

# Sitzungsberichte

der

naturwissenschaftlichen Abteilung  
der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur-  
und Heilkunde in Bonn.

---

1927.

## **Sitzung am 26. Januar 1927.**

Vorsitzender: Herr Wilckens. Herr Steinmann: Zur Stammesgeschichte der Fische.

## **Sitzung am 9. Februar 1927.**

Gemeinsam mit der Chemischen Abteilung und der Rheinischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik. Vorsitzender: Herr Wilckens.

Herr H. Rheinboldt:

### **Hundert Jahre Aluminium.**

Aluminium ist das verbreitetste Metall der uns zugänglichen Erdrinde und nach Sauerstoff und Silicium das verbreitetste Element überhaupt. Wegen seiner großen Verwandtschaft zu Sauerstoff findet sich das Metall aber nicht gediegen, und dieselbe Eigenschaft ließ es so lange verborgen bleiben.

Anm. Der durch zahlreiche Versuche und ein reichhaltiges Demonstrationsmaterial unterstützte Vortrag<sup>1)</sup> läßt sich in der gehaltenen Form nicht wiedergeben. Es wurde daher in nachstehender Fassung die Anwendung des Aluminiums und seiner Legierungen nur kurz behandelt, der geschichtliche Teil dagegen ausführlicher dargestellt. Hierbei wurde weitgehend von historischen Quellen Gebrauch gemacht, vor allem von dem „Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler“ (Wilh. Engelmann, Leipzig 1901) und „Aus Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel“ (Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1888).

1) Vgl. Z. f. angewandte Chemie 40, 678 (1927); Metallwirtschaft 6, 224 (1927). Über dasselbe Thema sprach der Verfasser am 5. März 1927 vor der „Naturwissenschaftlichen Gesellschaft an der Saar“ in Neunkirchen. S. ferner H. Rheinboldt, Hundert Jahre Aluminium, Metallwirtschaft 6, 2 (1927).

## Entdeckung des Aluminiums.

Bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts galten die Oxyde der Leichtmetalle, die „Fixen Alkalien, Alkalischen Erden und Eigentlichen Erden“, als einheitliche, nicht zerlegbare Stoffe. Zwar hatte man vermutet, daß diesen bestimmte „metallische Radikale“ zugrunde lägen, ohne daß der experimentelle Beweis für diese Ansicht erbracht werden konnte. Eine neue Epoche in der Erkenntnis der anorganischen Stoffe brach an, als es Ende des Jahres 1807 Humphrey Davy<sup>2)</sup> gelang, die fixen Alkalien mittels des elektrischen Stromes zu zerlegen und die beiden Alkalimetalle Kalium und Natrium zu isolieren. Damit war auch die elementare Natur der Erden sehr unwahrscheinlich geworden, und schon im folgenden Jahre (1808) stellte L. F. Seebeck<sup>3)</sup> in Berlin aus den Halogeniden der Erdalkalimetalle mittels der Amalgame der Alkalimetalle die Amalgame der Erdalkalimetalle her, und Davy erhielt durch Abdestillieren des Quecksilbers aus diesen Amalgamen, die er auf elektrolytischem Wege gewonnen hatte, die Metalle Calcium, Strontium, Barium und Magnesium. Der Versuch, auf diesem oder anderem Wege<sup>4)</sup> das Radikal der „Thonerde“ zu isolieren<sup>5)</sup>, blieb jedoch erfolglos. Dennoch gab Davy dem ihm unerreichbar gebliebenen metallischen Radikal der „Thonerde“ den Namen „Aluminium“, abgeleitet von „alumen“, der lateinischen Benennung des Alauns. Im Jahre 1823 gelang Jacob Berzelius<sup>6)</sup> die Isolierung des Radikals der „Kieselerde“ durch Erhitzen einer Fluorverbindung dieses Elementes ( $\text{SiF}_4$  oder  $[\text{SiF}_6]\text{K}_2$ ) mit metallischem Kalium.

Damit waren die grundlegenden Methoden zur Darstellung neuer Elemente geschaffen.

1825 nahm Hans Christian Oersted<sup>7)</sup> in Kopenhagen die Versuche zur Isolierung des Radikals der „Thonerde“ wieder auf. Durch Erhitzen eines Gemisches von „Thonerde“ mit Kohle im Chlorstrom gelang ihm die Darstellung des bis dahin unbekanntes wasserfreien Chlorides des Aluminiums ( $\text{AlCl}_3$ ), aus dem er nach der Methode von Seebeck und Davy durch Umsatz mit Kaliumamalgam das Aluminium zu gewinnen versuchte. Nach seiner kurzen Veröffentlichung war das Reaktionsprodukt „ein dem Zinn etwas ähnlicher Metallklumpen, der Wasser zersetzt“.

Im Sommer des Jahres 1827 besuchte Friedrich Wöhler<sup>8)</sup>, damals Lehrer der Chemie und Mineralogie an der neugegründeten

2) 1778—1829.

3) Physiker, Lehrer und Privatdozent in Berlin (1770—1831).

4) Durch Einwirkung von Kaliumdämpfen auf glühende Tonerde.

5) Die selbständige Natur der „Thonerde“ oder „Alaunerde“ wurde 1754 von A. S. Marggraf (1709—1782) entdeckt.

6) 1779—1848.

7) 1777—1851, Prof. der Physik in Kopenhagen. Vgl. H. C. Oersted's Leben, zwei Denkschriften von Hauch und Forchhammer. Aus dem Dänischen von Dr. H. Seibald. A. Martens-Spandau 1853. Entdeckte die Ablenkung der Magnetnadel im elektrischen Feld. Die „Physikalische und medizinische Gesellschaft in Bonn“ ernannte ihn 1822 zum auswärtigen Mitglied.

8) Geb. 31. VII. 1800 in Eschersheim bei Frankfurt a. M. — März 1825 Städt. Gewerbeschule Berlin — 1832 Höhere Gewerbeschule

A

100 Jahre Aluminium.

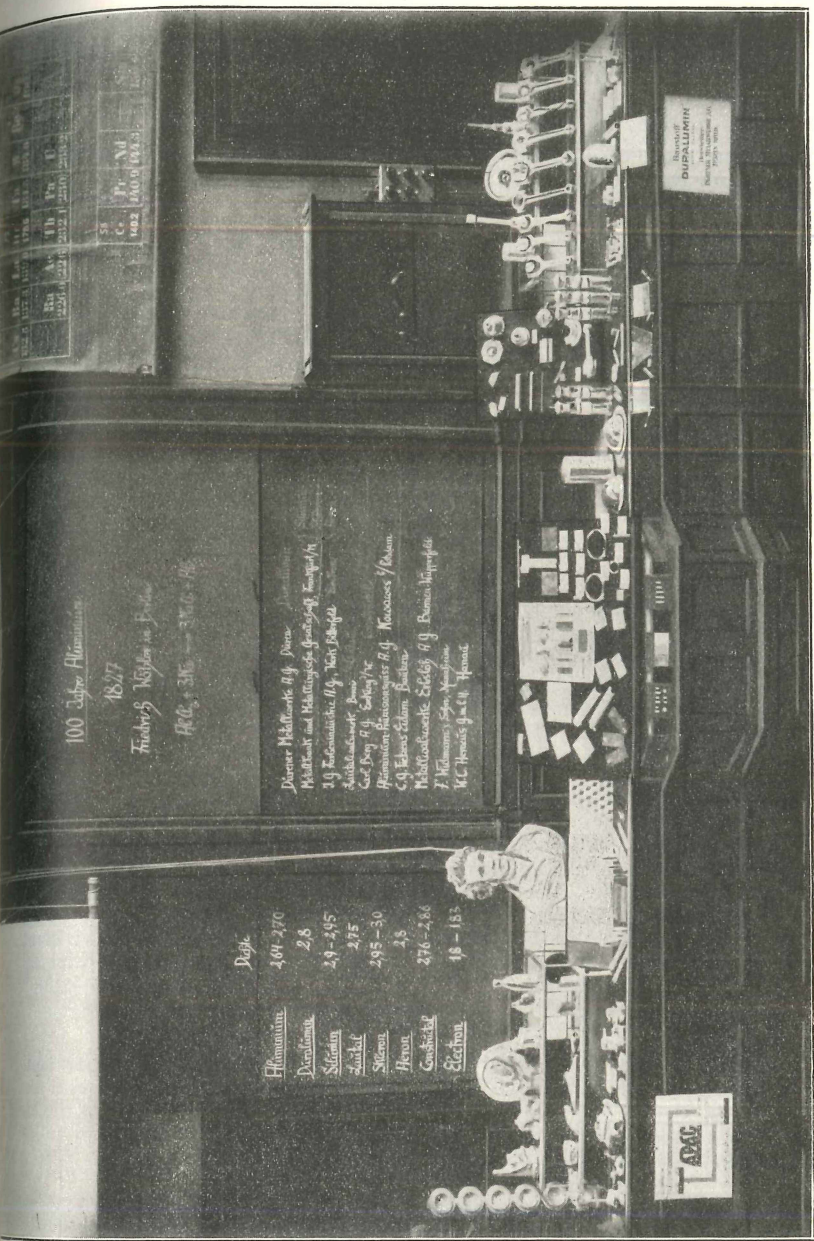
1827

Friedrich Wöhler in Berlin

$AlCl_3 + 3H_2 \rightarrow 3HCl + Al$

	Dichte
Aluminium	2,70
Duralumin	2,8
Stannin	2,9 - 2,95
Aluhal	2,75
Silicium	2,95 - 3,0
Hydron	2,5
Conductal	2,76 - 2,86
Electron	1,6 - 1,5

Deutscher Metallwerke AG, Bielefeld  
 Metallwerk und Metallgeschäfte, Kempten/Allg.  
 2.9. Technische AG, West. Solingen  
 Stahlwerke, Bielefeld  
 Carl Jung AG, Solingen  
 Aluminium-Fabrikation AG, Mönchengladbach  
 C. W. Lehmann, Solingen  
 Metallwerke, Eberfeld AG, Bismarckhütte  
 J. Heilmann, Solingen  
 M. C. Heilmann, Solingen



Der Experimentiertisch zu dem Vortrage „Hundert Jahre Aluminium“.



Handbuch  
 DURALUMIN  
 Herausgegeben von  
 Dr. J. Heilmann  
 Leipzig, 1927

Städtischen Gewerbeschule in Berlin, nach einem Zusammentreffen mit seinem Lehrer Berzelius, bei dem er 1823 bis 1824 in Stockholm zur Ausbildung geweiht hatte, Oersted in Kopenhagen und nahm nach seiner Rückkehr nach Berlin sofort eine Nachprüfung der Oersted'schen Versuche auf. Er schreibt darüber an Berzelius<sup>9)</sup> (10. Okt. 1827): „Da mir Oersted sagte, daß er nicht vor habe, die Versuche mit dem Chloraluminium fortzusetzen und ich schon bey der ersten Wiederholung dieser Versuche große Lust zur weiteren Verfolgung derselben bekommen hatte, so will ich diesen Vorsatz, soweit es meine Zeit diesen Winter zuläßt, ausführen. Ich habe schon einen Versuch angestellt.“ Das Ergebnis dieses Versuches teilt er Berzelius mit. Bereits im November erschien in J. C. Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie, Bd. XI, Seite 146—161 (1827) eine Abhandlung: „Ueber das Aluminium“, in der Wöhler die Darstellung des neuen Metalles bekannt gibt und seine wichtigsten Eigenschaften beschreibt. Diese historisch bedeutsame Abhandlung beginnt mit den Sätzen: „Die physischen und chemischen Eigenschaften der Elemente kennen zu lernen, welche in oxydiertem Zustande die Hauptmasse unserer Erdrinde ausmachen, ist gewiß in vieler Hinsicht von größerem Interesse, als die Kenntnis mancher der eigentlichen Metalle; — denn von der Kenntnis jener Körper hängen selbst zum Theil unsere Vorstellungsarten von der Bildung der Erdrinde, von der Ursache der vulkanischen Erscheinungen u. a. ab.“ Wöhler teilt dann mit, daß er zunächst den Versuch Oersted's wiederholt habe, aber ohne Erfolg. Das Reaktionsprodukt war eine eisenschwarze Metallmasse, die sich bei höherer Temperatur mit grünen Dämpfen verflüchtigte. Er schreibt an Berzelius<sup>10)</sup>: „Was Oersted für einen Aluminium-Klumpen hielt, ist ganz gewiß nichts anderes gewesen als ein aluminiumhaltiges Kalium.“ In seiner Abhandlung fährt Wöhler fort: „Ich habe mich daher nach einer anderen Methode umgesehen, ohne aber damit sagen zu wollen, daß es nach jener nicht glücke, das Aluminium zu reduzieren.“ Was lag für Wöhler näher, als zu der Methode zu greifen, nach der Berzelius das Silicium gewonnen hatte<sup>11)</sup>, in dem Jahre, als Wöhler in seinem Laboratorium in Stockholm arbeitete? Und so berichtet er weiter: „Auf der Zersetzbarkeit des Chloraluminiums durch Kalium und auf der Eigenschaft des Aluminiums, sich nicht in Wasser zu oxydieren, beruht die Art, wie mir die Reduktion und Darstellung dieses Metalles gelang. — Erwärmt man in einer Glasröhre ein kleines Stückchen Chloraluminium mit Kalium, so wird die Röhre durch die heftige, mit starkem Feuer begleitete Einwirkung zerschmettert. Ich versuchte dann diese Zersetzung in einem kleinen Platintiegel, worin sie ganz gut gelang. Die Einwirkung ist immer

---

Cassel — 1836 Universität Göttingen — gest. 23. IX. 1882. Über sein Leben und Wirken unterrichtet der ausgezeichnete Nachruf von A. W. v. Hofmann, Ber. Deutsche Chem. Ges. 15, 3127—3290 (1882), sowie dessen Rede bei der Einweihung des Wöhlerdenkmals in Göttingen, Ber. 23, 833 (1890).

9) Briefwechsel Berzelius-Wöhler, Bd. I, 196.

10) Briefwechsel Berzelius-Wöhler, I, 196 (10. X. 1827).

11) Am 7. XI. 1826 hatte Berzelius darauf hingewiesen, daß die Chloride zur Gewinnung von Bor und Silicium viel geeigneter seien als die Fluoride, Briefwechsel I, 153.

A  
 so heftig, daß man den Deckel mit einem Draht befestigen muß, wenn er nicht abgeworfen werden soll, und daß in dem Augenblicke der Reduktion der, nur schwach von Außen erhitzte, Tiegel plötzlich von Innen aus glühend wird. Das Platin wird dabei so gut wie gar nicht angegriffen. Um indessen doch vor einer möglichen Einmischung von abgelöstem Platin zu dem reduzierten Aluminium ganz sicher zu seyn, machte ich diese Reduktionsversuche nachher immer in einem kleinen Porzellantiegel und verfuhr dabei auf folgende Art: Man legt auf den Boden des Tiegels einige von anhängendem Steinöle wohl befreite Stücke von kohlenstofffreiem Kalium und bedeckt diese mit, dem Volum nach ungefähr gleichviel Chloraluminium-Stückchen. Hierauf erhitzt man den, mit seinem Deckel bedeckten, Tiegel über der Spirituslampe, anfangs gelinde, damit er nicht bei der inwendig vor sich gehenden Feuerentwicklung springe, und dann stärker, bis letztere vorbei ist, was noch lange vor dem Glühen eintritt. Die größte Menge von Kalium, die ich hierbei auf ein Mal anwandte, waren 10 erbsengroße Kugeln; in einem hessischen Tiegel könnte man es wohl wagen, mit größeren Mengen zu operieren. Mit den Quantitäten der beiden sich zersetzenden Stoffe muß man es so einrichten, daß weder so viel Kalium da ist, daß die reduzierte Masse alkalisch wird, noch so viel überschüssiges Chloraluminium, daß man davon im Moment der Reduktion sich verflüchtigen sieht. — Die reduzierte Masse ist in der Regel völlig geschmolzen und schwarzgrau. Man wirft den *völlig* erkalteten Tiegel in ein großes Glas voll Wasser, worin sich die Salzmasse unter schwacher Entwicklung eines übelriechenden Wasserstoffgases auflöst und dabei ein graues Pulver abscheidet, das bei näherer Betrachtung, besonders im Sonnenscheine, als aus lauter kleinen Metallflittern bestehend erscheint. Nachdem es sich abgesetzt hat, gießt man die Flüssigkeit ab, bringt es auf ein Filtrum, wäscht es mit *kalt*em Wasser aus und trocknet es. Es ist das Aluminium.“

„Das Aluminium bildet ein graues Pulver, sehr ähnlich dem Pulver von Platin; meist sind darin, auch nach dem Trocknen, metallglänzende Flittern zu bemerken, und einige Male erhielt ich kleinere, etwas zusammenhängende, wie schwammige Massen, die an mehreren Stellen zinnweißen Metallglanz hatten. Unter dem Polierstahl nimmt es sehr leicht vollkommen zinnweißen Metallglanz an, und in einem Achatmörser gerieben, läßt es sich etwas zusammendrücken und bildet dann größere, metallglänzende Flitter, oder auf den Achat festgestrichene, metallische Streifen. Es besitzt also völlige Metallität und ist in dieser Hinsicht dem Kiesel (Silicium) nicht analog.“

Schmelzen konnte Wöhler das erhaltene Pulver nicht. Er erkennt die Beständigkeit des Metalls gegen Wasser, untersucht sein Verhalten gegen Säuren und beschreibt die leichte Löslichkeit des Aluminiums in Alkalilaugen unter Wasserstoffentwicklung, sowie seine Vereinigung mit Sauerstoff zu Aluminiumoxyd. (156) „Erhitzt man das Aluminium bis zum Glühen an der Luft, so fängt es Feuer und verbrennt mit großem Glanze zu weißer, ziemlich harter Thonerde. Streut man das pulverförmige Aluminium in eine Lichtflamme, so bildet jedes Stäubchen einen sprühenden Funken, eben so glänzend, wie von Eisen, das in Sauerstoffgas verbrennt. In reinem Sauerstoffgas verbrennt es mit einem Glanze, den das Auge kaum ertragen kann, und mit einer so starken Wärmeentwicklung, daß die dabei entstehende Thonerde wenigstens theilweise schmilzt.“

Diese geschmolzene Tonerde ist so hart wie Korund und schneidet Glas. Wöhler beschreibt die Umwandlung des Aluminiums

durch Chlor in Aluminiumchlorid, durch Schwefeldampf in Aluminiumsulfid, sowie seine Vereinigung mit Phosphor, Arsen, Selen und Tellur.

Auf Grund dieser Angaben kann kein Zweifel bestehen, daß Wöhler das Radikal der „Thonerde“ — das Aluminium — isoliert hatte. Seither galt Wöhler als der Entdecker des Aluminiums.

In den letzten Jahren ist aber eine Meinungsverschiedenheit entstanden, ob Oersted oder Wöhler die Erstentdeckung des Aluminiums zukomme<sup>12)</sup>. 1921 beschäftigte sich J. Fogh auf Veranlassung von Niels Bjerrum mit der Nachprüfung von Oersteds Methode mit dem Erfolg, daß er tatsächlich bis zu 99%iges Aluminium erhielt, aber nur bei Anwendung eines großen Überschusses an Aluminiumchlorid und von verdünntem Kaliumamalgam, also von überschüssigem Quecksilber. Unabhängig von diesen Versuchen kam in Deutschland 1925 Toussaint, der sich im Auftrage von Karl Goldschmidt mit derselben Aufgabe befaßte, zu gleichem Ergebnis. Danach ist es wohl möglich, daß Oersted tatsächlich Aluminium erhalten hatte, er machte aber über die Mengenverhältnisse der Reagentien keinerlei Angaben, und da er selbst nie wieder auf das Aluminium zurück kam und auch Wöhler gegenüber, mit dem er in freundschaftlichem Briefverkehr blieb<sup>13)</sup>, keinerlei Prioritätsansprüche geltend machte, so ist anzunehmen, daß er selbst seine Versuchsbedingungen nicht reproduzieren konnte, weshalb er wohl auch Wöhler aufforderte, seinerseits die Versuche zur Isolierung des Aluminiums aufzunehmen. Wöhler hat dagegen eine leicht reproduzierbare Methode angegeben und die Eigenschaften des Metalles eingehend beschrieben. So haben auch die Zeitgenossen Wöhler als den Entdecker des Aluminiums betrachtet<sup>14)</sup> und es liegt für unsere Zeit keine Veranlassung vor, ihm die Entdeckung des Aluminiums streitig zu machen!

In den nächsten Jahren beschäftigte sich Wöhler nicht mit Aluminium, erst 9 Jahre später (1836) veröffentlichte er ein verein-

12) J. Fogh, C. 1923. III. 965. — C. Matignon u. C. Faurholt, *Chimie et Industrie* 13, 9 (1925), *Science Moderne* 2, 249 (1925), C. 1925. I. 2053. — Matignon, *Chimie et Industrie* 14, 368 (1925), C. 1926. I. 293. — Niels Bjerrum, *Z. f. angewandte Chemie* 39, 316 u. 375 (1926), C. 1926. I. 2645. — Karl Goldschmidt, *Z. f. angewandte Chemie* 38, 1057 (1925), C. 1926. I. 805 — 39, 375 (1926), C. 1926. I. 2869, *Chimie et Industrie* 15, 702 (1926), C. 1926. II. 521. — M. Tosterud u. J. D. Edwards, *Trans. Amer. electrochem. Soc.* 51; C. 1927. II. 1.

13) Vgl. Briefwechsel Liebig-Wöhler I, 271 (22. II. 1846).

14) Vgl. z. B. J. J. Berzelius, *Lehrbuch der Chemie*, 4. Aufl. 1835; II, 371: „Nach vielen mißglückten oder nur unvollständig gelungenen Versuchen, theils von Davy, theils von mir und von Oersted, gelang es endlich Wöhler, dieses Metall isoliert darzustellen.“ — C. Hauch, *H. C. Oersteds Leben* (1853), 106: „Oersted suchte schon die Grundstoffe selbst von diesen Verbindungen auszuscheiden, und wählte dazu das Mittel, welches später mit so vielem Glück benutzt worden ist, nämlich Kalium. Aber damals (1824) war dies Metall, wenigstens bei uns, sehr schwer zu erhalten, und er wandte deshalb Kalium-Amalgam an, welches ihm nur sehr unbefriedigende Resultate gab.“ Vgl. Anm. 7.

fachtes Darstellungsverfahren<sup>15)</sup>, das 1845 verbessert wurde und die Gewinnung des Metalles in größerer Menge und kompakterer Form ermöglichte<sup>16)</sup>. Eine zufällige Beobachtung gab hierzu Veranlassung. Wöhler<sup>17)</sup> schreibt am 9. Februar 1845 an Berzelius: „Ich habe neulich, um es meinen Practicanten zu zeigen, Aluminium aus  $\text{AlCl}_3$  reduziert und habe dabei gefunden — was mir bei meinen früheren Versuchen entgangen war — daß das Aluminium ganz leicht schmelzbar ist. Das graue Metallpulver besteht in der That aus lauter kleinen geschmolzenen Kügelchen, nicht selten mit bloßen Augen sichtbar und zuweilen von der Größe kleiner Stecknadelköpfe . . . Das Aluminium läßt sich schon in der Löthrohrflamme schmelzen . . . Ich will diese Versuche noch etwas weiter verfolgen, vor Allem aber darauf losgehen, eine bessere Reduktionsmethode zu erfinden, wodurch man mehr erhält. Denn bei dem bisherigen Verfahren ist die Feuererscheinung im Reduktionsmoment so stark, daß man nur mit kleinen Mengen auf einmal operiren kann.“ Die von Wöhler<sup>18)</sup> angegebene neue Methode besteht im Prinzip darin, daß die Dämpfe von Aluminiumchlorid und Kalium (oder Natrium) zur Reaktion gebracht werden. Wöhler teilt mit, daß er so zwei Kügelchen im Gesamtgewicht von 32 mg erhalten habe, während das Gesamtgewicht dreier anderer Kügelchen 34 mg betrug. Die Dichte des Aluminiums bestimmte er an diesem Material zu 2,50—2,67, nach unseren heutigen Bestimmungen beträgt sie 2,64—2,70.

Wir beschließen die historische Betrachtung der Entdeckung des Aluminiums mit dem Jahre 1854, in dem unabhängig voneinander Robert Wilhelm Bunsen<sup>19)</sup> in Heidelberg und Henry Sainte-Claire Deville<sup>20)</sup> in Paris bekanntgaben, daß es ihnen gelungen war, durch Schmelzflußelektrolyse einer Doppelverbindung von Aluminiumchlorid mit Natriumchlorid metallisches Aluminium zu gewinnen.

Hiermit sind die beiden Wege zur technischen Gewinnung des Aluminiums vorgezeichnet!

## Entwicklung der technischen Gewinnung des Aluminiums.

Die Entwicklung der technischen Aluminiumgewinnung zerfällt in zwei Abschnitte, die sich zeitlich ablösen und nach den angewandten Verfahren als „Chemische Reduktionsperiode“ und als „Elektrochemische Reduktionsperiode“ charakterisiert werden können.

15) Annalen d. Chemie u. Pharmazie **17**, 47 (1836).

16) Annalen d. Chemie u. Pharmazie **53**, 422 (1845).

17) Briefwechsel Berzelius-Wöhler, II, 523—525.

18) Ann. d. Chemie u. Pharm. **53**, 422 (1845). Vgl. auch Briefwechsel Liebig-Wöhler I, 251 (24. I. 1845) — 253 (15. II. 1845) — 255 (14. III. 1845).

19) Bunsen, Poggendorffs Ann. d. Physik u. Chemie **92**, 648 (1854). 9. Juli 1854.

20) Deville, Comptes rendues de l'Académie des Sciences **39**, 325 (1854). 14. August 1854. Vgl. dazu l. c. **39**, 535, 771, 901 (1854),

## Chemische Methode der Aluminiumgewinnung.

Im Jahre 1854 studierte H. Sainte-Claire Deville<sup>21)</sup> in seinem Laboratorium der Ecole normale in Paris das Wöhler'sche Verfahren der Aluminiumgewinnung, und es gelang ihm, durch einige Verbesserungen der Methode das Metall in größeren Kügelchen zu erhalten<sup>22)</sup>. Deville erkannte die technische Bedeutung des Prozesses und ging sofort mit großer Energie an die Verwirklichung der Darstellung in größerem Maßstabe. Hierbei konnte er sich der Unterstützung der Akademie der Wissenschaften und des Kaisers Napoleon III. erfreuen, der zu Beginn des Jahres 1855 anordnete, daß in der chemischen Fabrik zu Javelle bei Paris Versuche zur Darstellung des Aluminiums in größerem Maßstabe auf seine Kosten durchgeführt wurden<sup>23)</sup>. Deville's erste Erfolge wurden in Frankreich mit großem Enthusiasmus aufgenommen, und es schien zunächst so, als sollte Wöhler die Ehre der Erstentdeckung verloren gehen<sup>24)</sup>. Liebig's Aufforderung<sup>25)</sup>, sich zu diesen Umtrieben zu äußern, lehnt Wöhler<sup>26)</sup> ab, „diese Reklamationen sind doch immer mehr oder weniger kleinlich, auch könnte man nichts sagen, ohne diese empfindlichen Franzosen zu verletzen. Traurig ist es bei dieser Gelegenheit, wieder zu sehen, daß die Deutschen nur auf das, was aus dem Auslande kommt, Werth legen. In allen Zeitungen war die wichtige Entdeckung ausposaunt.“ Aber ein Jahr später — Mai 1855 — kann er Liebig berichten<sup>27)</sup>: „Die Franzosen haben mir nun in Betreff des Aluminiums volle Gerechtigkeit widerfahren lassen, nachdem sie freilich alle Versuche gemacht hatten, die Ehre der Entdeckung den Franzosen zuzuwenden; besonders nobel und klug hat sich Dumas gezeigt, der den Kaiser bewogen hat, Deville und mir das Offizierkreuz der Ehrenlegion zu verleihen. Mit Deville stehe ich im freundschaftlichsten Verkehr, dessen Verdienste um die Darstellung des Aluminiums im großen Niemand mehr anerkennen kann als ich“<sup>28)</sup>. Von Deville wurde Wöhler eine Medaille aus-

Ann. d. Chemie u. Pharm. 92, 252 (1854), Annales de chimie et de physique [3] 43, 33 (1855).

21) Henry Sainte-Claire Deville, geb. 11. III. 1818 auf St. Thomas (Antillen), 1845—1851 Dozent an der Fakultät Besançon, ab 1851 Prof. der Chemie an der Ecole normale und der Sorbonne (1867) in Paris. Gest. 1. VII. 1881 in Boulogne. — Jules Gay, Henri Sainte-Claire Deville. Sa vie et ses travaux. Paris, Gauthier-Villars et Fils 1889.

22) Compt. rend. 38, 279 (1854).

23) 30 000 Frcs. wurden hierfür verbraucht.

24) Vgl. Compt. rend. 38, 359, 555, 557 (1854).

25) Briefwechsel Liebig-Wöhler II, 14 (15. V. 1854).

26) Briefwechsel Liebig-Wöhler, II, 15 (19. V. 1854). Später sah er sich doch dazu veranlaßt, vgl. Briefwechsel II, 24 (4. I. 1855).

27) Briefwechsel Liebig-Wöhler, II, 25 (Mai 1855).

28) Deville selbst war an den Umtrieben gegen Wöhler nicht beteiligt. Die Forscher blieben bis zu ihrem Lebensende in freundschaftlichem Verhältnis, das besonders während des Krieges 70/71 zum Ausdruck kam, und haben mehrere gemeinsame Arbeiten durchgeführt. Vgl. Briefwechsel Liebig-Wöhler II, 28, 38, 39, 54, 58, 233, 303, 304, 305, 307, 308. Liebig schreibt z. B. an Wöhler (26. IV.



Aluminium überreicht, die auf der einen Seite den Kopf von Napoleon III., auf der anderen den Namen Wöhler und die Jahreszahl 1827 trug. In seinem Bericht über diese Schenkung<sup>29)</sup> sagt Wöhler: „Wiewohl ich von meinen eigenen früheren Versuchen kleine Kugeln und über einen halben Zoll lange ausgehämmerne Blättchen von Aluminium besaß und seine Geschmeidigkeit und seine Unveränderlichkeit an der Luft kannte, so gestehe ich, war mir der Anblick einer so großen Masse von diesem Metall . . . in hohem Grade überraschend.“ Als Liebig<sup>30)</sup> von der Überreichung der Medaille hörte, ließ er sie sich nach München kommen, um sie dem König Max und seinen Zuhörern zu zeigen. Wir führen dies an, um einen Begriff zu geben, welchen Eindruck das Aluminium bei seinem ersten Erscheinen machte. So ist es nicht erstaunlich, daß sich an „Devilles Silber aus Lehm“, das auf der Pariser Weltausstellung 1855 unter den Erzeugnissen der Porzellanmanufaktur zu Sèvres nebst seinen Ausgangsmaterialien ausgestellt war, überschwengliche Erwartungen knüpften. Die fachliche Kritik war dagegen weniger optimistisch, wie eine Bemerkung in Wagners Jahresberichten 1856 beweist: „Die Pariser Weltausstellung war berufen, dem Märchen vom Silber aus Lehm ein Ende zu bereiten. Hier mußte das Aluminium öffentlich sich zeigen, und es war leicht zu erkennen, daß bei weitem der größte Teil von dem, was man von ihm gehört hatte, auf Rechnung der Leichtgläubigkeit der großen Massen zu setzen sei. Statt der erwarteten Berge von Aluminium fand man nur zwölf kleine Barren, die vielleicht im ganzen 1 kg wogen, wenig genug für eine Entdeckung, welche die Welt aus den Angeln zu heben bestimmt schien.“ Der Herstellungspreis für 1 kg belief sich auf etwa 2400 Mark<sup>31)</sup>.

Im Jahre 1856 gründete Deville<sup>32)</sup>, unterstützt durch seine Schüler Morin und Debray, in der Fabrik der Gebr. Rousseau in La Glacière die erste Aluminiumfabrik der Welt. Wegen Belästigung der Nachbarschaft durch Dämpfe mußte diese inmitten von Häusern und Gärten gelegene Fabrik bald ihre Fabrikation einstellen und wurde nach Nanterre bei Paris verlegt.

Das Fabrikationsverfahren war gegeben durch Wöhlers Methode: Reduktion von Aluminiumchlorid durch Alkalimetalle. Da, wie aus nachstehenden Gleichungen hervorgeht, für die Gewinnung von 27 g Aluminium 117 g Kalium, dagegen nur 69 g Natrium erforderlich sind, verwandte Deville von vornherein das Natrium. Ferner ist ersichtlich, daß der Preis des gewonnenen Aluminiums im wesent-

---

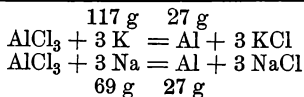
1867): „Der Verkehr mit meinen alten Freunden in der Akademie war mir sehr erfreulich; unter ihnen steht Deville durch seine Liebenswürdigkeit und sein offenes, ehrliches Wesen oben an.“

29) Ann. d. Chem. u. Pharm. **17**, 365 (1855).

30) Briefwechsel Liebig-Wöhler, II, 26 (23. VII. 1855).

31) Dumas, Compt. rend. **40**, 1296 (1855).

32) Berichte Devilles über seine Versuche und Fabrikationsverfahren: Compt. rend. **39**, 321 (1854), **41**, 1053 (1855), Annales de Chimie et de Physique [3] **43**, 5—33 (1855), **46**, 415—458 (1856). „De l'aluminium, ses propriétés, sa fabrication et ses applications“ (Mallet-Bachelier, Paris 1859), 176 S. — Ferner: E. d. Uhlenthuth, Die Darstellung des Aluminiums, Kaliums, Natriums, Magnesiums, Baryums, Strontiums und Calciums und der Metalloide Bor und Silicium (G. Basse, Quedlinburg 1858), 66 S. u. 21 Abb.



lichen abhängig ist von dem Preise des Natriums. Dieses war noch kostbarer als Kalium und kostete 1852 pro kg 1600 Mark. Sollte an eine industrielle Erzeugung von Aluminium gedacht werden, so mußte zunächst der Preis des Natriums wesentlich verbilligt werden. Diese Aufgabe wurde von Deville sofort in Angriff genommen und mit zäher Energie verfolgt. So gelang es ihm, in kurzer Zeit das Kilo Natrium für 8 Mark ( $\frac{1}{200}$  des ursprünglichen Preises!) und später für 6 Mark darzustellen. Damit konnte technisch gearbeitet werden. So konnte Dumas im Oktober 1856 der Akademie der Wissenschaften in Paris einige Kilogramm Aluminium vorlegen, dessen Kilopreis 300 Mark betrug<sup>33)</sup>. Im folgenden Jahre konnte das Kilo bereits für 240 Mark erhalten werden. Im Verlauf von drei Jahren war der Preis also auf den zehnten Teil ermäßigt worden. Damit war zunächst aber ein gewisser Abschluß erreicht. Im Jahre 1859 wurden von Deville 1680 kg Aluminium erzeugt. 1861 erfolgte die Verlegung der Fabrikation nach Salindres bei Alais (Gard.). Anstatt des hygroskopischen und leichtflüchtigen Aluminiumchlorids wurde dessen Doppelsalz mit Natriumchlorid  $[\text{AlCl}_6]\text{Na}_3$  verwendet. Als Ausgangsmaterial diente der natürliche Bauxit<sup>34)</sup>, dessen Vorkommen in der Nähe von Beau x (Südfrankreich) im Jahre 1821 von Berthier entdeckt worden war. Als Flußmittel wurde zudem Kryolith  $[\text{AlF}_6]\text{Na}_3$  zugesetzt. So konnte eine weitere Preissenkung auf 140 Mark für das Kilogramm Aluminium erreicht werden (1865).

In den Jahren 1859 und 1860 wurde erstmals der Versuch unternommen, außerhalb Frankreichs die Aluminiumgewinnung einzuführen; zwei englische Firmen unternahmen den Versuch, jedoch ohne besonderen Erfolg, sodaß die Betriebe 1874 wieder geschlossen wurden.

Damit kehrte das Monopol der Aluminiumfabrikation wieder nach Frankreich zurück. Lange Zeit blieb die Fabrik in Salindres die einzige bedeutende Produktionsstätte der Welt für Aluminium. Anlässlich der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 gibt A. Wurtz<sup>35)</sup> eine Beschreibung des dortigen Fabrikationsverfahrens. Wir entnehmen dieser, daß im Jahre 1872 in der Fabrik zu Salindres 1800 kg Aluminium dargestellt wurden. Auf 100 kg Natrium-Aluminiumchlorid und 40 kg Kryolith als Flußmittel wurden 35 kg Natrium verwendet. Die Kosten für 1 kg stellten sich für Natrium-Aluminiumchlorid auf 2,48 Frcs., für Natrium auf 11,32 Frcs. und für Aluminium auf 69,25 Frcs., einschließlich der Unterhaltungskosten, die beim Natrium mit 48,3% der Gesamtunkosten sehr ins Gewicht fallen. Für allgemeine Unkosten erhöhten sich die Preise jeweils um 10%, sodaß sich der Preis des Kilogramms Aluminium auf ungefähr 80 Frcs. stellte. Verkauft wurde Aluminium zum Kilopreis von 100 Frcs.

33) Ann. d. Chem. u. Pharm. **100**, 347 (1856).

34) Compt. rend. **60**, 1330 (1865).

35) A. W. Hofmann, Bericht über die Entwicklung der chemischen Industrie während des letzten Jahrzehends, I, 657—659 (Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1875).

Im Jahre 1881 starb Deville. Bis dahin hatte Frankreich etwa 27 000 kg Aluminium erzeugt, und der Preis des Metalles war auf etwa den 30. Teil des ursprünglichen gesunken. Im folgenden Jahre (1882) starb auch Wöhler. Damit waren die beiden Pioniere der Aluminiumgewinnung von der Weltbühne abgetreten!

Vom Jahre 1882 ab entstehen nun auch in anderen Ländern Aluminiumfabriken, die mit Verbesserungen der chemischen Reduktionsmethode hervortreten. Zunächst in England (1882), dann in Amerika (1883) und in Deutschland (1885). In den Jahren 1885—1888 wurde in Deutschland etwa die Hälfte der Weltproduktion erzeugt. Im Jahre 1887 nahm die englische „Aluminium Crown Company“ einen besonderen Aufschwung, indem nach dem Verfahren von Castner und Netto (1886) der Gestehungspreis des Natriums auf 1,60 Mark pro Kilo herabgesetzt werden konnte. Dementsprechend fiel der Aluminiumpreis 1888 auf etwa 48 und 1889 auf 38 Mark. Das Verfahren konnte sich aber in der Folgezeit nicht mehr auswirken. Der erste Abschnitt der technischen Aluminiumgewinnung ging seinem Ende zu. Durch zielbewußte Verbesserung der ursprünglichen Wöhler'schen Methode war der Preis des Aluminiums in 35 Jahren (1854—1889) von 2400 auf 38 Mark, d. h. auf den 60. Teil, gesunken. Die Gesamt-erzeugung während dieser Periode betrug etwa 200 000 kg.

Die großen Erwartungen, mit denen das Aluminium bei seinem Erscheinen begrüßt wurde, hatten sich aber im Verlaufe dieser Zeit nicht erfüllt<sup>36</sup>). Die Anwendung des Metalles war in starkem Abnehmen begriffen, was besonders auf den Pariser und Wiener Weltausstellungen (1868 und 1873) im Vergleich mit der Londoner Weltausstellung von 1862 zum Ausdruck kam. Diente das Aluminium anfangs vor allem zu Schmucksachen und Luxusartikeln<sup>37</sup>), so waren Bijouterien aus Aluminium in den siebziger Jahren kaum mehr zu sehen. Eine kunstvoll ziselierte Kinderklapper für den 1856 geborenen Sohn Lullu des Kaisers Napoleon war das erste Stück dieser Art. Wegen seiner Leichtigkeit diente das Metall für Operngläser, optische und physikalische Instrumente. Das große Interesse von Napoleon III. für das Aluminium führte dazu, daß militärische Ausrüstungsgegenstände daraus angefertigt wurden (Säbelscheiden, Degengriffe); die Adler der französischen Fahnen waren um mehr als 2 kg leichter geworden, seit sie aus Aluminium gefertigt wurden. Wöhler<sup>38</sup>) berichtet an Liebig am 7. April 1873: „Auf meine Anfrage schreibt mir Lepsius, daß die Adler auf den eroberten französischen Fahnen wirklich aus vergoldetem Aluminium bestehen — ein Metall, das 1827 zuerst in Berlin dargestellt worden ist. Sic eunt fata.“ Während das Interesse an reinem Aluminium stark nachgelassen hatte, erfreuten sich dagegen die Legierungen des Aluminiums, besonders die Aluminiumbronze, wegen ihrer ausgezeichneten Eigenschaften gesteigerter Nachfrage.

36) A. W. Hofmann, Bericht über die Entwicklung der chemischen Industrie während des letzten Jahrzehnds (1875) I, 608 (R. Biedermann).

37) 1861 wurde auch eine Thénard-Medaille in Aluminium gegossen, Briefwechsel Liebig-Wöhler, II, 107; vgl. auch Compt. rend. 40, 838 (1855).

38) Briefwechsel Liebig-Wöhler, II, 362 (7. IV. 1873). Es sind dies die letzten Worte, die Wöhler seinem Freunde Liebig (gest. 18. IV. 1873) schrieb.

## Elektrochemische Methode der Aluminiumgewinnung.

Seit den erfolgreichen Laboratoriumsversuchen von Bunsen und Deville im Jahre 1854, das Aluminium durch Schmelzflußelektrolyse von Natrium-Aluminiumchlorid zu gewinnen, denen 1856 die Darstellung des Metalles durch Elektrolyse geschmolzenen Kryoliths folgte, wurde die elektrochemische Methode der Aluminiumgewinnung nicht mehr aus den Augen verloren. Aber alle in der Folgezeit angemeldeten Patente blieben praktisch unbrauchbar, da der Strom galvanischer Batterien, der einzig verfügbaren Quelle elektrischer Energie, für technische Zwecke viel zu teuer war. Die Sachlage änderte sich, als im Jahre 1867 durch Werner von Siemens<sup>39)</sup> die Gleichstromdynamomaschine erfunden wurde. Aber erst das Jahr 1887 brachte die Einführung der elektrochemischen Methode in die Technik. Bei der Aktualität des Problems ist es nicht verwunderlich, daß die Durchführung fast gleichzeitig und unabhängig von verschiedener Seite erfolgte. In Europa ging der Anstoß wieder von Frankreich aus, von dem 23jährigen Ingenieur Paul Toussaint Héroult<sup>40)</sup>; in Amerika von dem gleichaltrigen Metallurgen Charles M. Hall<sup>41)</sup>. Wenige Jahre nach Einführung des elektrolytischen Prozesses war die chemische Reduktionsmethode vollkommen verdrängt; 1888 verschwand die bedeutende deutsche Aluminiumerzeugung, 1893 wurde das Verfahren der Aluminium Crown Company eingestellt.

Héroult schützte sich in mehreren Patenten (1886/87) ein „Verfahren der Herstellung von Aluminiumlegierungen durch die erhitze und elektrolytische Wirkung eines elektrischen Stromes auf das Oxyd des Aluminiums und das Metall, mit welchem Aluminium legiert werden soll“. Neu an dem Verfahren ist die Verwendung von Aluminiumoxyd als Elektrolyt und dessen Einschmelzung unmittelbar durch den elektrischen Strom ohne Außenheizung. Der Héroult'sche Ofen war dem elektrischen Schmelzofen von W. v. Siemens (1880) nachgebildet. Zu Anfang der Operation wird Kupfer in den Ofen gebracht, dieses im elektrischen Lichtbogen eingeschmolzen und darauf zu dem als Kathode dienenden geschmolzenen Kupfer Aluminiumoxyd zugesetzt; als Anode wird Kohle verwendet. An eine Reindarstellung von Aluminium wurde zunächst nicht gedacht. Héroult wurde unmittelbar nach Bekanntwerden seiner Patente von der Schweizerischen Metallurgischen Gesellschaft engagiert, die vom 30. Juli 1888 an in Lauffen bei Schaffhausen am Rheinfall nach seinem Verfahren Aluminiumbronze herstellte. Bereits nach einem Jahr wurde die Fabrikation jedoch wieder eingestellt, da kein gleichmäßig zusammengesetztes Produkt erzielt werden konnte. Aluminium selbst ließ sich nicht gewinnen, was erklärlich ist, da der Schmelzpunkt des Aluminiumoxyds (2080°) über dem Siedepunkt des Metalls (etwa 1800°) liegt. Die Darstellung von Aluminium wurde erst möglich durch das Eingreifen von Martin Kiliani<sup>42)</sup>, dem im Laborato-

39) 1816—1892.

40) Geb. 10. IV. 1863 in Thury-Harcourt (Normandie), gest. 9. V. 1914.

41) Geb. 6. I. 1863 in Ohio (U. S. A.), gest. 27. XII. 1914.

42) Geb. 22. IV. 1858 in Würzburg, gest. 21. I. 1895. Über sein Leben vgl. den Nachruf von F. Regelsberger, Z. f. Elektrochemie 1, 525 (1895).

rium der Deutschen Edison-Gesellschaft in Berlin, der späteren A.E.G., die elektrolytische Abscheidung des Aluminiums aus einer Lösung des Oxyds in geschmolzenem Kryolith (Schmelzpunkt  $930^{\circ}$ ) gelungen war. Emil Rathenau, auf dessen Veranlassung die Versuche Kilianis ausgeführt worden waren, gründete mit den die Schweizerische Metallurgische Gesellschaft bildenden Schweizer Industriellen Ende 1888 die Aluminium-Industrie A.-G. Neuhausen. Die Einrichtung der Aluminiumfabrikation übernahm Kiliani. Héroult schied nach Abtretung seiner Patentrechte an die neue Gesellschaft aus und richtete das Kilianische Verfahren zunächst bei der Société Electrométallurgique Française in Froges (Savoyen) ein. Kiliani arbeitete von Anfang an mit einer feuerflüssigen Lösung von Aluminiumoxyd in Kryolith und führte die Elektrolyse in dem Héroultschen Ofen durch; als wesentlich erkannte er eine möglichst niedrige Temperaturhaltung während der Elektrolyse. 1890 konnte die Gesellschaft bereits 40,5 t Aluminium herausbringen; die Produktion stieg in den nächsten Jahren schnell — 1891 : 168,7 t; 1892 : 237,4 t; 1893 : 437,5 t; 1894 : 600 t — und erreichte im Todesjahre Kilianis (1895) 650 t. Dementsprechend fiel der Preis des Aluminiums rapid, von 38 M. pro Kilo im Jahre 1889, auf 27,60 M. im Juli, 15,20 M. im September 1890, 12 M. im Februar, 8 M. im Juli und 5 M. im November 1891. 1895 betrug der Preis 3 M., war also in den sechs Jahren seit Beginn der elektrolytischen Reduktion auf  $\frac{1}{13}$  des Endpreises der vorangehenden Periode gefallen und damit nicht weit von dem heutigen Aluminiumpreise entfernt!

In Amerika ging die Entwicklung einen anderen Weg. Wenige Wochen vor Héroult meldete Hall (1886) in den Vereinigten Staaten ein Verfahren an, Aluminium durch Schmelzflußelektrolyse einer Lösung des Oxyds in Kryolith und Aluminiumfluorid zu gewinnen; im Gegensatz zu dem Verfahren Héroults sollte die Schmelzung aber durch Außenheizung erfolgen. Deshalb führten die praktischen Versuche, die 1887/88 in der Aluminiumfabrik der Gebr. Cowles in Lockport unternommen wurden, zu keinem Erfolg. Trotzdem gründete Hall mit amerikanischen Kapitalisten (1 Million Aktienkapital) die Pittsburgh Reduction Company in Kensington bei Pittsburg (Pennsylvanien) oder, wie sie heute genannt wird, die Aluminium Company of America. In diesem Werk wurde die Schmelze sofort durch den elektrischen Strom selbst nach dem Héroultschen Prinzip erzeugt. Es wäre für die Geschichte der Aluminiumindustrie interessant, zu ermitteln, ob ein Erfahrungsaustausch beider Erfinder stattgefunden hat, wofür spricht, daß Héroult im Jahre 1888 in Amerika war, und zwischen den Firmen der beiden Erfinder niemals Patentprozesse angestrengt wurden.

Die Geschichte der Aluminiumindustrie weist eine eigenartige Erfindertragik auf! Bereits 3 Jahre vor Hall und Héroult hatte in den Vereinigten Staaten Chr. S. Bradley (1883) ein Patent angemeldet, das ein Schmelzen des Aluminiumoxyds durch den Strom selbst vorsieht und zudem einen Ofen aus Fremdmaterial vermeidet, indem die Elektrolyse in einem ausgehöhlten Haufen des Erzes selbst vorgenommen wird. Also dasselbe Schmelzprinzip wie bei Héroult, aber wie bei diesem sind keine Lösungsmittel für das Aluminiumoxyd vorgesehen. Unerklärlicherweise wurde dieses Patent erst 1891 erteilt, acht Jahre nach seiner Anmeldung, sodaß Héroult, der sein Patent 5 Jahre früher erhielt, den geschichtlichen Ruhm und

den Gewinn davontrug. Bradley trat seine Patentrechte an die Electric Smelting & Aluminium Company, die aus der Fabrik der Gebr. Cowles hervorgegangen war, ab. Die Folge war ein 13jähriger heftiger Patentprozeß zwischen dieser Gesellschaft und der Aluminum Company of America, die, da sie nach demselben Schmelzprinzip arbeitete, die Patentansprüche Bradleys verletzte. Der Prozeß endete mit einem Vergleich, indem die Aluminium Company der Electric Smelting & Aluminium Company einen Schadenersatz leistete, aber zugleich das Recht der Weiterbenutzung des Verfahrens bis zum Jahre 1909, mit dem der Patentanspruch Bradleys erlosch, erwirkte. Da die Patente Halls bereits 1906 abliefen, sicherte sie sich dadurch eine weitere Vorrangstellung um 3 Jahre.

Hiermit beschließen wir unsere Wanderung durch die Periode der elektrochemischen Aluminiumgewinnung. Durch die Erfindungen von Bradley, Héroult, Hall, Kiliiani, denen sich noch A. Minet zugesellt, wurde die moderne Aluminiumindustrie begründet. Bis heute ist das Verfahren im Prinzip dasselbe geblieben. Da Kiliiani zuerst den praktischen Weg zur elektrolytischen Gewinnung von Reinaluminium gezeigt und als erster in größerem Maßstab Aluminium hergestellt hat, so ist er in erster Linie als der Begründer der modernen Aluminiumindustrie zu bezeichnen<sup>43)</sup>.

Im Jahre 1908 betrug die Weltproduktion an Aluminium 18 600 t im Werte von 33 Millionen Mark. Der Kilopreis stellte sich auf 1,75 M. An der Spitze der Erzeugung standen die Vereinigten Staaten, danach folgten Frankreich, die Schweiz, England und Italien. Deutschland besaß — abgesehen von der Beteiligung an Neuhausen — keine heimische Aluminiumindustrie. Diese beispiellose Entwicklung war dem Erfindungsgeist und der Initiative nur weniger Männer zu verdanken!

## Entwicklung der Aluminiumindustrie zur Weltindustrie.

Nach dem Ablauf der Bradley-Patente setzte vom Jahre 1909 an eine beispiellose Entwicklung der Aluminiumgewinnung zur Weltindustrie ein. In dieser Periode befinden wir uns heute noch. Charakterisiert wird diese Entwicklungsphase durch den Erwerb und Ausbau von Wasserkraften, die Erschließung von Bauxitlagern und die Errichtung von Aluminiumproduktionsstätten in den verschiedensten Ländern, und bezeichnend für diese Periode ist, daß das nationale Kapital nach Neugründungen außerhalb der politischen Landesgrenzen drängt. Das ist die Entwicklung der Aluminiumindustrie zur Weltindustrie! So stieg die Weltproduktion, die 1908 18 600 t betragen hatte, bereits 1909 auf 31 200 t und hatte sich im Jahre 1913, im Verlauf von 5 Jahren, mit 63 200 t mehr als verdreifacht. Einen stürmischen Anstieg der Produktion brachte der Weltkrieg; das Maximum wurde im Jahre 1918 mit 134 900 t, der mehr als siebenfachen Produktion von 1908, erreicht. Die Kriegsfolgejahre brachten zunächst einen schroffen Abfall; die Produktion fiel 1921 auf fast die Hälfte. Heute ist die Depression überwunden und die Maximalerzeugung der Kriegsjahre bereits überholt. Im Jahre 1926 wurden 200 000 t Aluminium gewonnen.

Der Weltkrieg brachte auch Deutschland die heimische Aluminiumindustrie!

43) Vgl. dazu F. Regelsberger, Zur Geschichte der Aluminiumherstellung, Z. f. angewandte Chemie 38, 367 (1925).

## Die deutsche Aluminiumindustrie<sup>44)</sup>.

Vor dem Weltkriege besaß Deutschland bereits eine bedeutende Industrie zur Gewinnung reiner Tonerde aus eingeführtem Bauxit, sowie eine weitverzweigte Industrie zur Herstellung von Aluminiumfertigfabrikaten. Das Metall selbst wurde nur in einer kleinen, der Aluminium-Industrie A.-G. Neuhausen (Schweiz) gehörigen Fabrik in Rheinfelden mit einem Jahreserzeugnis von etwa 800 t gewonnen. Als im Mai 1915 auf Veranlassung von Walther Rathenau eine Bestandsaufnahme der Metallreserven erfolgte, ergab sich ein Vorrat von nur etwa 4000 t Aluminium. Im Juni 1915 wurden daher von der Kriegsmetall-Aktiengesellschaft die Metallbank u. Metallurgische Gesellschaft und die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron beauftragt, mit größter Beschleunigung drei Werke für eine Jahreserzeugung von insgesamt 6000 t zu errichten. Die Anlagen wurden in Rummelsburg bei Berlin, in Horrem bei Köln und in Bitterfeld errichtet. Das erste Werk kam bereits im Dezember 1915 in Betrieb, das zweite folgte im Januar 1916, Bitterfeld im April 1916. Die Werke Rummelsburg und Horrem erhielten die elektrische Energie aus bereits bestehenden Kraftwerken, das Werk Bitterfeld wurde an das kürzlich erbaute Kraftwerk der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron angeschlossen. Der Bauxit wurde aus den ungarischen Komitaten Bihar und Klausenberg, sowie aus dem Jadtal, ferner aus Dalmatien und Istrien bezogen. Aber die von diesen Werken erzeugte Aluminiummenge genügte dem rapid zunehmenden Metallbedarf des Krieges nicht, sodaß weitere Großanlagen erforderlich wurden. Als erstes kam im September 1917 das Erftwerk bei Grevenbroich am Niederrhein in Betrieb, das für eine Jahreserzeugung von 12 000 t eingerichtet war. Dieses Werk erhielt zugleich eine Anlage zur Herstellung von Kohlelektroden. Den Strom lieferten die Braunkohlenkraftwerke des Kölner Beckens, nötigenfalls konnte auch das mit Steinkohlen arbeitende Kraftwerk Reisholz bei Düsseldorf zur Stromversorgung herangezogen werden. Im April 1917 wurde mit dem Bau des Lautawerkes bei Hoyerswerda in der Lausitz begonnen, mit 8000 Arbeitern, deren Zahl bald auf 12 000 stieg. Dieses Werk mit einer Leistungsfähigkeit von 10 000 t Aluminium, das mit einer Großanlage zur Herstellung von Tonerde und einem eigenen Kraftwerk auf Braunkohlenbasis ausgerüstet wurde, konnte im Herbst 1918 in Betrieb genommen werden. Während des Krieges wurden in Deutschland an Aluminium erzeugt (in Tonnen):

	1915	1916	1917	1918
Rummelsburg . . . .	29	1 710	3 737	3 214
Horrem . . . . .	—	1 824	2 940	2 484
Bitterfeld . . . . .	—	1 501	3 588	3 754
Erftwerk . . . . .	—	—	10	3 450
Lautawerk . . . . .	—	—	—	201
Insgesamt . . . . .	29	5 035	10 275	13 103

Das Lautawerk war erst kurze Zeit in Betrieb, als der Krieg seinen unglücklichen Abschluß fand und die junge deutsche Aluminiumindustrie vor vollkommen veränderte Verhältnisse stellte. Die

44) Vgl. H. Specketer, Z. f. angewandte Chemie 37, 447 (1924), sowie Metallwirtschaft 6, 503 (1927).

beiden Werke in Rummelsburg und Horrem mußten ihren Strom den früheren Verbrauchern abgeben; sie wurden geschlossen, zumal sie ja reine Kriegsgründungen waren (vgl. die kurze Bauzeit!), und abgerissen. Von den älteren Werken blieb allein das Bitterfelder erhalten. Das Erft- und Lautawerk wurden vereinigt zu der Vereinigte Aluminiumwerke A.-G., die heute eine reine Reichsgesellschaft ist, nachdem 1919 die Gründerfirmen ausschieden. Im Januar 1925 wurde ein neues Aluminiumwerk, das Innwerk, das nach dem Kriege im Anschluß an die Wasserkraftgroßanlage des Innwerkes in Töging (Oberbayern) erbaut wurde, in Betrieb genommen. Dieses Werk, für eine Jahresleistung von 16 000 t eingerichtet, gehört ebenfalls zu der Vereinigte Aluminiumwerke A.-G. Es bestehen also heute in Deutschland vier Aluminiumwerke, von denen drei — das Innwerk, das Lautawerk und das Erftwerk — der Vereinigte Aluminiumwerke A.-G. gehören, während nur das Aluminiumwerk G. m. b. H. Bitterfeld eine Privatgesellschaft ist. Die jährliche Leistungsfähigkeit dieser Werke beträgt 36 500 t Aluminium; hierfür stehen insgesamt 92 000 Kilowatt zur Verfügung.

Im Jahre 1926 erzeugte Deutschland rund 33 000 t Aluminium, das sind über 90% der Maximalleistung. Mit dieser Erzeugung nimmt Deutschland heute den zweiten Platz unter den Produzenten der gesamten Welt ein und den ersten in Europa. Frankreich, das Jahrzehnte hindurch an erster Stelle stand, ist 1926 an die vierte Stelle gerückt, hinter Amerika (U. S. A), Deutschland und Norwegen, und wird mit seiner Produktion von der Schweiz und Kanada nahezu erreicht.

## Verwendung des Aluminiums.

Fragen wir uns, wozu diese große Menge Aluminium verbraucht wird, so müssen wir uns hier auf einige kurze Andeutungen beschränken<sup>45)</sup>. Hoffte man anfangs, das Aluminium als Ersatz von Edelmetallen, vor allem von Silber, einführen zu können, so dient heute die Hauptmenge industriellen Zwecken. Der größte Teil geht in die Walz- und Drahtziehwerke oder dient metallurgischen Zwecken. Wir machen heute vom Aluminium nutzbar: 1. Unedele Eigenschaften, seine bereits von W ö h l e r erkannte Affinität zu Sauerstoff, 2. seine elektrische Leitfähigkeit und seine Wärmeleitfähigkeit, 3. gewisse mechanische Eigenschaften, 4. seine Korrosionsfestigkeit gegen die Atmosphärien und besonders organische Stoffe, 5. seine Leichtigkeit.

1. Wegen seiner Affinität findet Aluminiumpulver Verwendung bei Explosivstoffen und in der Feuerwerkerei. In besonders großem Maßstabe dient es der Metallurgie zur Reinigung der Metallgüsse von gelösten Oxyden. Hierher gehört auch die von Hans Goldschmidt 1894 eingeführte Aluminothermie<sup>46)</sup>, in der wir nach Wilhelm Ostwald<sup>47)</sup> „einen Hochofen und ein Schmiedefeuer in der

45) Ausführliche Angaben: R. Debar, Die Aluminium-Industrie, Fr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1925. — Zeitschrift f. Metallkunde 19, Heft 1 (1927).

46) Karl Goldschmidt, Aluminothermie, S. Hirzel-Leipzig 1925.

47) Z. f. angewandte Chemie 15, 699 (1902).



Westentasche“ besitzen. Die Thermitreaktion ermöglicht sowohl die Gewinnung von Metallen, die nach den üblichen metallurgischen Verfahren nicht frei von Kohlenstoff erhalten werden können, wie die Schweißung hochschmelzender Metalle (Schienenschweißung). Ein Nebenprodukt ist der künstliche Korund.

2. Die elektrische Leitfähigkeit des Aluminiums beträgt 60% der des Kupfers. Bei gleicher Leitfähigkeit beläuft sich das Gewicht einer Aluminiumleitung auf 50% der einer Kupferleitung. Deshalb dienen Aluminiumkabel, die zudem wetterbeständiger sind als Kupferleitungen, zur Fernübertragung hochgespannter elektrischer Energie.

Die Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums ist halb so groß wie die des Kupfers und doppelt so groß wie die von Schmiedeeisen. Die spezifische Wärme ist sehr hoch anderen Gebrauchsmetallen gegenüber, sie übertrifft die des Eisens um das Doppelte, die des Kupfers oder Zinks um etwa das Dreifache. Daher erfordert Aluminium wohl mehr Wärmezufuhr, bleibt aber entsprechend länger heiß. Auf Grund dieser Eigenschaften verwendet man Aluminium zu industriellen und häuslichen Heizvorrichtungen mannigfaltigster Art, wozu bei Kochgeräten seine völlige Ungiftigkeit hinzu kommt.

3. Aluminium besitzt eine große Dehnbarkeit, ist zu feinstem Draht ausziehbar, läßt sich zu dünnsten Blechen hämmern oder walzen. In dieser Eigenschaft steht es unmittelbar hinter Gold<sup>48</sup>). Daher haben Aluminiumfolien in der Verpackungsindustrie Zinnfolien vollkommen verdrängt. Auch für Tuben wird es wegen seiner Dehnbarkeit und seiner Ungiftigkeit verwendet.

4. Die Beständigkeit gegenüber der Atmosphäre verleiht Aluminiumgegenständen ein bleibendes schönes Aussehen. Die Festigkeit gegenüber organischen Stoffen macht das Aluminium geeignet für Apparate für die chemische Großindustrie. Das Gärungsgewerbe, besonders die Bierbrauereien, verwenden z. T. ungeheure Behälter aus Reinaluminium.

5. Die Dichte des gegossenen Aluminiums beträgt 2,64, die des gewalzten 2,68 und die des gezogenen 2,70. Wegen dieser Leichtigkeit anderen Gebrauchsmetallen gegenüber findet Aluminium ein ausgedehntes Anwendungsgebiet für militärische Ausrüstungsgegenstände, Haushaltungs- und Wirtschaftsgegenstände, Bestecke, photographische Apparate, optische Instrumente und vieles andere.

---

Ein großes Gebiet, dessen Entwicklungsfähigkeit noch nicht abzusehen ist, wurde dem Aluminium erschlossen durch gewisse Legierungen, die eine Festigkeit und Dehnung wie weicher Stahl besitzen. Diese Legierungen, deren älteste das von Alfred Wilm 1909 entdeckte Duralumin ist, lassen sich gießen, walzen, pressen, ziehen, schmieden, schweißen, löten und nieten. Durch bestimmte Verfahren lassen sich die Eigenschaften beliebig variieren. Wegen dieser Eigenschaften eignen sich diese Legierungen als Konstruktionsmaterial vor allem dort, wo das Gewicht des Materials eine Rolle spielt. Nachstehend sind die wichtigsten dieser Legierungen mit ihren spezifischen Gewichten zusammengestellt.

---

48) Wöhler, Ann. d. Chem. u. Pharm. **113**, 249 (1860).

Aluminium . . . . .	2,64—2,70
Duralumin . . . . .	2,8
Silumin . . . . .	2,9 —2,95
Lautal . . . . .	2,75
Skleron . . . . .	2,95—3,0
Aeron . . . . .	2,8
Constructal . . . . .	2,76—2,86
Elektron . . . . .	1,8 —1,83
Magnesium . . . . .	1,75

96 Zeppeline wurden aus Duralumin erbaut. Die Metallflugzeuge bestehen aus Aluminiumlegierungen, neuerdings fertigt man auch die Propeller aus diesem Material. Ohne Uebertreibung kann man behaupten, daß ohne die Aluminiumlegierungen der Luftverkehr niemals den heutigen Umfang erreicht hätte.

Im Schiffbau verwendet man die Legierungen für Auf- und Einbauten; Rennboote werden aus ihnen angefertigt. Die Rotoren des Rotorschiffes „Barbara“ wurden aus Lautal gebaut (17 m hoch, 5 m Durchmesser!).

Die Automobilindustrie ist ein bedeutender Abnehmer von Aluminiumlegierungen (Karosserie, Brennstofftanks, Räder, Felgen, Bremsen, Naben, Kolben, Pleuelstangen u. a.). Für den Rahmen von Motorrädern und Rennrädern werden Aluminiumlegierungen verwandt.

Bei Eisenbahnwaggons verwendet man Leichtmetalllegierungen zur Verkleidung, für die Dächer, zur Innenausstattung; neuerdings hat man Versuche unternommen, auch das Baugerippe aus diesem Material zu verfertigen (Berliner Stadt- und Untergrundbahn).

Durch Verwendung von Leichtmetalllegierungen erzielt man bei Verkehrsfahrzeugen 1. eine erhöhte Anfahrbeschleunigung, 2. eine Verkürzung des Bremsweges, 3. eine erhöhte Verkehrsgeschwindigkeit und 4. einen geringeren Kraftverbrauch.

Auch für Hochbauten (Funkurm Königswusterhausen) und im Brückenbau finden Aluminiumlegierungen als Konstruktionsmaterial Verwendung.

## Rückblick und Ausblick.

Schauen wir nochmals zurück, so können wir uns die Entwicklung der Aluminiumindustrie während der 73 Jahre ihres Bestehens am besten vor Augen führen durch Betrachtung folgender Daten:

	Kilopreis	Welterzeugung
1854 Deville . . . . .	2 400.— M.	ca. 1 kg
1889 Ende der chemischen Periode . . . . .	38.— „	71 000 „
1895 6 Jahre elektrischer Gewinnung . . . . .	3.— „	1 427 000 „
1908 Ablauf der Patente . . . . .	1.75 „	18 600 000 „
1911 Tiefster Preisstand . . . . .	1.20 „	46 700 000 „
1913 Letztes Vorkriegsjahr . . . . .	1.50 „	63 200 000 „
1918 Höchsterzeugung der Kriegsjahre . . . . .	2.35 „	134 900 000 „
1921 Krisenjahr . . . . .	1.70 „	74 900 000 „
1926 . . . . .	2.37 „	200 000 000 „

Blicken wir in die Zukunft und fragen wir uns: Was wird das zweite Jahrhundert bringen?, so sieht es zunächst so aus, als wäre das Aluminium das Metall der Zukunft, als gingen wir allgemein einem Leichtmetall-Zeitalter entgegen. Heute wird bereits dem Gewicht nach mehr Aluminium gewonnen als Zinn; unter den Gebrauchsmetallen steht Aluminium an fünfter Stelle nach Eisen, Blei, Kupfer und Zink. Es sind Werke im Bau, die in fünf Jahren eine Produktionssteigerung um etwa 50% erwarten lassen. Aber das Aluminium muß sich als jüngstes Gebrauchsmetall seine Anwendungsgebiete systematisch erobern. Hierzu müssen Forschung und Praxis Hand in Hand arbeiten<sup>49)</sup>, wie es s. Zt. bei der Entwicklung der Industrie der synthetischen Farbstoffe der Fall war. In Erkenntnis dieser Tatsachen haben sich 1926 alle Aluminiumproduzenten Europas zu einem Kartell zusammengeschlossen<sup>50)</sup>.

Um Eisen, Kupfer oder Zink aus ihrer Vormachtstellung zu verdrängen, ist Aluminium heute noch zu teuer. Wenn sein Kilopreis unter 1 Mark herabgesetzt werden könnte, dann wäre Aluminium das Metall unserer Zeit. Daran ist aber nicht zu denken, denn der hohe Gestehungspreis ist durch das teure Gewinnungsverfahren bedingt, das bei dem niedrigen elektrochemischen Äquivalent des Aluminiums ungünstig sein muß. Daher ist die Frage nicht unberechtigt, ob das heutige Gewinnungsverfahren die letzte technische Lösung ist, oder ob die Periode der elektrochemischen Gewinnung des Aluminiums eines Tages durch eine Periode hüttentechnischer Reduktion abgelöst wird, wofür bereits Anzeichen vorhanden sind.

---

Im Jahre 1864 schrieb H. Ste.-Claire Deville: „Es ist dem Aluminium in der Technik ein Platz angewiesen, der eine Folge ist seines Klanges<sup>51)</sup>, seiner Hämmerbarkeit, seiner Geschmeidigkeit und seines geringen spezifischen Gewichtes. Ich wäre vollkommen befriedigt, wenn es von der Industrie als solch ein Aushilfsmetall akzeptiert würde. Geschähe es jedoch eines Tages, daß man Mittel und Wege fände, es mit geringen Kosten aus seinem Erz, der Tonerde, dem quantitativ verbreitetsten Bestandteil der Erdrinde, abzuscheiden, so würde es das gemeinste aller Metalle werden. Dann wären meine Hoffnungen überflügelt, und ich würde mich glücklich preisen, das Hauptverdienst dem zuzuschreiben, der das erste Aluminiumkugelchen darstellte, dem illustren Göttinger Chemiker W ö h l e r.“

Mit diesen Worten beschließen wir unsere Betrachtungen zur Feier der 100jährigen Entdeckung des Aluminiums durch

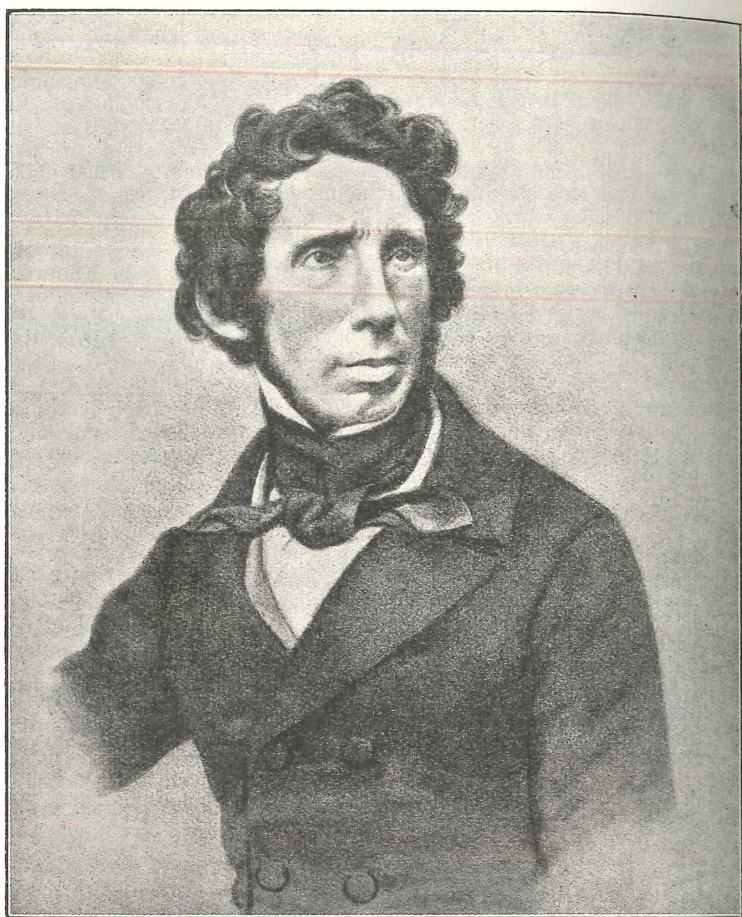
FRIEDRICH WÖHLER.

---

49) Vgl. A. Petersen, Die moderne Forschung auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle, insbesondere der Leichtmetalle, Naturwissenschaften 14, 1049 (1926).

50) Vgl. die Ausführungen von Dr. Ing. von der Porten, Metallwirtschaft 5, 673 (1926).

51) Es wurden Stimmgabeln aus Aluminium angefertigt; Deville hatte versucht, Aluminium als Glockenmetall einzuführen, was sich aber wegen des schrillen Tones nicht bewährte.



*Friedrich Wöhler.*

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1928

Band/Volume: [84](#)

Autor(en)/Author(s): Rheinboldt Heinrich

Artikel/Article: [Sitzungsberichte der naturwissenschaftlichen Abteilung der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn. Hundert Jahre Aluminium. A001-A020](#)