

leichtsiedendem Benzin und Wägen des Rückstandes nach der Filtration, und die unter Umständen auftretenden, Baumwolle zerstörenden Zersetzungsprodukte durch Bestimmung der Abnahme der Zerreißfestigkeit von Baumwollproben. Gerade auf diesen letzteren Punkt muß im Zusammenhang mit den Eversschen Untersuchungen großes Augenmerk gelegt werden.

**Zusammenfassung:** Mit vorliegender Arbeit sollte keineswegs ein vollständiges Bild über Isolieröle gegeben werden. Es war die Absicht, hauptsächlich zwei wichtige und immer wieder diskutierte Fragen: Die elektrische Festigkeit und die Zersetzungserscheinungen von Mineralölen, zu besprechen.

An Hand der neuesten Experimentaluntersuchungen werden die jetzigen Ansichten über das Wesen des elektrischen Durchschlages in Öl erläutert und zur Prüfung dieser Eigenschaft eine Dauerprobe vorgeschlagen.

Die Zersetzung der Mineralöle ist ein Oxydationsvorgang. Einige neu vorgeschlagene Prüfmethode werden kritisiert, und eine Dauerprüfmethode zur Berücksichtigung aller Reaktionsprodukte zur Diskussion gestellt.

Über Schalteröle soll in anderm Zusammenhange berichtet werden. [A. 212.]

## Die Entdeckung des Aluminiums.

Von NIELS BJERRUM, Kopenhagen.

(Eingeg. 12. Dez. 1925.)

Vor kurzem hat Dr. K. Goldschmidt, Essen, in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> Stellung genommen zu der in neuerer Zeit mehrfach diskutierten Frage über die Entdeckung des Aluminiums durch den dänischen Forscher H. C. Oersted. In Goldschmidts Mitteilung wird indessen die wichtige Arbeit von Dr. J. Fogh nicht erwähnt, obwohl sich darauf die heutige Diskussion dieser Streitfrage aufbaut.

Am 19. November 1925 ist Dr. J. Fogh, mein langjähriger Mitarbeiter, gestorben, und ich empfinde es als eine Pflicht, seine Resultate an dieser Stelle zu besprechen und die Schlüsse, zu denen er gelangt ist, zu verteidigen. Seine Mitteilung über die Entdeckung des Aluminiums durch Oersted im Jahre 1825 ist in den Mathematisch-physikalischen Mitteilungen der dänischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1921 in deutscher Sprache erschienen.

Das Verfahren, nach welchem Oersted metallisches Aluminium aus Aluminiumchlorid und Kaliumamalgam dargestellt hat, ist in den damals gedruckten Quellen<sup>2)</sup> nur kurz geschildert, namentlich ist über das Mengenverhältnis zwischen den angewandten Stoffen nichts angegeben. In „Oversigt over Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1824—25“ faßt Oersted selber die Mitteilungen, die er in den Sitzungen der Akademie über die Darstellung von Aluminium gemacht hatte, mit folgenden Worten zusammen (von mir übersetzt): „Schnell mit Kaliumamalgam erwärmt, wird Aluminiumchlorid gespalten, wodurch Kaliumchlorid und Aluminiumamalgam gebildet wird. Dieses Amalgam zersetzt sich mit großer Geschwindigkeit in Berührung mit Luft, und gibt bei der Destillation, ohne Berührung mit Luft, einen Metallklumpen, der an Farbe und Glanz Zinn etwas ähnlich ist.“

Aus dem Sitzungsprotokoll der dänischen Akademie

<sup>1)</sup> Vgl. Z. ang. Ch., 19. Nov. 1925.

<sup>2)</sup> Oversigt over Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1824—25, S. 15—16. Pogg. Ann. 5, 132 [1825]. Schweiggers Journal 45, 368 [1825]. Erindringsord af Foreslæsninger over Chemiens almindelige Grundsætninger ved Oersted, Kjöbenhavn 1826, S. 79.

der Wissenschaften geht hervor<sup>3)</sup>, daß Oersted in einer Sitzung am 25. März 1825 über Aluminiumchlorid und über die Darstellungsweise des darin enthaltenen Metalls berichtete und in einer Sitzung am 8. April 1825 eine kleine Probe des neuen Metalls vorzeigte.

In der bekannten Arbeit von 1827, in welcher Wöhler Aluminium aus Aluminiumchlorid durch Erhitzung mit Kalium in Form eines grauen Pulvers erhielt, schreibt er, daß er nach dem Oerstedschen Verfahren bei der Destillation des gewonnenen Amalgams eine graue geschmolzene Metallmasse erhielt, die sich bei Verstärkung der Hitze bis zum Glühen in grünen Dämpfen verflüchtigte und als reines Kalium überdestillierte.

Man hat deshalb später angenommen, daß Oersteds Methode nicht zum Ziele führen konnte, und hat Wöhler als den Entdecker des metallischen Aluminiums betrachtet.

Nach den oben erwähnten bestimmten Angaben erschien es indessen Fogh als nicht sehr wahrscheinlich, daß Oersteds Mitteilung auf einem Irrtum beruhen sollte. Um dieser Auffassung eine weitere Stütze zu verleihen, versuchte er aufs neue, nach dem Oerstedschen Verfahren Aluminium darzustellen. Dabei stellte sich heraus, daß die Darstellung sehr leicht gelingt, wenn man nur einen großen Überschuß von Aluminiumchlorid und verdünntes Kaliumamalgam verwendet. Das Abdestillieren des Quecksilbers konnte Fogh auf einfache Weise in einem knieförmig gebogenen gewöhnlichen Reagensglas über offener Flamme vornehmen. Um die Luft fernzuhalten, genügte es, das Reagensglas mit einem Korken so zu verschließen, daß nur eine enge Öffnung frei blieb. Um das Metall frei von Quecksilber zu erhalten, mußte er genügend lange erhitzen, damit der Quecksilberdampf Zeit hatte, in den kalten Schenkel hinüberzudiffundieren und dort sich zu verdichten.

In meinem Laboratorium sind Aluminiumkugeln aufbewahrt, die Fogh vor fünf Jahren nach der geschilderten Methode dargestellt hat. Sie haben ihren Glanz ausgezeichnet behalten. Eine Kugel ist von Fogh zu einem ganz dünnen Blech ausgehämert und hat den dadurch erhaltenen Hochglanz vollständig bewahrt.

Beim Abschluß seiner Versuche erfuhr Fogh, daß Frau K. Meyer bei der Durchsicht von Oersteds handschriftlichem Nachlaß Konzepte gefunden hatte, die sicher vom Jahre 1825 stammten, und aus welchen zu ersehen ist, daß Oersted schon am 7. März bemerkt hatte, daß man einen Überschuß von Aluminiumchlorid und verdünntes Kaliumamalgam anzuwenden hat. Bei der Destillation sorgte er für genügenden Luftabschluß, indem er einfach das offene Ende der Glasröhre zu einer Capillare auszog. Zwei von diesen Konzepten sind in der von Frau K. Meyer zusammengestellten oben bereits zitierten Ausgabe von Oersteds wissenschaftlichen Werken abgedruckt, ein drittes ist in Foghs Mitteilung wieder gegeben.

Es ist merkwürdig, daß der sonst so geschickte Wöhler nicht versucht hat, einen größeren Überschuß von Aluminiumchlorid anzuwenden, nachdem er mit der zuerst angewandten Menge zu einem kaliumhaltigen Amalgam gekommen war. Dr. Toussaint, der auf Goldschmidts Veranlassung die Oerstedschen Versuche wiederholt hat, ist wie Fogh zu dem Resultat gekommen, daß es gelingt, Aluminium auf diesem Wege darzustellen, wenn man nur einen großen Überschuß von Aluminiumchlorid und Quecksilber anwendet.

Toussaint hat gefunden, daß man das Quecksilber

<sup>3)</sup> Vgl. H. C. Oersted, Scientific papers, Copenhagen 1920, Bd. I, S. CXXIII, herausgegeben von Frau K. Meyer.

aus dem Amalgam erst durch eine längere Erhitzung entfernen kann<sup>4)</sup>. Darum beanstandet Dr. Goldschmidt in seiner Mitteilung, daß Oersted nicht ausdrücklich angegeben hat, erst eine längere und höhere Erhitzung treibe den Rest des Quecksilbers aus. Wenn man aber bedenkt, daß Oersted die große Unbeständigkeit des Aluminiums beobachtet hatte, so ist es wohl selbstverständlich, daß er auf die Entfernung des Quecksilbers Gewicht legte. Mag nun auch in seinem Aluminium eine kleine Spur von Quecksilber geblieben sein, so ist er trotzdem als der erste Darsteller von metallischem Aluminium anzuerkennen. Erst 20 Jahre nach ihm gelang es Wöhler, das Aluminium in Form eines Metallregulus zu gewinnen.

Dr. Goldschmidt scheint ein gewisses Gewicht darauf zu legen, daß Oersted in einem Brief an Hansteen nur „glaubt“ den Weg gefunden zu haben, den besonderen Grundstoff der Tonerde für sich darzustellen. Dieser Brief ist aber am 21. März 1825 geschrieben. In dem Brief an Schweigger vom 9. Oktober 1825, der in Schweiggers Journal 45, 368 teilweise abgedruckt ist, hat er das Wort „glaubt“ gestrichen.

In seiner Arbeit über das Aluminium von 1827 schreibt Wöhler, daß Oersted selbst ihn zur Fortsetzung seiner Arbeiten über das Aluminium aufgemuntert habe. Da Oersted zu der Zeit mit anderen Arbeiten beschäftigt war, so ist es natürlich, daß er mit Freude sah, daß Wöhler sich die Aufgabe stellte, das Verfahren zur Darstellung des Aluminiums zu verbessern und dessen Eigenschaften zu studieren. Ich glaube durchaus nicht, daß man daraus, wie es Goldschmidt tut, schließen darf, daß Oersted eine Wiederholung seiner eigenen Versuche mißlungen sei. Nach dem Jahre 1825 hat Oersted kaum später mit Aluminium gearbeitet.

Außerdem sei noch hervorgehoben, daß Wöhler in der soeben erwähnten Arbeit betont, daß er nicht sagen will, es glücke nach Oersteds Methode nicht, das Aluminium zu reduzieren. Er wünscht also nicht zu schreiben, daß Oersted selbst das Aluminium nicht in den Händen gehabt habe.

Nur in einem Privatbrief an Berzelius (Briefwechsel, Bd. 1, S. 196—197) schreibt Wöhler: „Was

<sup>4)</sup> Daß Aluminium mit Quecksilber kein festes Amalgam bildet, sondern nur in Quecksilber etwas löslich ist, hat Fogh in einer anderen Arbeit nachgewiesen (Kgl. Danske Videnskabernes Selskab Mat.-fys. Medd. 3, Nr. 15 [1921]).

Oersted für einen Aluminiumklumpen hielt, ist ganz gewiß nichts anderes gewesen als ein aluminiumhaltiges Kalium.“

Die Arbeit von Fogh sowie auch die Toussaint zeigt, daß diese Behauptung von Wöhler ohne Berechtigung gewesen ist.

Durch Wöhlers Bemerkung in seinem Brief und wohl auch durch Wöhlers Angabe, daß Aluminium nicht schmelzbar ist bei einer Hitze, wobei Gußeisen schmilzt, ist Berzelius zu der Überzeugung gekommen, daß Oersteds Metall, das in einer Glasröhre geschmolzen erhalten wurde, nicht reines Aluminium gewesen ist.

Er nennt deshalb in den späteren Auflagen von seinem Lehrbuch Wöhler als den eigentlichen Entdecker des Aluminiummetalls, indem er Oersteds Versuche als „nur unvollständig geglückt“ erwähnt. Von seinem überall benutzten Lehrbuch ist diese Auffassung, wie leicht verständlich, in die ganze chemische Welt hineingedrungen.

Unmöglich ist es nicht, daß auch Oersted selber durch Wöhlers Angabe über die Unschmelzbarkeit des Aluminiums unsicher geworden ist.

Wir wissen aber jetzt, daß Aluminium schon bei 658° schmilzt.

Nur durch Wöhlers wenig sorgfältige Nachprüfung von Oersteds Verfahren und wohl auch durch seine unrichtige Angabe der Unschmelzbarkeit des Aluminiums ist es dazu gekommen, daß Wöhler als der eigentliche Entdecker des Aluminiums fast 100 Jahre lang gegolten hat.

Es ist nicht zu früh, Oersted in dem 100. Jahre nach der Ausführung seiner Arbeit wieder an seinen Platz als den ersten Darsteller des Aluminiums einzusetzen.

[A. 245.]

## Über das komplexchemische Verhalten des Berylliums.

Von Dr. R. FRICKE.

Vorgetragen auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker im September 1925 in Nürnberg.

(Eingeg. 4. Sept. 1925.)

Unter den Elementen nimmt das Beryllium mit seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften in vieler Beziehung eine Sonderstellung ein. Dies führt man sich am besten unter Betrachtung des periodischen Systems der Elemente vor Augen.

Nr. der Periode u. Zahl der Elemente	Reihe	Gruppe I		Gruppe II		Gruppe III		Gruppe IV		Gruppe V		Gruppe VI		Gruppe VII		Gruppe VIII		O
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b			
I	1	1 H																2 He
2=2<1 <sup>2</sup>		1.008																4.00
II	2	3 Li		4 Be		5 B		6 C		7 N		8 O		9 F				10 Ne
8=2<2 <sup>2</sup>		6.94		9.02		10.82		12.00		14.008		16.000		19.00				20.2
III	3	11 Na		12 Mg		13 Al		14 Si		15 P		16 S		17 Cl				18 Ar
8=2<2 <sup>2</sup>		23.00		24.32		26.97		28.06		31.04		32.07		35.46				39.88
IV	4	19 K		20 Ca		21 Sc		22 Ti		23 V		24 Cr		25 Mn		26 Fe	27 Co	28 Ni
18=2<3 <sup>2</sup>		39.10		40.07		45.10		48.1		51.0		52.0		54.93		55.84	58.97	58.68
	5	29 Cu		30 Zn		31 Ga		32 Ge		33 As		34 Se		35 Br				36 Kr
		63.57		65.37		69.72		72.5		74.96		79.2		79.92				82.9
V	6	37 Rb		38 Sr		39 Y		40 Zr		41 Nb		42 Mo		43 —		44 Ru	45 Rh	46 Pd
18=2<3 <sup>2</sup>		85.5		87.6		88.95		91.2		93.5		96.0				101.7	102.9	106.7
	7	47 Ag		48 Cd		49 In		50 Sn		51 Sb		52 Te		53 J				54 X
		107.88		112.4		114.8		118.7		121.8		127.5		126.92				130.2
VI	8	55 Cs		56 Ba		57 La		72 Hf		73 Ta		74 W		75 —		76 Os	77 Ir	78 Pt
32=2<4 <sup>2</sup>		132.8		137.4		138.9		180.8 <sup>1)</sup>		181.5		184.0				190.9	193.1	195.2
	9					58—71 Selten. Erden												
	10	79 Au		80 Hg		81 Tl		82 Pb		83 Bi		84 Po		85 —				86 Em
		197.2		200.6		204.4		207.2		209.0		(210.0)						(222)
VII	11	87 —		88 Ra		89 Ac		90 Th		91 Pa		92 U						
				226.0		(226)		232.1		(230)		238.2						
		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Cp			
		140.2	140.9	144.3	—	150.4	152.0	157.3	159.2	162.5	163.5	167.7	169.4	173.5	175.0			

Fig. 1.