

## Undersøgelser over Atomvægten for Aluminium.

Af

Julius Thomsen.

(Meddelt i Mødet den 7de Maj 1897.)

---

Ved de Undersøgelser, ved hvilke jeg bestemte Vandets kvantitative sammensætning eller med andre Ord: Forholdet imellem Brintens og Iltens Atomvægte, og som findes optagne i Selskabets Oversigt 1895, Side 342 ff. og Side 384 ff., benyttede jeg en Fremgangsmaade, som var væsentligt forskellig fra alle tidligere anvendte. Jeg bestemte nemlig dels Vægten af den Mængde Brint, som udvikles ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium i Kalilud, dels Vægten af den Iltmængde, som udfordres til at forbrænde den ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium udviklede Brint, og Undersøgelsen blev udført paa saadan Maade, at jeg ganske undgik at veje og maale de tvende Luftarter i luftformig Tilstand. Der er næppe nogen Tvivl om, at disse Undersøgelser have ført til et meget nøjagtigt Resultat.

Disse Undersøgelser afgive imidlertid ogsaa Materiale til en Fastsættelse af Aluminiumets Atomvægt; thi de føre jo netop til en direkte Bestemmelse af Vægtforholdet imellem Atomvægtene for Aluminium og Brint, ligesom ogsaa for Aluminium og Ilt. Bestemmelsen er en direkte, thi den forudsætter ikke Kendskab til andre Stoffers Atomvægte, saaledes

som det altid er Tilfældet, naar Atomvægten skal afledes af den kvantitative Sammensætning af en eller anden Forbindelse af Stoffet.

Mine omtalte Forsøg førte til det Resultat, at naar 1 Gram Aluminium opløses i Kalilud paa den angivne Maade, frigøres 0,11190 Gr. Brint. Da nu hvert Atom Aluminium ved Opløsning giver 3 Atomer Brint, maatte altsaa Atomvægten for Aluminium blive  $3 : 0,11190$  eller  $26,810$ , naar Brintens Atomvægt sættes lig 1. Ligesaa gav mine Undersøgelser det Resultat, at der til Forbrænding af den ved Opløsning af en Vægtenhed Aluminium udviklede Brint udfordres  $0,88787$  Gr. Ilt. Da nu 1 Atom Aluminium svarer til  $\frac{3}{2}$  Atomer Ilt, saa vilde dets Atomvægt, naar Iltens Atomvægt sættes lig 16, blive  $1,5 \cdot 16 : 0,88787$  eller  $27,031$ .

Disse Resultater vilde nu være gyldige, dersom det opløste Aluminium havde været fuldstændig frit for fremmede Stoffer, og dersom tillige de omtalte Forsøg havde givet de absolute Vægtmængder af Brint og Ilt, som svare til en Vægtenhed af Metallet. Medens disse Hensyn ganske kunde lades ude af Betragtning ved Bestemmelse af Forholdet imellem Brintens og Iltens Vægt paa Grund af den i Forsøgene anvendte Fremgangsmaade, stiller Sagen sig anderledes, naar det gælder at bestemme det absolute Vægtforhold imellem Aluminium og Brint eller Ilt. For at kunne benytte de vundne Resultater til en Beregning af Aluminiumets Atomvægt maatte der altsaa dels foretages en Undersøgelse af det benyttede Metals Indhold af fremmede Stoffer, dels maatte selve Opløsningsprocessens volumetriske Forhold underkastes en nærmere Undersøgelse.

1. Analyse af det benyttede Aluminiummetal. Som det vil erindres, maatte Metallet i de omtalte Forsøg anvendes i Pladeform, udklippet til smalle Strimler, og da der i samtlige Forsøg blev benyttet henimod 500 Gram Aluminium, kunde der selvfølgelig ikke tilvejebringes Metal af en absolut Renhed; men saa rent Metal som muligt blev ved Velvilje stillet

til Raadighed. En Undersøgelse viste, at Metallet kun indeholdt Jern og Silicium i paaviselig Mængde. Til Bestemmelsen af disse Stoffers Mængde blev Aluminiummetallet opløst i koncentreret Kalilud ligesom i de tidligere omtalte Forsøg. Ved denne Indvirkning udskilles Jernet metallisk, men alt Silicium gaar i Opløsning som Kiselsyre.

Jernet blev skilt fra Vædsken, opløst i fortyndet Syre, reduceret til Jernforlitesalt ved Zink og dernæst titreret med manganoversurt Kali. Fem Analyser, i hvilke der i alt blev opløst 75,38 Gr. Aluminium, gave i alt 0,2432 Gr. Jern eller for 1 Gr. Aluminium 0,00322 Gr. (de enkelte Bestemmelser gave henholdsvis 0,0032, 33, 31, 32 og 34 Gr. Jern for 1 Gr. Metal).

Silicium blev bestemt ved Opløsning af Metallet i Kalilud (Opløsning i Saltsyre var utilraadeligt, da der derved let dannes Siliciumbrint). Det udskilte Jern blev fraskilt, Opløsningen overmættet med Saltsyre, inddampet til Tørhed og Resten opvarmet; Saltet blev dernæst opløst i Vand, den udskilte Kiselsyre vejjet og endelig behandlet med Flussyre. Kiselsyremængden i den anvendte Kalilud blev bestemt paa samme Maade og fradraget Resultatet.

Opløst Metal.	Kiselsyre.	Kiselsyre. pr. 1 Gr. Metal.	Middel.
7,660 Gr.	0,1344 Gr.	0,01755 Gr.	} 0,01739 = 0,00819 Gr. Silicium.
7,740 -	0,1334 -	0,01724 -	

Atomvægten for Silicium er sat til 28,40.

Metallets Sammensætning bliver altsaa følgende:

Aluminium . . .	0,98859
Silicium . . . . .	0,00819
Jern . . . . .	0,00322
	<hr/>
	1,00000.

Ved Opløsning af Metallet i Kalilud gaar den hele Mængde Silicium i Opløsning som Kiselsyre under Udvikling af Brint. Da hvert Atom Silicium giver 4 Atomer Brint, svarer altsaa  $28,4 : 4 = 7,1$  Gr. Silicium til 1 Atom Brint; derimod giver

1 Atom Aluminium kun 3 Atomer Brint ved Opløsning i Kalilud, altsaa vil  $27 : 3 = 9$  Gr. Aluminium svare til 1 Atom Brint. I Beregningerne kunne vi altsaa lade Silicium optræde som Aluminium med en  $9 : 7,1$  Gange større Vægt. I Stedet for 0,00819 Gr. Silicium kunne vi altsaa sætte  $0,00819 \cdot 9 : 7,1 = 0,01038$  Gr. Aluminium; og føjes saa denne Vægt til 0,98859, saa vil Vægten af Aluminium svarende til 1 Gr. Metal blive 0,99897 Gr., hvilket Tal altsaa angiver den Vægt af rent Aluminium, som vilde give samme Brintmængde som 1 Gr. af det anvendte Metal; det angiver altsaa Korrektionen for Metallets Indhold af fremmede Stoffer.

Kontraktionen ved Opløsning af Aluminium i Kalilud er den anden Omstændighed, som maa medtages ved den endelige Beregning. Kaliluden havde samme Styrke, som i de omtalte Forsøg, i hvilke Aluminiums Vægtforhold til Brint blev bestemt (c. 2 Dele Kalihydrat og 3 Dele Vand), og Forholdet imellem Metallets og Ludens Vægt var omtrent det samme, som i omtalte Forsøg. Af Kaliludens Vægt og dens Vægtfylde findes dens Rumfang; føjes hertil Rumfanget af det til Opløsning bestemte Metal, haves det hele Rumfang før Opløsningen. Naar Reaktionen er tilendebragt, bestemmes atter Ludens Vægtfylde; dens Vægt er da den oprindelige plus Metallets Vægt, minus Vægten af den udviklede Brint samt af det udskilte Jern og af det fordampede Vand; dette bestemtes paa almindelig Maade, idet den udviklede Brint blev tørret med Klorcalcium, hvis Vægtforøgelse bestemtes. Forsøgenes Enkeltheder ere følgende:

a. Aluminiumets Vægt . . . . .	7,690 Gr.	5,912 Gr.
b. Kaliludens Vægt . . . . .	75,82 -	75,45 -
c. Ludens Vægtfylde . . . . .	1,2949 -	1,2964 -
d. — — efter Reaktionen	1,4502 -	1,4123 -
e. fordampet Vand . . . . .	0,174 -	0,125 -
f. udskilt Jern . . . . .	0,025 -	0,019 -
g. udviklet Brint . . . . .	0,861 -	0,661 -

Da Ludens Vægt efter Opløsningen af Metallet som omtalt er  $a + b - c - f - g$ , bliver dens Rumfang

$$(a + b - c - f - g) : d \dots\dots 56,858 \text{ Kubic. } 57,039 \text{ Kubic.};$$

føjes hertil Rumfanget af det fordampede Vand og af det udskilte Jern, saa have det hele Rumfang efter Reaktionen, henholdsvis  $\dots\dots\dots 57,035 \text{ Kubic. } 57,166 \text{ Kubic.}$

Rumfanget forinden Reaktionen er Summen af Ludens og Aluminiumets Rumfang; sættes dettes Vægtfylde lig 2,67, erholdes

$$\frac{a}{2,67} + \frac{b}{c} \dots\dots\dots 61,433 \text{ Kubic. } 60,414 \text{ Kubic.}$$

$$\text{Kontraktionen bliver da } \dots\dots 4,398 \quad - \quad 3,248 \quad -$$

$$\text{eller for hvert Gram Aluminium } 0,57 \quad - \quad 0,55 \quad -$$

Resultatet er altsaa følgende: Naar Aluminium opløses i Kalilud i et lukket Kar, af hvilket kun den udviklede Brint kan undvige, vil de reagerende Stoffers samlede Rumfang formindskes med 0,56 Kubic. for hvert Gram opløst Metal. Vægten af den af Apparatet udtraadte Brint svarer altsaa ikke til den absolute ved Reaktionen fremtrædende Brintmængde, men maa forøges med det Rumfang, som angiver Forskellen imellem Rumfanget af de reagerende Stoffer og den ved Reaktionen dannede Opløsning. Nu viser ovenstaaende Forsøg, at naar 1 Gram Aluminium opløses i 10—12 Gange sin Vægt stærk Kalilud (2 Vægtdele Kalihydrat og 3 Vægtdele Vand), vil den ved Reaktionen dannede Opløsning, iberegnet det udskilte Jern, have et Rumfang, som er 0,56 Kubic. ringere for hvert Gram Metal end det Rumfang, som svarer til det opløste Metals Vægt. Dette Rumfang indtages nu af fugtig Brint. Ifølge særskilte Forsøg er Kaliludens Dampspænding ved 18° lig 8,6 Mm., og de omtalte 0,56 Kubic. ville da svare til 0,52 Kubic. tør Brint ved 0° og 760 Mm. eller have en Vægt af 0,000047 Gram.

Ifølge mine omtalte Forsøg vil der ved Opløsning af 1 Gr. af det anvendte Aluminium udtræde 0,11190<sub>2</sub> Gram Brint af

Apparatet, lægges nu hertil 0,000047 Gram, som holdes tilbage i Apparatet paa Grund af den ved Opløsningen indtrædende Kontraktion af reagerende Stoffer, bliver den til 1 Gram af det anvendte Metal svarende absolute Vægt Brint 0,11195 Gram.

Ovenfor er det paavist, at 1 Gram af det anvendte Metal svarer til 0,99897 Gr. med Hensyn til Brintudvikling ved Opløsning i Kalilud, og Atomvægten for Aluminium i Forhold til Brintens Atomvægt bliver derfor

$$Al : H = \frac{3 \cdot 0,99897}{0,11195} = 26,770.$$

Paa lignende Maade findes dernæst Aluminiumets Atomvægt, naar Iltens Atomvægt sættes lig 16. Mine omtalte Forsøg viste, at der til hvert Gram af opløst Metal svarer en Vægt Ilt lig 0,88787 Gram. Lægges nu hertil den Vægt Ilt, som svarer til de omtalte 0,000047 Gram Brint, altsaa 0,00037 Gram, bliver den absolute Vægt Ilt, som svarer til 1 Gram af det anvendte Metal, 0,88824 Gr. Da der til hvert Atom Aluminium svarer  $\frac{3}{2}$  Atomer Ilt, bliver Aluminiumets Atomvægt for  $O = 16$

$$Al = \frac{24 \cdot 0,99897}{0,88824} = 25,992.$$

Undersøgelsens Resultat er altsaa, at Aluminiumets Atomvægt bliver

$$Al = \begin{cases} 26,770 & \text{for } H = 1 \\ 26,992 & \text{for } O = 16. \end{cases}$$

Det bør fremhæves, at disse to Værdier ere uafhængige af hinanden og Resultatet af særskilte Undersøgelser, i hvilke saavel Forholdet imellem Aluminium og Brint som Forholdet imellem Aluminium og Ilt ere direkte Bestemmelser og ikke, saaledes som det sker for de fleste Grundstoffers Vedkommende, beregnede det ene af det andet efter et antaget Forhold imellem Brintens og Iltens Atomvægte. —

Ældre Bestemmelser af Aluminiumets Atomvægt give en højere Værdi. De vigtigste af disse ere de af Mallet i

Aaret 1880 offentliggjorte; beregnet for  $H = 1$  falde hans Angivelser imellem 26,952 og 26,867<sup>1)</sup>. Det første Tal er afledet af en Bestemmelse af Lerjordens Mængde i Ammoniakalun; en anden Bestemmelse af Forholdet imellem Bromaluminium og Sølv gav 26,916; i en tredje Forsøgsrække bestemte han Forholdet imellem Metal og Brint omtrent som ovenfor og fandt Tallet 26,890, og i en fjerde Række fandt han Tallet 26,867 ved at bestemme Vandmængden, som den af Aluminium med Natronlud udviklede Brint kan danne.

De tvende sidstnævnte Bestemmelser skulde altsaa nærmest kunne sammenlignes med mine ovenfor vundne Resultater; men der er dog følgende at indvende imod dem: 1. Mallet har arbejdet med for smaa Mængder Aluminium; i 6 Forsøg, i hvilke Metallet opløses i Kalilud under Brintudvikling, anvendes ialt kun 3,35 Gr., hvorimod 162,37 Gr. bleve opløste i mine tilsvarende Forsøg; 2. Mallet har bestemt den udviklede Brintmængde efter sammes Rumfang; denne Metode er højst usikker, dels paa Grund af den ringe Mængde, 4—900 Kubikcentimeter, dels fordi Reduktionen af den maalte fugtige Brintmængdes Rumfang til Vægten af tilsvarende tør Brint frembyder mange Kilder til Fejltagelser; i mine Forsøg blev Brintmængden ligefrem bestemt ved Vejning, uden at det var fornødent at opsamle den i luftformig Tilstand. 3. Det af Mallet anvendte Apparat var meget ufuldkomment, og endelig har han ved sine Beregninger ikke taget Hensyn til Vædskens Kontraktion ved Processen.

I den sidste Forsøgsrække bestemmer Mallet den udviklede Brintmængde ved at ilte den til Vand; hertil anvendte Mallet Methoden at lede Brinten over glødende Kobberilte; men denne Methode frembyder dels stor Usikkerhed, og saa godt som alle Forsøg paa at bestemme Vandets S sammensætning ad denne Vej have som bekendt ogsaa givet urigtige Resultater; dernæst har

---

<sup>1)</sup> Clarke, The Constants of Nature, Part V, 1897, p. 176.

Mallet i 3 Forsøg tilsammen kun anvendt 10,37 Gram Metal, medens der i mine 11 Forsøg blev benyttet 86,94 Gram Metal til Bestemmelse af Forholdet mellem Aluminium og Ilt.

Jeg tvivler saaledes ikke om, at de af mig udførte Bestemmelser frembyde en større Garanti med Hensyn til Resultatets Paalidelighed end de tidligere bekendte.

Universitetets kemiske Laboratorium, April 1897.

---