

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 55 (1984)

Artikel: Die Entwicklung der Aluminiumelektrolyse am Hochrhein von Hérout bis Kiliani (1885-1893)

Autor: Strobel, Albrecht

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-378170>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Entwicklung der Aluminiumelektrolyse am Hochrhein von Hérault bis Kiliani (1885–1893)



Dr. Albrecht Strobel,
Mannheim

Bei der Erfindung und Entwicklung der Aluminiumelektrolyse gaben naturwissenschaftliche Erkenntnisse und neue technische Möglichkeiten, die gleichfalls auf wissenschaftlich fundierter Technik beruhten, den Ausschlag. Ein modernes Entwicklungsmuster: Es kann gemeinhin für die seit der Mitte des 19. Jahrhunderts zunehmende Verwissenschaftlichung der Technik stehen, am ausgeprägtesten wird es jedoch greifbar bei den neuen, für die zweite Phase der Industrialisierung charakteristischen Sektoren, der chemischen und der elektrotechnischen Industrie. Dass die Verbindung zu diesen Industriezweigen, besonders zur elektrotechnischen Industrie, von vornherein eng war, ist kaum verwunderlich. Sie reichte von der Erfindungsarbeit bis zur Innovationshilfe und war zumindest rein technisch-maschinell immer gegeben. Bildete doch die durch Wasser- oder Dampfkraft über grosse Gleichstromgeneratoren gewonnene elektrische Energie (25–28 kWh pro kg Aluminium) den Eckpfeiler des Verfahrens, bei dem das Metall aus Aluminiumoxid in einem Kryolith-Bad durch Schmelzfluss-Elektrolyse gewonnen wird¹.

Bei der Aluminiumelektrolyse handelt es sich um eine Doppelerfindung: Mehrere Erfinder traten fast gleichzeitig auf, die unabhängig voneinander – was aber durch den Transfer bereits vorliegender Erkenntnisse erklärbar wird – zu ähnlichen Problemlösungen gekommen waren. Zu nennen sind hier nur der Amerikaner Charles M. Hall (1863–1914), der Franzose Paul Hérault (1863–1914) und Dr. Martin Kiliani (1858–1895), Leiter des Metallurgischen Laboratoriums der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (A. E. G.)². Ohne die Rolle des Patentamts spielen zu wollen, ist festzuhalten, dass Hérault die Priorität zukam. Seine Patentanmeldung vom 23. April 1886 ist von vorbildlicher Klarheit und beschreibt treffend die wesentlichen Merkmale des noch in der Gegenwart benutzten Verfahrens³.

Es erscheint deshalb lohnend, auf die Erfindertätigkeit von Hérault näher einzugehen. Darüber hinaus wird auch der technische Reife- und Innovationsprozess der Elektrolyse behandelt. Er führte zu einer Zusammenarbeit von Hérault und Kiliani und liess Neuhausen mit den Wasserkraften des Rheinfalls zur Wiege der modernen europäischen Aluminiumindustrie werden.

Héraults Lebensgang wie Lebenswerk sind Ausdruck eines urwüchsigen Drangs zu ingenieurmässigem Gestalten und einer naturhaften Begabung zu praxisorientiertem, konstruktivem Denken. Ähnlich wie bei Charles Hall, der entsagungsvoll in einem Holzschuppen experimentierte, steht bei Hérault das Ingenieur-Sein im Zeichen, wenn nicht unter dem Zwang einer innersten Berufung. Über alle Barrieren hinweg, die sich ohne Anlehnung an einen Betrieb oder ein wohl ausgestattetes Laboratorium aus Improvisationen aufbauten, allen vom Schicksal erzwungenen Härten, dem frühen Tod des Vaters und drückenden Geldsorgen zum Trotz findet er 1886 in der stillgelegten elterlichen Gerberei in Gentilly bei Paris den richtungsweisenden Weg⁴.

Hérault war publikationsscheu und ist auch autobiographisch kaum hervorgetreten. Nach dem späteren Zeugnis engster Mitarbeiter hatte er einen scharfen Blick für betriebstechnische Notwendigkeiten, ein bewundernswertes Gespür für die praktische Vereinfachung und eine ausgeprägte Fähigkeit, aus der Anschauung heraus konstruktive Ideen abzuleiten; alles gepaart mit einer «inlassable persévérance»⁵.

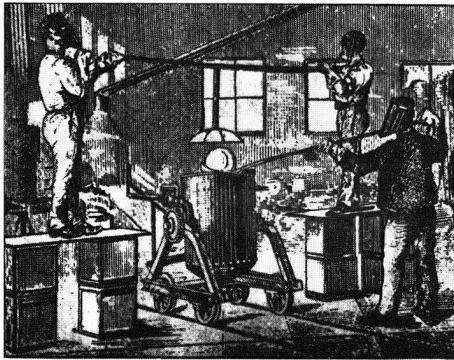
Ein abgeschlossenes Studium konnte Hérault nicht nachweisen: Er hat die Probleme mit dem sicheren Instinkt des Praktikers und der Denkenergie des ursprünglichen Outsiders angepackt. Wohl deshalb ist in seinem Lebenswerk überall das Individuell-Biographische merklich fühlbar. Be-

stimmte Stationen des Lebensgangs (Geburt in Thury-Harcourt, im bäuerlich-handwerklichen Milieu der Normandie), bestimmte Episoden des Bildungswegs wirken sich aus in Eigenart und Richtung der Arbeitsweise. Zu den Stationen zählen sehr frühe, lange Aufenthalte in England (zuletzt ein Mechanikerpraktikum), die Hérault fast zweisprachig aufwachsen lassen und der insgesamt kantigen Persönlichkeit eine erstaunliche Weltläufigkeit vermitteln⁶.

Auch bei der Wahl der beiden grossen technischen Probleme, der Aluminiumelektrolyse und des hier nicht näher zu behandelnden Elektrostahlverfahrens, um die Héraults Lebensarbeit kreist, manifestiert sich dieser Grundzug. So gehen Héraults Bemühungen um die Elektrolyse letztlich auf ein Bildungserlebnis seiner Gymnasialzeit zurück: auf eine durch die im späten 19. Jahrhundert verbreitete einfühlsame Technikbewunderung inspirierte Lektüre der Schriften von Henri Sainte-Claire Deville. Und gefühlsmässig um ein Bildungserlebnis handelt es sich auch bei dem Elektrostahlverfahren, das Hérault bei einem Besuch des italienischen Erfinders, des Hauptmanns Stassano, 1898 erstmals in Turin kennenlernt⁷.

Henri Sainte-Claire Deville: Mit dem Namen dieses Chemikers und Gelehrten (1818–1881) verbindet sich die erste industrielle, die Phantasie beflügelnde und zugleich zutiefst wissenschaftliche Geschichte «vom Silber aus Lehm». Tone wie der Bauxit weisen eine relativ hohe Aluminiumkonzentration in Form von Aluminiumoxid (Al_2O_3) auf; Aluminium ist eben nicht in metallischem Zustand in der Natur anzutreffen, sondern nur in chemischen Verbindungen mit einer starken Affinität zu Sauerstoff. Deshalb, und weil das Metall nicht mit Kohlenstoff aus seinem Oxid reduziert werden kann, ist Aluminium – wie übrigens auch das Leichtmetall Magnesium – lange Zeit unbekannt geblieben und zuerst im Laboratorium gewonnen worden⁸. Von besonderem Reiz ist wissenschaftsgeschichtlich, dass sich dabei wahrhaft eine «societas universalis» aufzut⁹. So vollzog Deville, auf den Aluminiumarbeiten von Friedrich Wöhler (1800–1882) aufbauend, 1855 mit staatlicher Unterstützung den Schritt vom Laboratorium zur Fabrik¹⁰.

Wöhlers Hauptverdienst bestand darin, die Entstehungsbedingungen des Aluminiums bei der Reduktion von Aluminiumchlorid durch Kalium genau untersucht und beschrieben zu haben. Deville ersetzte das Kalium durch das billigere Natrium und verwandte an Stelle des hydroskopischen Aluminiumchlorids das beständigere Doppelsalz Natrium-Aluminium-Chlorid. Nach diesem chemischen Verfahren wurde 1859 bei der von Henry Merle gegründeten Compagnie d'Alais et de la Camargue in Salindres eine grössere Produktionsanlage errichtet, nachdem zuvor kleinere Fabrikationsstätten kurzfristig betrieben worden waren. In Salindres gelang



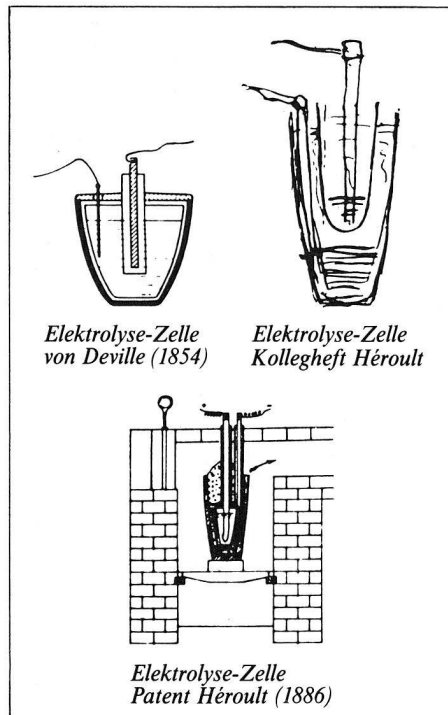
Chemische Gewinnung von Aluminium. Die Arbeiter tragen Masken zum Schutz gegen herumspritzende Schmelze.

es um 1860, durch Verbesserung der Produktionsbedingungen den anfänglichen Gesteigungspreis von frs. 300 je kg auf frs. 99 und 1889, also 28 Jahre später, auf frs. 61 je kg herunterzudrücken¹¹. Das war das Optimum des beim chemischen Deville-Verfahren Erreichbaren, und Aluminium blieb mit einer Gesamtproduktion von ungefähr 200 t (1855–1890) weit davon entfernt, ein neues Gebrauchsmetall zu werden¹².

Unter diesem Aspekt war freilich von Bedeutung, dass Deville und Robert Bunsen (1811–1899) bereits 1854 die Möglichkeiten der elektrolytischen Gewinnung von Aluminium erkannten. Bunsen wie Deville führten die Elektrolyse in Porzellantiegeln aus, Bunsen arbeitete mit Kohlenelektroden, während Deville als Kathode einen Platinstreifen benutzte; beide verwandten als Elektrolyt Natrium-Aluminium-Chlorid, das über eine Ausenheizung in Schmelzwärme gehalten wurde; dadurch war mit Hilfe von galvanischen Elementen ein richtungsweisender Grundgedanke einge-

bracht: die Elektrolyse von wasserfreien Aluminiumverbindungen im Schmelzfluss¹³. Deville studierte auch die Elektrolyse von Kryolith mit Natrium-Aluminium-Chlorid; Kryolith (Na_3AlF_6), 1795 in Ivigtut auf Grönland entdeckt, wurde seit 1854 in grösseren Mengen bei der Sodafabrikation benutzt¹⁴. Deville hatte Kryolith, in dem sich das Aluminiumsalz gut löste, schon seinem chemischen Verfahren als Flussmittel beigegeben.

Von Héroult wurden 1885, als die Dynamomaschine neue Möglichkeiten eröffnet hatte, die elektrolytischen Versuche von Bunsen und Deville wieder aufgenommen¹⁵. Es muss als wahrscheinlich angesehen werden, dass ihn mit seiner intuitiven Begabung die einfache und klare Form der ersten Elektrolyse-Zelle von Deville besonders fesselte; sie erscheint wieder in seinen Kollegheften der Ecole des Mines, in flüchtig hingeworfener Skizze. Die Ecole des Mines hat Hé-



Elektrolyse-Zelle von Deville (1854)

Elektrolyse-Zelle Kollegheft Héroult

Elektrolyse-Zelle Patent Héroult (1886)

roult nach einjährigem Besuch wieder verlassen¹⁶. Über die bald folgenden Versuche in Gentilly sind wir durch mithelfende Freunde und durch einen späteren Vortrag von Héroult informiert¹⁷. Folgt man aufmerksam den Worten Héroults, so waren seine ersten Versuche ein Herantasten an die Experimente von Bunsen und Deville; dabei bereitete Héroult, der von sich selbst sagt, «...mes connaissances

pratiques en chimie étaient limitées», die Herbeiführung der Beobachtungsbedingungen offenbar grosse Schwierigkeiten: Bei einem Versuch, Natrium-Aluminium-Chlorid in Kryolith zu elektrolysieren, führte ihn der Zufall einer schmelzenden Kathode zu dem Ergebnis, dass das Aluminiumsalz in Kryolith gut löslich und zum grössten Teil in Aluminiumoxid übergeführt worden war. Dieses Ergebnis hatte aber schon Deville beschrieben; daraus allerdings gefolgert, dass Aluminiumoxid bei Rotglut weder primär durch Natrium und Kalium noch sekundär durch Elektrolyse reduzierbar sei¹⁸.

Héroult hat sich über diese Schlussfolgerung hinweggesetzt und den naheliegenden Schritt vollzogen, Aluminiumoxid selbst in geschmolzenem Kryolith der Elektrolyse auszusetzen: Zeugnis genialer Hartnäckigkeit, aber auch Frucht eifrigen Patentstudiums, insbesondere der Patente von François Lontin, der schon 1883, wenn auch unvollkommen, die Schmelzfluss-Elektrolyse von Metalloxiden angeregt hatte¹⁹.

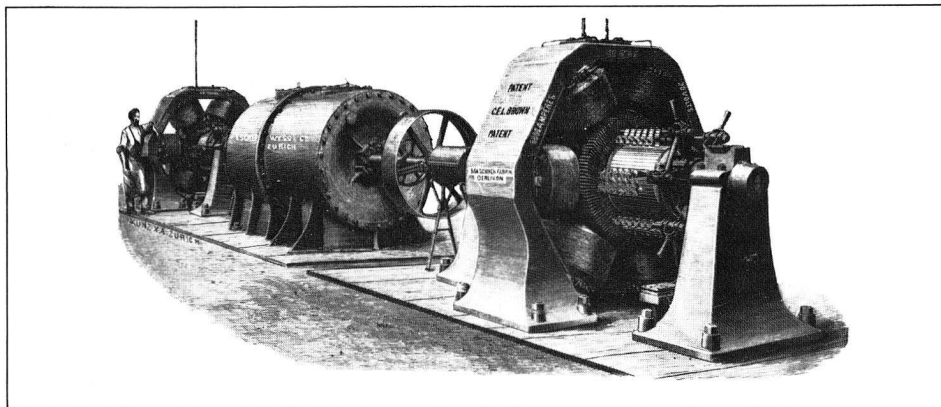
Für diese zweite Versuchsreihe – anfangs hatte man noch mit einer kleinen im elterlichen Betrieb vorgefundenen Gramme-Dynamomaschine gearbeitet – beschaffte Héroult eine stärkere Bréguet-Dynamomaschine; als Gefäss wurde ein Kohlentiegel benutzt, der in einem Graphittiegel ruhte. Alles von aussen – in Anlehnung an Bunsen und Deville – in einem Koksofen bis zur Rotglut beheizt. Zur Erkenntnis, dass ein dichter Elektrolysestrom ausreichte, den Elektrolyten zu erhitzen und im Schmelzfluss zu halten, gehörte ausser der Bestimmung der Zellen-Spannung auch das Herantasten an die richtige Stromdichte. Als sich schliesslich bei den Versuchen unter dem Elektrolyten (Schutz vor Oxydation) flüssiges Aluminium in kleinen Kügelchen abschied, ergab sich als letztes Problem noch die Schwierigkeit, des Metalls habhaft zu werden; das Problem wurde schliesslich gelöst, indem man der Schmelze Kupferoxid beigab, das sofort reduziert auf den Boden des Tiegels sank und das zerstreute Aluminium zusammenzog.

Soviel zur Erfindung, unter dem Aspekt der Innovation war sie ein wichtiger, aber doch nur ein erster

Schritt nach vorn. Die Überführung des Verfahrens in den Grossbetrieb musste einen ganzen Komplex von technischen Problemlösungen zur Folge haben. Schliesslich war ja der Beweis nur in einer höchst provisorischen Versuchsanlage erbracht worden – und das auch nur in Form von wenigen hundert Gramm Aluminium. Wie war etwa der konstruktive Aufbau der Elektrolyse-Zelle zu gestalten, wie die Stromstärke für grössere Zellen zu bemessen, überhaupt die Stromzuführung einzurichten, welche Stromspannung war für die Serienschaltung zu wählen, welcher Querschnitt für die Kohleanoden? Eine Fülle von Problemen, aber nicht nur systemimmanenter Natur: Kohlenelektroden in der für den Grossbetrieb erforderlichen Stärke, Härte und Reinheit waren so gut wie gar nicht lieferbar, auch der Gleichstromgenerator war erst den schwierigen Bedingungen der Schmelzfluss-Elektrolyse anzupassen, wobei man bei den hohen Stromstärken in bisher unbekannte Dimensionen vorstossen musste, was zwangsläufig entsprechende Turbinenkonstruktionen und Wasserbauten induzierte.

Ein «Hochofen in der Westentasche» war die Aluminiumelektrolyse nicht. Schon die Entwicklung erforderte hohe, risikoreiche Kapitalinvestitionen. Es ist anzunehmen, dass Héroult diese Sachlage weitgehend erkannte; er war sich auch bewusst, dass ein Aufstieg vom Erfinder zum Unternehmer nur mit Bankenhilfe oder in Anlehnung an eine industrielle Unternehmung möglich war. Er erhielt freilich nur Absagen, vom Bankhaus Rothschild und von der Fabrik in Salindres, von der er annehmen konnte, dass sie an seiner Erfindung interessiert sein müsse. Héroult hörte dabei von dem neuen Leiter, A. Pechiney, wie damals Fachleute die Zukunft des Aluminiums beurteilten:²⁰ «Aluminium ist ein Metall von beschränktem Absatz; es eignet sich zur Herstellung von Hülsen für Operngläser. Und ob Sie das kg für 10.– frs. oder 100.– frs. verkaufen, Sie werden deshalb kein einziges kg mehr verkaufen. Wenn Sie aber Aluminiumbronze machen ... und das noch billig, so kann es zweifellos ein interessantes Geschäft werden.»

Héroult fand 1887 in seiner Heimat keine risikobereiten Unternehmer;



Turbinen und Dynamo-Anlage der Schweizerischen metallurgischen Gesellschaft in Lauffen-Neuhausen.

er fand sie mit seiner Weltläufigkeit in Neuhausen. Die Initiative scheint von Gustave Naville (1848–1929) ausgegangen zu sein, Chefsingenieur und Mitinhaber von Escher, Wyss & Cie. Er suchte für die Wasserkräfte und Werkstätten des am Rheinflall gelegenen, aber nicht mehr existenzfähigen Eisenhammerwerks von Neher's Söhne eine neue Verwendung und hatte dazu auch die Patentliteratur studiert. Spiritus rector wurde Peter Huber (1836–1915), Ingenieur, Gründer und Leiter der Maschinenfabrik Oerlikon AG; Huber hatte die Maschinenfabrik um eine elektrotechnische Abteilung erweitert, die auf experimenteller Grundlage unter Charles E. Brown Pionierleistungen im Generatorenbau erbrachte²¹.

In Huber und Naville fand Héroult nicht nur kongeniale Techniker, sondern auch Unternehmerpersönlichkeiten mit gereiftem Blick für das betriebswirtschaftliche Kalkül gewagter Investitionen. Sie einigten sich mit Héroult auf einen Vertrag, aus dem August 1887 die Schweizerische Metallurgische Gesellschaft (S. M. G.) hervorging. Héroult trat an diese Gesellschaft seine sämtlichen Aluminiumpatente mit Ausnahme der französischen ab. Er wurde dafür am Aktienkapital und für 20 Jahre mit 50% am Reingewinn beteiligt. Ausserdem wurde ihm die technische Leitung gegen festes Gehalt übertragen. Alle diese Bestimmungen wurden freilich von einem genau umschriebenen Resultat einer Versuchsanlage abhängig gemacht, die Héroult auf Kosten der Gesellschaft zu erstellen hatte²². Besonders hervorzuheben ist, dass Héroults Verpflichtung nicht etwa in der Darstellung von Aluminium, sondern von Aluminiumbronze bestand. Hé-

roult war damals dem Rat von Pechiney gefolgt und hatte nach kurzer Zeit (15. 4. 1887) ein zusätzliches Patent für einen elektrischen Ofen zur Darstellung von Aluminiumlegierungen angemeldet. Dieser Ofen hatte Vorbilder in den elektrischen Schmelzöfen von William Siemens und der Gebrüder Cowles in Amerika, die seit 1886 ebenfalls Aluminiumbronze elektrothermisch herstellten²³.

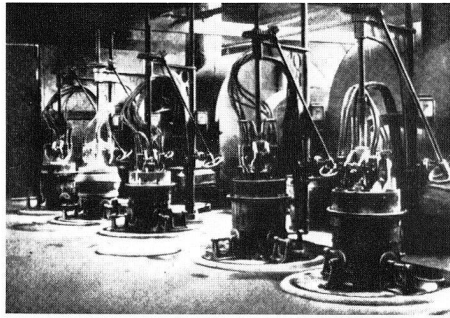
Héroult brachte noch im Oktober 1887 den Beweis, dass er mit seinem Ofen die Verpflichtungen im wesentlichen zu erfüllen vermochte. Die Gesellschaft wurde daraufhin endgültig konstituiert, und es wurde unverzüglich mit dem Bau einer verbesserten Ofenanlage begonnen (Wasserturbine/Escher, Wyss; Generatoren/Oerlikon). Damit war die erste, aber wohlgerneht noch elektrothermisch arbeitende Aluminium-Unternehmung Europas ins Leben getreten. Wenig später, im Jahre 1889, begannen die Arbeiten an der Aluminiumelektrolyse und die bald in Hunderten von Kilogramm messbare Darstellung von Reinaluminium. Diese Entwicklung wurde getragen von der noch im November 1888 gegründeten Aluminium-Industrie-Actien-Gesellschaft Neuhausen (A. I. A. G.), mit Huber als Verwaltungsrats-Präsidenten. Die A. I. A. G. war eine Gemeinschaftsgründung der S. M. G. und der A. E. G. und ihrem Bankenconsortium. Von der S. M. G. wurde neben den Produktionsanlagen in Neuhausen der grösste Teil der in ihrem Besitz befindlichen Héroult-Patente eingebracht; von seiten der A. E. G. nicht nur Kapital und der deutsche Markt, sondern auch das Verfahren von Martin Kiliani, der die technische Leitung übernahm. Nach seinem Verfahren,

an dessen Entwicklung er in einem Team ständig arbeitete, und nicht etwa nach dem von Héroult, begann die Aluminiumproduktion in Neuhausen²⁴.

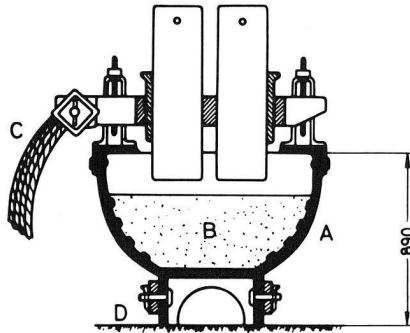
Die Erfindung von Kiliani war eine Angestellten-Erfindung. Er repräsentiert mit seiner Laufbahn den für die modernen Industriezweige charakteristischen Technologietransfer zwischen Hochschule und Industrie sowie die Erschliessung von Innovationspotential durch den Aufbau industrie-eigenen Forschungslaboratorien. Kiliani hatte in München Chemie studiert und sich dann als Assistent am Lehrstuhl für chemische Technologie und Metallurgie von Professor Ch. Stölzel systematisch in das neue Gebiet der elektrothermischen und elektrolytischen Verfahren eingearbeitet. 1884 erfolgten erste Patentnahmen zur Zinkgewinnung durch Elektrolyse²⁵.

Zur A. E. G., die damals noch Deutsche Edison-Gesellschaft hiess, war er 1885 berufen worden, wo er sich zunächst mit der Verbesserung der Glühfaden- und der Glühlampenfabrikation befasste. Kiliani dürfte Ende 1886 mit den Aluminiumexperimenten begonnen haben. Im August 1888 informierte er Peter Huber in Oerlikon über den Stand seiner Arbeiten und unterbreitete gleichzeitig im Auftrag von Emil Rathenau (1838–1915), dem Generaldirektor der A. E. G., ein Kooperationsangebot. Im Zuge der Verhandlungen hatten Huber und Naville auch Berlin besucht, die Versuchsanlage eingehend inspiziert und sich von den Ergebnissen sehr befriedigt gezeigt. Kiliani benutzte als Kathode einen nicht ausgekleideten Kupferkessel mit aussenliegender Wasserkühlung; die Anode war zur kontinuierlichen Einrührung von Aluminiumoxid rotierend angeordnet. Nur dieser mechanische Teil, die rotierende Anode, wurde 1888 patentiert. Der Rest des Verfahrens blieb geheim und wurde durch das Héroult-Patent abgedeckt, wies aber Unterschiede auf: Eine interne Überprüfung ergab schon 1889, dass das Kilianische Verfahren im Prinzip mit den Patenten von Charles Hall identisch war²⁶.

Nach diesem Verfahren begann auch Héroult (!) mit der Aluminiumproduktion. Er hatte die Schweiz 1888 verlassen; denkt man wieder in Stationen, so gehörte Neuhausen besonders



Elektrolysen von Héroult in Froges 1890, mit drehbarer Kathode, Wasserkühlung nach Kiliani (drehbare Anode).



Elektrolysezelle nach Héroult, Froges 1892.

- A gusseiserne Wanne
- B Elektrolyt
- C anodische Stromzuführung
- D kathodische Stromableitung

durch die Begegnung mit Huber und Naville zu den prägenden, «...tant ou point de vue technique qu'au point de vue financière»²⁷. Bei der S. M. G., der er ja als bevorrechtigter Aktionär verbunden blieb, hatte Héroult auch gezeigt, wie er sich eine unternehmerische Verwertung seiner Erfindung vorstellte: technische Leitung und angemessene Kapital- und Gewinnbeteiligung. Nach diesem Muster und dem Anstoss von Neuhausen war im Oktober 1888 die Société Electro-Métallurgique Française gegründet worden, die in Froges (Isère) mit den Einrichtungen für die Aluminiumelektrolyse begann. Das Verfahren von Kiliani, das über eine Neuhauser Lizenz zugänglich wurde, diente dabei Héroult als Pilotanlage, um das eigene Verfahren zur technischen Reife zu entwickeln. Er setzte darauf ein Team an, zu dem auch ein Chemiker und insbesondere ein Fachmann für Kohlenelektroden gehörten. Die Arbeiten dieses Teams führten schrittweise zur Entwicklung der Elektrolyse-Zelle von 1892, die mit einer als Kathode geschalteten Kohlenauskleidung der gusseisernen Elektrolyse-Wanne und grossen Paketen diskontinuierlich zu ergänzender Anodenkohlen trotz

mancher späterer Veränderungen zur «Urzelle» der modernen Aluminiumgewinnung wurde²⁸.

Durch vertraglich vereinbarte Rückgewährungsklauseln über technische Fortschritte kam es im Frühjahr 1893 zu einer weitgehenden Vereinheitlichung der Verfahren zwischen Froges und Neuhausen. Bei der A. I. A. G. konnte dadurch die Aluminiumausbeute um fast 50% gesteigert und der Verkaufspreis auf Fr. 5.– je kg reduziert werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Eine positive gesellschaftliche Grundhaltung gegenüber der Technik, noch im jugendlichen Reifealter durch populärwissenschaftliche Schriften vermittelt, fördert die Neigung zu technischen Problemlösungen. Bei der Problemlösung selbst spielt auch die Intuition, die freilich nicht auf blossem Einfall, sondern auf dem befriedigenden Erlebnis eines entscheidenden Erkenntniszuwachses durch Einsicht in Zusammenhänge beruht, eine kreative Rolle; bei der Entwicklung zur technischen Reife, die die eigentliche Erfindung zeitmässig übersteigt, ist das Werk des Imitators eine nicht zu vernachlässigende Grösse. Im übrigen zeigt das Beispiel die bekannte Tatsache, dass komplexe Technologien die Teamarbeit fördern, wobei der international operierenden Grossunternehmung Transfervorteile zuwachsen.

¹ Ginsberg, H., Wefers, K., *Aluminium und Magnesium*. 2. Aufl. Stuttgart 1971; Henglein F. A., *Grundriss der chemischen Technik*. 12. Aufl. Weinheim 1968. S. 504ff.; Zeerleder, A. v., *Technologie des Aluminiums*. 5. Aufl. Leipzig 1947.

² Ferrand, L., *Historie de la science et des techniques de l'Aluminium et ses développements industriels*. Bd. 1. *L'argentière* 1960; Rauch E., *Geschichte der Hüttenaluminiumindustrie in der westlichen Welt*. Düsseldorf 1962, S. 16ff.; Zeerleder, A. v., *50 Jahre Aluminiumelektrolyse*, in: *Aluminium* 18 (1936) S. 163ff.; *A History of Technology*. Edited by Ch. Singer et al. Vol. V. Oxford 1980. S. 91ff.

³ Text bei Ferrand, a. a. O. S. 164f., *Geschichte der Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft Neuhausen. 1888–1938*. Bd. 1. Zürich 1942 (Festschrift) S. 66f.

⁴ Keller, H., *Paul T. Héroult. 1863–1914*, in: *aluminium suisse* 4 (1963) S. 123ff.; Victor, P. M., *La vie et l'œuvre de Paul Héroult* in: *Revue de l'Aluminium* 309 (1963) S. 8ff.; Bally, J., *Paul Héroult 1863–1914, Promoteur de la fabrication électrolytique de l'Aluminium*, in: *Revue de l'Aluminium*. (1936). S. 357ff.; Gignoux, C. J., *Histoire d'une entreprise française*. Mont-rouge 1955. S. 65ff.

⁵ Bally, a. a. O. S. 368; *Autobiographisches nur in einem Vortrag*, vgl. Anm. 17.
⁶ Victor, a. a. O. S. 9ff.; Hérault zeigte später eine Vorliebe für Amerika.
⁷ Victor, a. a. O. S. 27ff.
⁸ Ginsberg, Wefers, a. a. O. S. 2ff.; Ginsberg, H., Wrigge, L., *Die Tonerde (Aluminiumoxid)* Berlin 1964. S. 3ff.
⁹ Vgl. zu Davy, Berzelius, Oerstedt, Wöhler: Ferrand, a. a. O. S. 20ff.; Rauch, a. a. O. S. 5ff.; Zeerleder, *50 Jahre*, a. a. O. S. 163ff.
¹⁰ Ferrand, a. a. O. S. 78ff.
¹¹ Gignoux, a. a. O. S. 31ff.; Ferrand, a. a. O. S. 87ff.
¹² Ferrand, a. a. O. S. 131ff.; Bloch, A., *Entwicklung und Bedeutung der Aluminiumindustrie*. Solothurn 1940.
¹³ Ferrand, a. a. O. S. 25ff., 63ff.; Haas, M. H., Robert Bunsen, *der deutsche Entdecker der Aluminiumelektrolyse*, in: *Aluminium* 18 (1936) S. 172ff.
¹⁴ Wagner, R. v., *Handbuch der chemischen Technologie*. 13. Aufl. Leipzig 1889, S. 299f.; *Das Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien*. Hrsg. v. F. Reuleaux. Bd. 4. 8. Aufl. Leipzig, Berlin 1886. S. 400f.

¹⁵ Ebenso Hall; Rauch, a. a. O. S. 16f. und Literatur.
¹⁶ Victor, a. a. O. S. 11.
¹⁷ Bally, a. a. O. S. 359ff.; Hérault, *L'Aluminium à bon marché (Vortrag 1900 beim internationalen Metallurgischen Kongress in Paris)*, abgedruckt in: *Journal du four électrique et des industries électrochimiques* 46 (1937) S. 52–55.
¹⁸ Sainte-Claire Deville, H., *De l'Aluminium: ses propriétés, sa fabrication et ses applications*. Mallet-Bachelier 1859. S. 97f.; Ferrand, a. a. O. S. 66f.
¹⁹ Ferrand, a. a. O. S. 156f.; Kiliani hat auch von Lontin profitiert, wie von Dr. Kleiner-Fiertz; *Festschrift*, a. a. O. S. 60f.
²⁰ Hérault, *L'Aluminium à bon marché (Übersetzung v. Verf.)*; Gignoux, a. a. O. S. 67f.
²¹ *Schweizer Pioniere der Wirtschaft und Technik*, Bd. 6 (Huber-Werdmüller), Bd. 11 (Gustave Naville); Staffelbach, H.; Peter Emil Huber. Zürich 1943; *Maschinenfabrik Oerlikon*. Als Manuskript gedruckt. Zürich 1926.
²² *Festschrift*, a. a. O. S. 63ff.; *Handelsregister Schaffhausen (HSch)*, *Journal* Nr. 58, *Archiv*-Nr. 62; S. M. G., Ak: Fr. 200000.–, 50% nach 5% Dividende, Tantiemen, Dotierung Reservefonds; 30. 8./13. 12. 1887.

²³ Hérault, *L'Aluminium à bon marché*; Zeerleder, *50 Jahre*, a. a. O.; Rauch, a. a. O. S. 18ff.; Arndt, K., *Technische Elektrochemie*. Stuttgart 1929. S. 217ff.
²⁴ HSch, *Journal* Nr. 4, *Archiv*-Nr. 5; A. I. A. G., 12. 11. 1888. AK: Fr. 10 Mio. mit 50%iger Einzahlung; *Korrespondenz Peter Huber*, 24. 1. 1889, 7. 4. 1893; *Nachlass Huber (NH)*: *Festschrift*, a. a. O. S. 70ff.
²⁵ Haas, M., Martin Kiliani. *Der deutsche Gestalter industrieller Aluminiumelektrolyse*, in: *Aluminium* 18 (1936) S. 332ff.; Regelsberger (Nachruf), in: *Ztschr. f. Elektrotechnik u. Elektrochemie* 17 (1895); Stölzel, C., *Die Metallurgie. Gewinnung der Metalle*. Braunschweig 1886. *Bearbeitung der elektrochemischen Kapitel* durch Kiliani.
²⁶ *Korrespondenz Peter Huber*, 18. 8. 1888, 29.–31. 10. 1888, 5. 1. 1889 (NH); Zeerleder, *50 Jahre*, a. a. O. S. 167f.; Haas, Kiliani, a. a. O. S. 448f.; *Bei der Kooperation spielte das Interesse der A. E. G. (im Generatorenbau noch durch Siemens & Halske gebunden) an «den grossen Dynamomaschinen für elektrochemische Zwecke» eine gewichtige Rolle*.
²⁷ So Hérault, *L'Aluminium à bon marché*.
²⁸ Gignoux a. a. O. S. 72ff.; Ferrand, a. a. O. S. 172ff.; Ginsberg, Wefers, S. 97f.

Die Erfindung des Polystyrolschaumstoffs Styropor

«Wie überall in Wissenschaft und Technik, so gelingt es auch auf dem Gebiet der Chemie nicht oft, eine wirklich bahnbrechende Erfindung zu machen. Zumeist handelt es sich um Verbesserungen und Modernisierungen. Die grossen technischwissenschaftlichen Erfindungen sind selten. ... Eine davon hat den Namen «Styropor». Es gibt wenig Stoffe, die sich in so kurzer Zeit einen derart grossen Markt geschaffen und so tief in unsere Gewohnheiten eingegriffen haben.»

Dies sagte Prof. Dr. Herbert Berg, der Vorsitzende des Vorstandes des Deutschen Museums im Jahre 1976¹, als Styropor gerade erst 25 Jahre alt geworden war. Breiteren Kreisen in der Technik war dieser Polystyrolschaumstoff, der zu 98 bis 99 Vol-% aus Luft

besteht, zu diesem Zeitpunkt allerdings erst seit rund einem Jahrzehnt ein Begriff. Ab Mitte der 60er Jahre war er – wie es heisst – zu einem «ganz grossen Wurf» für die BASF AG in Ludwigshafen a. Rhein geworden. Mit seinen vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten führte der neue Werkstoff zu tiefgreifenden Wandlungen in einer Reihe technischer Bereiche und trug darüber hinaus zur Entwicklung neuartiger technischer Verfahren bei. Kein Wunder, dass eine Verarbeitungsanlage für Styropor bereits seit geraumer Zeit im Deutschen Museum in München steht, dies vor allem als Schulbeispiel für die Erzeugung moderner Werkstoffe der Technischen Chemie.

Ich muss es mir hier versagen, auf die Erfindungsgeschichte des Schaumstoffs näher einzugehen. Darüber



Prof. Dr.
Lothar Suhling,
Mannheim

konnte ich einmal in den «Blättern für Technikgeschichte» ausführlich berichten.² Nur eine Fragestellung aus dem Fragenkatalog, den wir hier behandeln, möchte ich im folgenden kurz beleuchten, um dann in einer Tonbandaufzeichnung den Erfinder selbst zu Wort kommen zu lassen.

Die Frage lautet: Welche persönlichen Voraussetzungen und Bedingungen spielten bei der Erfindung des Styropors eine Rolle?

Ohne auf die chemischen und chemisch-technischen Sachverhalte näher einzugehen, nenne ich kursorisch folgende mittel- und unmittelbaren Wirkfaktoren, die nach meinem Dafürhalten den «Stein ins Rollen» gebracht haben:

1. die vorangegangenen praktischen Erfahrungen des Erfinders mit Schaumstoffen in der Kautschukindustrie;
2. eine langjährige Beobachtung der Entwicklung im Schaumstoffbereich anhand von Literatur- und Patentrecherchen;
3. eine ausgiebige Beschäftigung mit Styrol und Polystyrol in anderen Anwendungszusammenhängen (Einbettmassen);