt hierzu: „Die Platinkörnchen sind vollständig geschmolzen und haben sich zu einem runden Kügelchen vereinigt“<sup>20</sup>. Dieses Experiment, bei dem Platin erstmals zum Schmelzen gebracht worden war, war für die wissenschaftlichen und die gehobenen gesellschaftlichen Kreise in Paris eine derartig große Sensation, daß man einige Wochen später, am 6. Juni 1782, weder Mühe noch Kosten gescheut hat, die hierbei benutzte Apparatur in die Akademie zu einer Schauvorführung

zu transportieren. So konnten viele Leute das blendende Licht des bei 1.779 °C schmelzenden Metalls bestaunen. Besucher dieser Experimentalschau waren u. a. der russische Großfürst Paul (1854–1801), der spätere Zar Paul I., und Benjamin Franklin (1706–1790), der zu dieser Zeit Gesandter (1776–1785) des unabhängigen Amerikas in Frankreich gewesen ist. Lavoisier beabsichtigte, mit einer Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme<sup>21</sup>, also einem Knallgasgebläse, noch höhere Temperaturen zu erreichen. Dazu ist es aber nicht mehr gekommen. Lavoisier war 1791 zwar zu einem der Kommissare des Nationalschatzes ernannt worden, aber 1794 während der Jakobinerherrschaft als ehemaliger Steuergeneralpächter zum Tode verurteilt und am 8. Mai 1794 geköpft worden. Da Lavoisier und die von ihm geplanten Öfen nicht zur Verfügung standen, erinnerte sich die Kommission für Maß und Gewicht an den Juwelier Janety und forderte ihn auf, nach Paris zurückzukehren. Man stellte ihm etwa 50 kg Rohplatin zur Verfügung und vereinbarte mit ihm den Preis für die Verarbeitung und die Herstellung des Massen- und des Längenstandards. Im November 1795 begann er mit der Arbeit und verfertigte im Laufe von drei Jahren vier zylinderförmige Kilogrammgewichte und vier Meterstäbe, die einen Querschnitt von 25,3 mal 4 mm<sup>2</sup> hatten (Masse rund 2,2 kg). Das Urkilogramm und das Urmeter wurden dann im Juni 1799 feierlich im Archiv der Republik niedergelegt. Dieses neue Maßsystem und das damit gleichzeitig für Bruchteile und Vielfache der Grundeinheiten eingeführte Dezimalsystem wurden natürlich als Kind der verhassten Französischen Revolution von den Regierungen anderer Länder nicht anerkannt. Es hat sich erst im Laufe von Jahrzehnten allmählich durchgesetzt. Das Königreich Preußen führte das Meter-Kilogramm-System im Jahr 1868 ein, und die internationale Meterkonvention kam erst 1875 mit zunächst 18 Staaten zustande.

Umso erstaunlicher ist folgende Begebenheit. Im Jahre 1798 hatten sich hier in Thüringen führende Astronomen aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und eben aus dem revolutionären Frankreich getroffen. Darunter war Lalande (1732–1807), der bedeutende Direktor der Sternwarte von Paris, um die berühmte von Herzog Ernst II. (1745–1804) von Sachsen-Gotha-Altenburg mit 50.000 Talern finanzierte und von Franz Xaver von Zach (1754–1832) geleitete Sternwarte auf dem Seeberg bei Gotha zu besichtigen und wissenschaftliche Probleme zu diskutieren. Bei diesem ersten internationalen „Astronomenkongress“ beschlossen die Teilnehmer, ihrer Zeit weit vorausgehend, für den wissenschaft-

lichen Verkehr untereinander diese neuen Maße zu verwenden.<sup>23</sup>

Der Goldschmied Janety arbeitete nach Beendigung seiner Tätigkeit für die Kommission für Maß und Gewicht wieder als Unternehmer und stellte weiter Schmuck und vor allem Platingeräte her.

## Die Entdeckung der Platinkatalyse durch Doebereiner in Jena

Solche Platintiegel lieferte die Firma Janety 1812 auch nach Jena. 1810 hatte hier Herzog Carl August (1757–1828) den Apotheker Johann Wolfgang Doebereiner (1780–1849) als Chemieprofessor nach Jena berufen lassen. Man begann, im Jahre 1811 für ihn ein Großherzogliches, das heißt staatliches chemisches Institut aufzubauen und es der „Oberaufsicht über die unmittelbaren Anstalten für Wissenschaft und Kunst“ zu unterstellen, die vom Staatsminister Goethe (1749–1832) geleitet wurde.<sup>24</sup> Zunächst wurden in Nebengebäuden des Jenaer Schlosses Räume als Labor, als Hörsaal und zum Aufstellen der Geräte- und Präparatesammlung eingerichtet.<sup>25</sup> Aus dem Privatlabor des Amtsvorgängers Götting wurden die Laborgeräte und die Bibliothek gekauft. Für die Verbesserung der Laborausrüstung stellte die Erbherzogin Maria Pawlowna, die Schwiegertochter des Herzogs Carl August, 1000 Taler aus ihrem Privatvermögen zur Verfügung. 1812 konnte man sich für 113 Taler „Platina Geräte“ von Janety aus Paris schicken lassen.

Auch Herzog Carl August selbst hat sich an Erwerbungen für das chemische Institut beteiligt. Er ließ durch Bernhard von Lindenau<sup>26</sup> 1812 in Paris Platinerz kaufen und übergab es Doebereiner.<sup>27</sup> Es ist nicht bekannt, was den Herzog bewogen hat, seinem neuen Chemiker zwei Pfund (nach unserem Gewicht etwa 800 g) von dem teuren und schwer zu beschaffenden Platin zukommen zu lassen. Vielleicht wollte er Doebereiner zu Untersuchungen auf einem immer noch aktuellen Forschungsgebiet anregen, das in Deutschland kaum bearbeitet wurde. Doebereiners Äußerung von 1823 deutet darauf hin. In diesem Jahr schrieb er in einer Veröffentlichung, daß ihm der Großherzog „... Behufs wissenschaftlicher Untersuchungen ... eine große Menge des allerschwersten Metalls verliehen habe“.<sup>28</sup> Es steht aber fest, daß diese großzügige Schenkung die Voraussetzung für Doebereiners folgenreichste und damit bedeutendste Forschung bildet. Doebereiners unzulängliche Arbeitsbedingungen im Schloß wurden deutlich ver-

bessert, als Großherzog Carl August 1816 durch Goethe das nach seinem Vorbesitzern benannte Hellfeldsche Haus (heute Neugasse 23) kaufen ließ und es dem chemischen Institut zur Verfügung stellte. Hier hat Doebereiner dann bis zu seinem Lebensende 1849 gearbeitet und gewohnt.

Neben anderen Arbeiten hatte Doebereiner sich damit beschäftigt, das Rohplatin in langwierigen und kostspieligen Operationen mühsam aufzubereiten, um einerseits chemisch reines Platin zu gewinnen und andererseits auch die vier, erst 1803–1804 entdeckten neuen Metalle Rhodium, Palladium, Osmium und Iridium zu isolieren. Mit diesem Platin und daraus hergestellten Salzen hat er weiter experimentiert. Angeregt durch Arbeiten von Edmund Davy (1785–1857) ließ er Alkohol auf eine platinhaltige Substanz, das von Davy publizierte sogenannte „Knallplatin“ von nicht genau angegebener Zusammensetzung einwirken.<sup>29</sup> Dabei beobachtete er, daß Alkohol, wenn er als Dampf an der Luft einwirkt „glühend verbrennt“, wenn er aber als Flüssigkeit auf das Platinpräparat getropft wird, zu Essigsäure oxidiert wird.<sup>30</sup> Doebereiner stellte fein verteiltes Platin her durch thermische Zersetzung von sogenanntem Platinsalmiak, Ammoniumhexachloroplatinat, wie es bereits Marggraf beschrieben hatte. Er nannte dieses Präparat wegen seiner schwarzen Farbe „Platinmohr“, und er begann, die Wechselwirkung von Gasen mit dieser Substanz zu untersuchen.

Bei seinen Experimenten mit Wasserstoff beobachtete Doebereiner am 27. Juli 1823, daß sich der Wasserstoff in Gegenwart von diesem Platinmohr ohne Mitwirkung irgendwelcher anderer Kräfte unter Wärmeentwicklung mit dem Sauerstoff aus der Luft zu Wasser verbindet.<sup>31</sup> Bereits am nächsten Tag schildert er Goethe in einem Brief diese Entdeckung, die ihm „... in hohem Grade wichtig erscheint.“<sup>32</sup> Goethe befand sich zu dieser Zeit zur Kur in Marienbad und reagierte nicht auf diese Mitteilung. Erst am 31. Juli verfaßte Doebereiner eine Kurzmitteilung zum Veröffentlichen in der Zeitschrift „Isis“,<sup>33</sup> die in Jena von Lorenz Oken (1779–1851) herausgegeben wurde und schrieb Artikel über diese Reaktion für mehrere andere naturwissenschaftliche Zeitschriften.<sup>34</sup> Doebereiner setzte seine Experimente mit Platin und Wasserstoff fort. Schon wenige Tage später beobachtete er mit einer denkbar einfachen Versuchsanordnung, daß sich ein aus einem dünnen Rohr austretender starker Wasserstoffstrom entzündet, wenn er auf den Platinstaub trifft. Diese neue Erkenntnis beschreibt er umgehend in einem Nachtrag zu den ersten Veröffentlichungen von Ende Juli.<sup>35</sup> In der „Isis“ heißt es in diesem Nachtrag, daß es ihm gelun-

gen sei, die Reaktion von Wasserstoff mit Platin „bis zum höchsten Grade des Glanzes zu steigern“. Er schließt sehr selbstbewußt mit dem Satz: „Daß ich diese neue Beobachtung nicht etwa bloß zur Darstellung eines neuen Feuerzeuges und einer neuen Lampe, sondern auch zu weit wichtigeren Zwecken benutzen werde, versteht sich von selbst“.<sup>36</sup> Zur Erklärung dieses Vorgangs gab Doebereiner hier sehr vorsichtig nur an, daß „höchst wahrscheinlich ein neues Naturprincip hier wirksam seyn möchte.“<sup>37</sup>

Die wissenschaftliche Welt nahm von Doebereiners Entdeckung sehr schnell Kenntnis. Keine andere seiner Veröffentlichungen ist so weit und so schnell verbreitet und aufgenommen worden wie die Entdeckung der Platinkatalyse. Geradezu unglaublich erscheint es heute, daß nur drei Wochen, nachdem die katalytische Wirkung des Platins in Jena entdeckt worden war, eine Tageszeitung in Paris aus einem deutschen wissenschaftlichen Journal zitierte, das in Halle herausgegeben und in Nürnberg<sup>38</sup> verlegt wurde. Schon am 24. August erfuhren nämlich die Leser des „Journal des Debats politiques et Littéraires“ von Doebereiners Entdeckung. Die Zeitung schrieb in einer anonymen Meldung ohne Überschrift: „Herr Döbereiner, Professor der Chemie an der Universität Jena, stellt im Journal für Chemie und Physik eine neue Erfindung von größter Wichtigkeit vor“. Nach einer genauen Beschreibung der Versuchsanordnung endete der kurze Bericht mit dem geradezu prophetischen Satz: „Diese schöne Entdeckung wird ein neues Feld in der Forschung der Physik und der Chemie eröffnen“.<sup>39</sup>

Dieses hier 1823 vorhergesagte neue Forschungsfeld, das durch Doebereiner für die Chemie und die Physik eröffnet worden ist, benennen wir heute mit dem von Berzelius geprägten Begriff „Katalyse“. Wenn die Reaktionspartner in einem anderen Aggregatzustand vorliegen als der Katalysator, bezeichnet man den Vorgang als „heterogene Katalyse“. Die heterogene Katalyse hat in den verfloßenen Jahrzehnten zu großartigen, vor allem auch technisch verwertbaren Ergebnissen geführt. Erst 2007 hat Gerhard Ertl für seine grundlegenden „Studien von chemischen Prozessen an Festkörperoberflächen“ den Nobelpreis für Chemie ungeteilt erhalten. Heute wird – der Menge nach – der größte Teil der Produkte in der chemischen Industrie mit Hilfe von heterogenen Katalysatoren hergestellt.

In den Jahren nach 1823 arbeitete Doebereiner weiter an der praktischen Anwendung seiner Erfindung. Er beschrieb die Darstellung von großen Mengen von reiner, das heißt konzentrier-

ter Essigsäure durch die katalytische Oxidation von Ethanol<sup>40,41</sup> und berichtete 1832 in einer Notiz von nur zehn Zeilen, daß es ihm gelungen sei: „2 Volumen schwefliger Säure mit 1 Volum Sauerstoffgas mit Hülfe des hygroskopisch-feuchten Platinmohrs zu rauchender Schwefelsäure zu verdichten“<sup>42</sup>. Er zeigt damit eine Möglichkeit auf, das alte Bleikammerverfahren der Schwefelsäuregewinnung durch ein Verfahren zu ersetzen, mit dem sich konzentrierte Schwefelsäure herstellen läßt. Die Herstellung von konzentrierter Schwefelsäure war zu dieser Zeit ein dringendes Erfordernis für die sich allmählich entwickelnde chemische Industrie.

## Platin – Katalysator für großtechnische Verfahren

Auch andere Chemiker hatten daran gedacht, die Oxidation von Schwefeldioxid mit Hilfe des Doebereinerschen Platinkatalysators zu beschleunigen. So sind fast zur gleichen Zeit, in der die genannte Veröffentlichung Doebereiners erschienen ist, sowohl in England als auch in Frankreich Patente für diesen Prozeß erteilt worden. Es gelang jedoch nicht, diese Idee in großem Stil umzusetzen. Vierzig Jahre lang gab es dann keinen Fortschritt bei der Anwendung katalytischer Verfahren zur Schwefelsäureproduktion in der Industrie. Erst 1875 veröffentlichte Clemens Winkler (1838–1904) in Freiberg, der bekannte Entdecker des Elements Germanium, eine Arbeit über die Darstellung von konzentrierter Schwefelsäure mittels eines Platinkontaktes und unternahm 1878 die ersten technischen Versuche mit diesem Verfahren.<sup>43</sup> Aber erst als die Badische Anilin und Sodafabrik, die BASF, für ihre Farbstoffproduktion große Mengen an rauchender Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ) benötigte, wurde in Ludwigshafen dieser Prozeß eingehend untersucht und zu technischer Reife entwickelt. 1890 nahm die erste sogenannte „Kontaktschwefelsäure“-Fabrik die Produktion auf.<sup>44</sup> Dieses Verfahren setzte sich allmählich auch in anderen Ländern durch. Die hierfür benötigten großen Mengen an Platin waren mittlerweile leichter zugänglich, nachdem um 1820 die reichen Platinvorkommen im Ural entdeckt worden waren. Da in den zwanziger Jahren der Bedarf an Platin zunächst nur gering gewesen ist, hat man in Russland von 1828 bis 1842 rund 15.000 kg Platin zu Münzen geprägt<sup>45</sup>. Damit wurde gleichzeitig der Preis des Platins, der vorher allein durch Angebot und Nachfrage geregelt worden war, vom Staat festgelegt. Es galt: 10,35 g Pt = 3 Silberrubel. Erst 1867 wurde der Handel freigegeben und Platin in großen Mengen export-

tiert. Als im 1. Weltkrieg die Versorgung Deutschlands mit Platin unterbrochen worden ist, konnte rechtzeitig ein neues Schwefelsäureverfahren in Betrieb genommen werden, bei dem man anstelle von Platin das Vanadinpentoxid als heterogenen Katalysator eingesetzt hat. Das ist ein typisches Beispiel für den Gang technischer Entwicklungen. Nachdem ein Produktionsverfahren, bei dem Platin eine wesentliche Rolle gespielt hatte, zuverlässig gearbeitet hat, versuchte man, das teure Platin durch einen billigeren Katalysator zu ersetzen.

Während der Bedarf an Platin für die Schwefelsäureproduktion aus diesem Grunde drastisch abgenommen hatte, war an anderer Stelle ein neuer rasch wachsender Bedarf entstanden. Am Ende des 19. Jahrhunderts war man sich nach den grundlegenden Arbeiten Justus von Liebig (1803–1873) in den entwickelten Ländern darüber im klaren, daß für die Ernährung der wachsenden Bevölkerung Kali- und Stickstoffdüngemittel benötigt werden. Kalisalze standen in den Salzbergwerken in ausreichenden Mengen zur Verfügung, sie mußten nur abgebaut und aufbereitet werden. Aber als mineralische Stickstoffquelle gab es praktisch allein den Chilesalpeter, das Natriumnitrat. Salpeter war aber nicht nur ein wichtiges Düngemittel, sondern auch ein außerordentlich bedeutendes strategisches Produkt, denn ohne Salpeter gab es keine Salpetersäure und damit auch keine Explosivstoffe. Ohne Salpeter – kein Krieg. In der Zeit 1879–1884 hat Chile gegen seine Nachbarländer Bolivien und Peru den sogenannten „Salpeterkrieg“ geführt, um sich die Provinzen dieser Länder anzueignen, in denen die Salpetervorkommen lagern. Da Stickstoff in der Luft unbegrenzt zur Verfügung steht, suchte man nach einem Weg, dieses außerordentlich reaktionsträge Gas in reaktionsfähige Verbindungen zu überführen. In Deutschland gelang 1908 Fritz Haber (1868–1934) die Umsetzung von Stickstoff mit Wasserstoff an einem Osmiumkontakt bei hohem Druck in guter Ausbeute. Damit war nachgewiesen, daß die Ammoniaksynthese aus den Elementen möglich ist. Für ein auch kommerziell erfolgreiches Verfahren suchte man intensiv nach einem billigeren und leichter beschaffbaren Katalysator. Den fand bei der BASF nach mehr als zwanzigtausend Versuchen Alwin Mittasch (1869–1953) in einer edelmetallfreien Mischung aus den Oxiden von Aluminium und Eisen. Die erste Ammoniakfabrik, die nach dem Haber-Bosch-Verfahren gearbeitet hat, ging 1917, mitten im Krieg in Betrieb. Das nach dem Haber-Bosch-Verfahren hergestellte Ammoniak läßt sich in Form von Ammoniumsalzen direkt zum Düngen verwenden. Um Ammoniumnitrat als Düngemittel mit

einem höheren Stickstoffgehalt herstellen zu können und für die Sprengstoffproduktion benötigt man aber Salpetersäure.

Der Umsetzung des Ammoniaks zu Salpetersäure widmete sich Wilhelm Ostwald (1853–1932). Er untersuchte die Verbrennung von Ammoniak. Beim Verbrennen von Ammoniak mit Luftsauerstoff sind verschiedene Reaktionsprodukte möglich. Es kommt darauf an, die Reaktion so zu steuern, daß hierbei die Bildung von Stickstoff  $N_2$  und Distickstoffmonoxid  $N_2O$  verhindert wird und ausschließlich Stickstoffmonoxid  $NO$  bzw. -dioxid  $NO_2$  gebildet werden, da nur diese mit Wasser Salpetersäure bilden. Als geeigneter Katalysator für diesen Prozeß hat sich auch hier wieder das Platin bzw. Legierungen von Platin mit anderen Platinmetallen (Rhodium, Iridium, Palladium) erwiesen. Beim sogenannten Ostwaldverfahren läßt man das Ammoniak-Luft-Gemisch durch feinmaschige Platinnetze streichen. Den Chemienobelpreis 1909 erhielt Ostwald auch für seine Untersuchungen zur Katalyse.

Bis jetzt könnte der Eindruck entstanden sein, daß Platinkatalysatoren nur in der anorganischen Chemie eingesetzt werden. Das ist aber nicht so. Der mit der zunehmenden Motorisierung steigende Bedarf an Vergaserkraftstoffen hat dazu geführt, daß man versucht hat, Erdölfractionen mit hoher Siedetemperatur in niedriger siedende Verbindungen, in Vergaserkraftstoffe zu überführen. Die Reaktionen, die dabei eine Rolle spielen, sollen hier nicht abgehandelt werden. Es sei nur soviel gesagt, daß bei den Verfahren, aus dem natürlich vorkommenden Erdöl Kohlenwasserstoffgemische mit einer hohen Oktanzahl herzustellen, Platinkatalysatoren eine sehr wichtige Rolle spielen. Zeitweilig war die Erdölraffination der verwendeten Menge nach das Haupteinsatzgebiet für Platin.

Beim Verbrennen von Kohlenwasserstoffen in Ottomotoren entstehen unter realen Betriebsbedingungen nicht ausschließlich die gewünschten Endprodukte Wasser und Kohlendioxid. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs und der Temperatur enthält das ausströmende Gas auch Kohlenmonoxid, unter Umständen noch Kohlenwasserstoffe oder auch Stickoxide. Diese Gase sind für die Umwelt schädlich, und man will sie deshalb aus dem Abgas entfernen. Theoretisch ist das ganz einfach. Solange das Abgas durch den Gehalt an Kohlenmonoxid und/oder Kohlenwasserstoffen reduzierend wirkt, muß man diese Gase nur durch verstärkte Luftzufuhr oxidieren. Sind aber oxidierende Stickoxide ( $NO_x$ ) zugegen, kann man diese durch Reduktionsmittel zu Stickstoff umsetzen. Auch diese beiden entgegengesetzten Reaktionen werden durch Platin katalysiert. Deshalb



baut man heute in die Autos einen Katalysator, oder wie man heute vereinfachend sagt, einen „Kat“ ein. Dieser besteht aus einem keramischen Trägerkörper aus Cordierit, der einen sehr kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und eine große innere Oberfläche besitzt. Auf einer Gesamtoberfläche von 20.000 m<sup>2</sup>/Liter sind 1–2 g rhodiumhaltiges Platin aufgebracht. Die Aufgabe, das Redox-Potential des Abgases ständig zu messen und dadurch die Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemischs zu steuern, übernimmt die sogenannte  $\lambda$ -Sonde. Diese besteht üblicherweise aus einem für Gase undurchlässigen Keramikkörper aus Zirkondioxid. Das ist ein Material, in dem bei etwa 300 °C die Sauerstoffionen O<sup>2-</sup>-beweglich werden und deshalb in einem Potentialfeld wandern können. Eine Seite des Sensors liegt im Abgasstrom, die andere in der Umgebungsluft. Ist der Sauerstoffpartialdruck zwischen beiden unterschiedlich, wandern Sauerstoffionen auf die Seite mit dem kleineren Sauerstoffdruck, zwischen beiden Seiten bildet sich dadurch eine Potentialdifferenz, die zum Steuern des Kraftstoff-Luft-Gemischs angewandt wird. Zum Ableiten des Potentials von den beiden Seiten des Zirkonoxidkörpers ist diese mit gasdurchlässigen Platinelektroden (sogenannten Cermets – Keramik-Metall) beschichtet. Das Platin erfüllt also in unserem gesteuerten „Kat“ gleich zwei Funktionen; einmal direkt als Katalysator, andererseits ist es auch Bestandteil des zum Steuern benötigten Sensors.

## Temperaturmessung

Nachdem Platin wegen seiner hohen Schmelztemperatur und seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemischen Angriff zum Bestandteil gut ausgestatteter Laboratorien geworden war, stand es dort auch für andere Experimente zur Verfügung. Thomas Seebeck (1770–1831) benutzte bei seinen Untersuchungen, die ihn zur Entdeckung der Thermoelektrizität geführt haben, neben dreißig anderen Elementen und Legierungen auch Platin, Palladium und Rhodium.<sup>46</sup> Antoine Cesar Becquerel (1788–1878) nannte 1827 als das am besten zum Temperaturmessen geeignete Thermopaar Platin/Palladium.<sup>47</sup> Als Henri Le Chatelier (1850–1936) zu seinen Untersuchungen an Silikatsystemen genaue Messungen hoher Temperaturen benötigte, experimentierte er mit Thermoelementen aus verschiedenen Metallkombinationen (Pt/Pd, Pt/Pt10% Rh, Pt/Pt20%Ir, Pt/Pt10%Ir), um ein im Laboralltag brauchbares Meßinstrument zu konstruieren. Zufriedenstellende Ergebnis-

se erreichte er mit dem Thermopaar Platin/Platin10% Rhodium.<sup>48</sup> Diese Kombination wird bis heute für Temperaturmessungen bis 1.350 °C verwendet. Temperaturmessungen mit Thermoelementen liefern ein elektrisches Signal und lassen sich deshalb direkt zum Steuern und Regeln verwenden.

Die lange bekannte Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zum Temperaturmessen durch Charles William Siemens (1823–1883) zu technischer Reife entwickelt.<sup>49,50</sup> Zunächst verwendete er Kupfer, später aber Platin, um auch höhere Temperaturen messen zu können. Genormte Platinwiderstandsthermometer sind heute häufig genutzte Meßinstrumente für den Bereich von – 250 °C bis 1.000 °C.

## Die erste Brennstoffzelle

Angeregt von Doebereiners Entdeckung hat der englische Physiker William Robert Grove 1839 die Wechselwirkung von Platin mit Wasserstoff und Sauerstoff mittels einer elektrochemischen Versuchsanordnung überprüft. Er benutzte zwei Platinbleche, die mit ihren unteren Enden gemeinsam in Schwefelsäure eingetaucht haben und deren obere Enden in zwei Reagenzgläser eingeführt waren, von denen eins mit Wasserstoff, das andere mit Sauerstoff gefüllt war. Er beobachtet dabei einen permanenten Galvanometerausschlag. Er stellte sich das Ziel, diese Versuchsanordnung zu einer „Voltaischen Gasbatterie“<sup>51</sup> zu vervollkommen, mit der sich

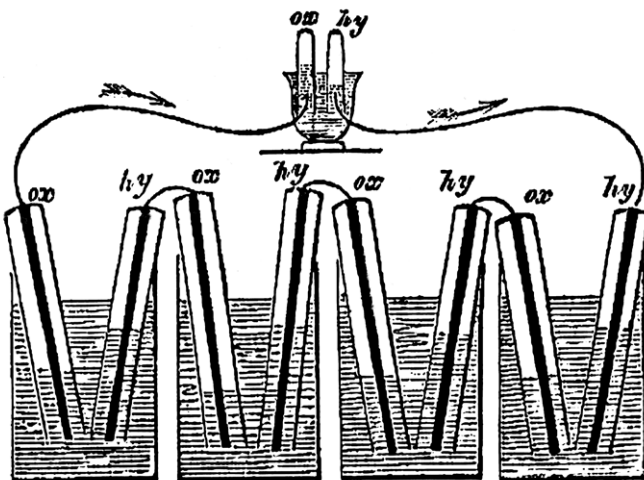
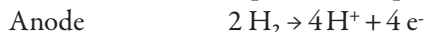
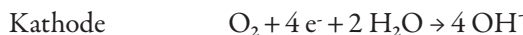


Bild 1: Voltaische Gasbatterie von William Robert Grove, in *Phil. Mag.* 21 (1842) S. 418.

nicht nur ein Galvanometerausschlag herbeiführen läßt, sondern die elektrolytische Zersetzung von Wasser erreicht werden kann. 1842 veröffentlichte er dann diese „Voltaische Gasbatterie“. Er schaltete bis zu fünfzig derartige „Knallgaszellen“ hintereinander und beschreibt Versuche, die er damit unternommen hat.

Er berichtet: Zwischen Holzkohlespitzen gab sie einen glänzenden, in vollem Tageslicht sichtbaren Funken und – das war das Ziel seiner Bemühungen – mit dieser Gasbatterie war es möglich, saure wäßrige Lösungen in die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Grove hatte damit die erste funktionierende Brennstoffzelle konstruiert, in der chemische Energie direkt in Elektroenergie umgewandelt wurde. Die Summe der an den Grenzflächen Platin-Wasserstoff-Elektrolyt bzw. Platin-Sauerstoff-Elektrolyt ablaufenden potentialbildenden Reaktionen und damit die Triebkraft der Reaktion ist die Bildung von Wasser aus den Elementen. Der Unterschied zur katalytischen Verbrennung des Wasserstoffs am Platinkontakt beim Doebereinerfeuerzeug besteht darin, daß der Ort, an dem der Wasserstoff durch Abgabe eines Elektrons oxidiert wird, vom Ort, an dem der Sauerstoff durch Aufnahme von zwei Elektronen reduziert wird, räumlich voneinander getrennt ist und die Elektronen durch einen äußeren Leiter fließen und dabei Arbeit verrichten. Dieses Experiment löste damals eine lebhafte Diskussion über die Vorgänge aus, die in dieser Gaszelle den elektrischen Strom zum Fließen bringen. Die Ursache für die Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen, die elektrolytische Dissoziation, war damals noch nicht bekannt.

Potentialbildende Reaktionen:



Die Entwicklung von praxistauglichen leistungsfähigen Brennstoffzellen, in denen oxidierbare Brennstoffe ohne den Umweg über Wärmekraftmaschinen direkt in Elektroenergie umgesetzt werden können, dürfte zukünftig einen Beitrag zur Energiewende bringen. Auch hier bemüht man sich, Platin und Platinmetalle durch billigere Stoffe zu ersetzen.

## Zusammenfassung

Das Platin und seine Begleiter, die Platinmetalle, sind erst nach der Entdeckung Amerikas langsam ins Bewußtsein der Europäer

gelangt. Zunächst als geradezu nutzlos verschmäht und mit dem verächtlichen Namen „Silberchen“ versehen, begann erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts seine wissenschaftliche Erforschung. Dabei erkannte man, daß dieses Metall Eigenschaften besitzt, die es für eine vielseitige Anwendung geeignet machen. Nachdem die Bemühungen erfolgreich waren, das Metall bearbeitbar zu machen und in gewünschte Formen zu bringen, haben Geräte und Gefäße aus Platin wegen ihrer hohen Schmelztemperatur und ihrer Beständigkeit gegen viele aggressive Chemikalien schnell Eingang in die chemischen Laboratorien und die chemische Industrie gefunden. Mit der Entdeckung der katalytischen Wirksamkeit des Platins durch Doebereiner wurde diesem Metall ein völlig neues Einsatzgebiet eröffnet. Platin spielt heute als Katalysator in der chemischen Industrie bei Verfahren, die nach der Menge der dabei erzeugten Produkte außerordentlich bedeutsam sind, zum Beispiel bei der Herstellung von Salpetersäure und Vergaserkraftstoffen, eine herausragende Rolle. Inzwischen sind die Platinmetalle in der Form des geregelten Abgaskatalysators im täglichen Leben angekommen. Aus dem zunächst für wertlos gehaltenen Metall ist durch seine vielfältigen Einsatzmöglichkeiten mittlerweile ein sehr wertvolles Material geworden, das für die Technik unserer heutigen Zivilisation vollkommen unentbehrlich geworden ist.

Platin ist deshalb ein Metall, dessen Gewinnung ein außerordentlich lohnendes Geschäft ist. Wurden zunächst nur die sekundären Platinlagerstätten, das sogenannte Seifenplatin im Tagebau ausgebeutet, begann man später, auch das Bergplatin, die primären Erzlagerstätten, unter Tage abzubauen. Heute sind die wichtigsten Produktionsländer Südafrika und Kanada.

## Literatur

- 1 Watson, W[illia]m: Several Papers concerning a new Semi-Metal, called Platina. In: *Philosophical Transactions*. 46 (1749-1750) S. 584-596
- 2 Bose, Georg: Von einem neuen in Südamerica entdeckten Metall. In: *Physikalische Belustigungen*, 1 (1751) S. 107-109 [Hrg. Christlob Mylius], Berlin.
- 3 Scheffer, Heinrich Theodor: Das weiße Gold, oder siebente Metall, in Spanien Platina del Pinto, kleines Silber von Pinto genannt. In: *Der Königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften Abhandlungen*

- gen aus der Naturlehre, Haushaltungskunst und Mechanik auf das Jahr 1752*, 14, übersetzt von Abraham Gotthelf Kästner, Hamburg und Leipzig 1755 S. 275-284
- 4 Lewis, William: Experimental Examination of a White Metallic Substance. In: *Phil. Trans.* **48** (1753-1754), S. 638-645
  - 5 Lewis, William: Experimental Examination of Platina. In: *Phil. Trans.* **50** (1757-1758), 148-155.
  - 6 Marggraf, [Andreas Sigismund]: Essais concernant la nouvelle espèce de corps minéral connu sous le nom de platina del Pinto. In: *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et des Belles-Lettres de 1757*, Berlin 1759, S. 31-60
  - 7 Franz Carl Achard, 1753-1821.
  - 8 Hübner, Wolfgang: Achards Legierungskunde: eine verpasste Chance. In: *Mitteilungen (der Fachgruppe Geschichte der Chemie in der GDCh)* **22** (2012) S. 37-52
  - 9 Achard, [Franz Karl]: Sur l'arsenic et sur sa combinaison avec différents corps. In: *Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres 1781*, Berlin 1783 S. 107-109
  - 10 Achard, [Franz Karl]: Leichte Methode, Gefäße aus Platina zu bereiten. In: *Crells Chemische Annalen für Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen*, **1**. (1784), Helmstädt und Leipzig, S. 3-5
  - 11 Wollaston, William Hyde: On a new Metal, found in Crude Platina. In: *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **94** (1804) S. 419-430
  - 12 Tennant, Smithson: On Two Metals, Found in the Black Powder Remaining after the Solution of Platina. In: *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **94** (1804), S. 411-418.
  - 13 Doebereiner, J.[ohann] W.[olfgang]: *Zur Chemie des Platins in wissenschaftlicher und technischer Beziehung*, Stuttgart 1836, S.3
  - 14 Poggendorf J.[ohann] C.[Christian]: *Bibliographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, 2. Band, Leipzig 1863, Spalte 1362
  - 15 Carl Ernst Claus, 1796-1864
  - 16 Vgl. die Verwendung von Platingeräten bei Chenevix in: Chenevix, Richard. In: *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **92** (1802), S. 329-331 und bei J.[ohann] B.[Bartholomäus] Trommsdorff, In: *Journal der Pharmacie*, **14** (1806), 2. Stück, S. 15, 40 und die von Seebeck benutzten Platingegenstände in Seebeck, [Thomas]: *Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1822 und 1823*, Berlin 1825, Physikalische Klasse, S. 285-287
  - 17 Rochon, Alexis: Abhandlung über die Platina und ihre Nutzbarkeit in den Künsten, besonders zu Spiegel-Teleskopen. In: [Gilberts] *An-*

- nalen der Physik*, 4 (1800) S. 282-299
- 18 Faraday, Michael: On the manufacture of Glass for optical purposes. In: *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* **120** (1830), 1-57.
  - 19 Sauerstoff war erst 1772 entdeckt worden!
  - 20 McDonald, Donald; Hunt, Leslie B.: *A History of Platinum and its Allied Metals*. 1. Aufl. London: Johnson Matthey, 1982. - ISBN 0-905118-839.
  - 21 Wasserstoff war erst 1766 entdeckt worden!
  - 22 Die Masseneinheit ist die letzte SI-Basiseinheit, die noch an einen künstlichen Prototyp gebunden ist, den „Internationalen Kilogrammprototyp“. Er besteht aus einem Pt-Ir-Zylinder. Es wird daran gearbeitet, das Kilogramm künftig über Naturkonstanten zu definieren. Ein Weg ist, über die Plancksche Konstante mit dem exakten Wert  $h = 6.626.069.57 \cdot 10^{-34} \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$  zu definieren.
  - 23 Hermann, Dieter B.: Das Gothaer Astronomentreffen – ein Vorläufer heutiger wissenschaftlicher Kongresse. In: *Die Sterne – Zeitschrift für alle Gebiete der Himmelskunde*, Leipzig, **46** (1970) S. 119-123; Brosche, Peter: Gotha 1798 – Vorder- und Hintergründe des ersten Astronomenkongresses. In: *Photovin, Mitteilungen der Lichtenberggesellschaft*. **5** (1982), Saarwellingen, S. 38-59
  - 24 Müller, Gerhard: *Vom Regieren zum Gestalten*. 1. Aufl. Heidelberg: Universitätsverlag Winter, S.584.
  - 25 Doebereiner, Johann Wolfgang: Großherzogliche Lehranstalt für Chemie. In: *Historisch-topographisches Taschenbuch von Jena und seiner Umgebung besonders in naturwissenschaftlicher u. medicinischer Beziehung*, hrsg. von Zenker, Jonathan Carl. 1. Aufl., Jena: Friedrich Frommann 1836,
  - 26 Bernhard von Lindenau, 1780–1854, Astronom, Generaladjutant Herzog Carl Augusts während der Befreiungskriege, Minister, Kunstsammler – Lindenaumuseum in Altenburg.
  - 27 Doebereiner, Johann Wolfgang: Vermischte Bemerkungen. In: (Schweiggers) *Journal für Chemie und Physik* **6** (1812) S. 211-218; ders.: An die Chemiker in England wegen eines neuen Metalls im Platinerz. ebenda **26** (1819) S. 404-405.
  - 28 Doebereiner, Johann Wolfgang: *Ueber neu entdeckte höchst merkwürdige Eigenschaft des Platins und die pneumatisch-capillare Thätigkeit gesprungener Gläser*. 1. Aufl. Jena: August Schmid, 1823, S. I
  - 29 Davy, Edmund: On a new Fulminating Platinum. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society*. London, **107** (1817) S. 136-157; ders.: On Some Combinations of Platinum. ebenda **110** (1820), S. 110-125
  - 30 Doebereiner, Johann Wolfgang: Aufgefundene Natur einiger dem

- Pflanzenreiche und dem Thierreiche angehörenden Säuren. In: (Gilberts) *Annalen der Physik* 72 (1822), S.193-194
- 31 Döbereiner, Johann Wolfgang: Neu entdeckte merkwürdige Eigenschaften des Platinsuboxyds, des oxydirten Schwefelplatins und des metallischen Platinstaubes. In: (Schweiggers) *Journal für Chemie und Physik*, 38 (1823) S. 321-325
- 32 Schiff, Julius: *Briefwechsel zwischen Goethe und Johann Wolfgang Döbereiner (1810–1830)*. Weimar: Böhlau, 1914 S. 78–79
- 33 Doebereiner, Johann Wolfgang: Platin und Wasserstoffgas. In: *Isis* 1823 (IX), Spalte 989
- 34 Ders., Neu entdeckte merkwürdige Eigenschaften des Platinsuboxyds, des oxydirten Schwefelplatins und des metallischen Platinstaubes. In: (Gilberts) *Annalen der Physik*, 74 (1823) S. 269-272
- 35 Ders., Nachtrag. In: (Schweiggers) *Journal für Chemie und Physik* 38 (1823), S. 325–326
- 36 Doebereiner, Johann Wolfgang: Fortsetzung zu Platin und Wasserstoffgas. In: *Isis* 1823 (IX), Spalte 990-991.
- 37 Anonym: Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte vom 18. bis 20. September 1823. In (Schweiggers) *Journal für Chemie und Physik* 39 (1823), S. 3-4.
- 38 Schragische Buchhandlung, Nürnberg; Gebauersche Buchdruckerei Halle.
- 39 Anonym. In : *Journal des Debats politiques et Littéraires*, 24. Aug. 1823, S. 4.
- 40 Doebereiner, Johann Wolfgang: Neue Bereitung des Platinsuboxyd's, höchst dünner Platinüberzug statt Platinschwamm, Gebrauch des Essiglämpchens und Bereitung der Essigsäure im Großen mittels Platinsuboxyds. In: (Kastners) *Archiv für die gesammte Naturlehre*, 9 (1826) S. 341-344
- 41 Ders., Doebereiner's Essiglämpchen. In: (Schweiggers) *Journal für Chemie und Physik* 47(1826) S. 120-121
- 42 Ders.: Ueber Sauerstoffäther und verwandte Gegenstände. In: (Poggendorfs) *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1832) S. 609.
- 43 Winkler, Clemens: Versuche über die Ueberführung der schwefligen Säure in Schwefelsäureanhydrid durch Contactwirkung behufs Darstellung von rauchender Schwefelsäure. In: *Dinglers Polytechnisches Journal* 218 (1875), S. 128-139
- 44 Knietsch, Rudolf: Ueber die Schwefelsäure und ihre Fabrication nach dem Contactverfahren. In: *Ber. Deutsch. Chem. Gesellschaft*, 34 (1901) S. 4069-4115
- 45 Rabe, H.: Platin und die Tentelewsche Chemische Fabrik. In: *Zeitschrift für Angewandte Chemie* 9 (1926) S. 1406-1411

- 46 Seebeck, Thomas: Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperaturdifferenz. In: *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Physikalische Klasse* **1822** und **1823**, (1825), S. 265–373.
- 47 Becquerel, Antoine Cesare: Recherches sur les effets électriques de contact produits dans les changements de température, et application qu'on peut en faire à la détermination des hautes températures. In: *Ann. chim. et phys.* **31** (1826) S. 371-392
- 48 Le Chatelier, Henri: Sur la variation par une élévation de température, dans la force électromotrice des couples thermo-électriques. In: *Comptes rendus hebdomad.* **102** (1886) S. 819-822
- 49 Siemens, Charles William: A new Resistance Thermometer. In: *The London, Edinburgh, and Dublin Philos. Mag.*, **21** (1861), S. 73-74.
- 50 Siemens, Charles William: On the Increase of Electrical Resistance in Conductors with rise of Temperature, and it's Application to the Measure of Ordinary and Furnace Temperatures. In: *Proc. Roy. Soc.* **19** (1871) S. 443-445
- 51 Grove, William Robert: On a Gasous Voltaic Battery. In: *Phil. Mag.* **21** (1842) S. 417-420; ders.: Ueber eine Volta'sche Gasbatterie. In: *[Pogg]. Ann. d. Physik u. Chemie* **58** (1843) S. 202-210

## Arno Martin

Jahrgang 1940, Abitur 1959 in Plauen/Vogtl. Chemiestudium 1959 bis 1964 in Jena. Themen der Diplom- und der Doktorarbeit waren thermodynamische Untersuchungen zur Bildung von Chelatkomplexen in wässriger Lösung. Anschließend Forschungen zu festkörperchemischen Problemen: Herstellung von Eisenoxiden für besondere Anwendungen, Synthese von Hart- und Weichferriten mit speziellen magnetischen und mechanischen Eigenschaften. Ab 1995 Beteiligung an der Planung des Neubaus für das Institut für Anorganische und Analytische Chemie. Nach dem Eintritt in den Ruhestand Beschäftigung mit der Universitäts- und Stadtgeschichte. Daraus entstanden Publikationen über die alten chemischen Institute, zu Doebereiner und zur 14. Naturforscherversammlung 1836 in Jena.

