

## Om Absorption af Luftarter i Vædsker ved forskellige Temperaturer.

Af

Christian Bohr.

(Meddelt i Mødet 22. Oktbr. 1897).

---

Som bekendt er der hidtil ikke paavist nogen simpel Sammenhæng mellem den i en Vædske absorberede Luftmængde og Temperaturen, selv ikke efter at der i den senere Tid foreligger en Række Bestemmelser af Winkler, Timofejew og Bohr & Bock, der maa anses for temmelig nøjagtige.

Efter de foreliggende Forsøg over det osmotiske Tryk og over Luftarternes Diffusion gennem Vædsker synes de i Vædsken absorberede Luftarter at forholde sig, som om de var til Stede i luftformig Tilstand; det ligger da nær at prøve, om det osmotiske Tryk, beregnet paa sædvanlig Maade for de i en Vædske opløste Luftarter, er konstant ved et konstant Absorptionstryk. I saa Tilfælde vilde  $\alpha T$  være konstant, idet  $T$  er Absorptionstemperaturen i absolute Grader og  $\alpha$  det i 100 Cbc Vædske ved et Absorptionstryk af 760<sup>mm</sup> Hg. optagne Antal Cbc. Luft, maalt ved 0° og 760<sup>mm</sup>. Imidlertid gengiver et saadant Udtryk ikke tilnærmelsesvis Forsøgsresultaterne selv for korte Temperaturintervaller; derimod viser der sig inden for et betydeligt

Temperaturinterval, om hvis Begrænsning senere, at gælde Ligningen

$$\alpha(T-n) = K,$$

hvor  $\alpha$  og  $T$  have samme Betydning som ovenfor, medens  $n$  og  $K$  ere Konstanter, forskellige for de forskellige Luftarter.

I de følgende 3 Tabeller findes de efter ovenstaaende Formel beregnede Værdier af  $\alpha$  sammenstillede med de virkelig iagttagne. Tabellerne omfatte (efter Landolt & Börnsteins physikalisch-chemische Tabellen, 1894, pag. 256 og fl.) saa godt som samtlige Luftarter, hvis Absorption i Vand eller Alkohol er bestemt. Overensstemmelsen mellem de beregnede og de fundne Værdier er gennemgaaende fortrinlig for de iagttagelser, der skyldes Winkler, Timofejew og Bohr & Bock, altsaa for  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO$  og  $NO$  i Vand; Bunsens iagttagelser (Kulsyre og Æthylen i Vand), der, hvor de ere gentagne med forbedrede Metoder, have vist sig ikke fuldstændig nøjagtige, give ved Beregningen heller ikke fuldt saa gode Overensstemmelser. Kvælstofforilten (bestemt af Carius) følger med Hensyn til Absorptionen i Vand ikke ovenstaaende Ligning; de øvrige Forsøg af Carius, der alle angaa Absorptionen i Alkohol, stemme gennemgaaende godt, ogsaa hvad Kvælstofforilten angaar. Det er herefter at formode, at Afvigelserne ved sidstnævnte Luftarts Absorption i Vand skyldes delvis Omdannelse til  $NOH$ .

Carius' Forsøg over Brintens og Kvælstoffets Absorption i Alkohol ere udeladte, da Forsøg efter ældre Metoder ikke tør anses for paalidelige nok, naar  $\alpha$ 's Forandringer med Temperaturen absolut set ere saa smaa som i de nævnte Tilfælde. Bohr & Bocks Forsøg over Brintens Absorption i Vand ere kun udtrykte med 3 gyldige Decimaler og have derfor ikke kunnet benyttes ved Beregningerne.



Tabel 1.  
Absorption af Ilt, Kvælstof og Kulilte i Vand.

$t^{\circ}$ C.	Ilt (Bohr & Bock)		Ilt (Winkler)		Kvælstof (Bohr & Bock)		Kvælstof (Winkler)		Kulilte (Winkler)	
	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.
0	4,96	4,93	4,89	4,97	2,39	2,43	2,35	2,33	3,54	3,48
2	4,72	4,67	4,63	4,68	2,29	2,31	2,24	2,22	3,37	3,32
4	4,50	4,44	4,40	4,43	2,20	2,21	2,13	2,12	3,22	3,17
6	4,29	4,23	4,18	4,20	2,11	2,11	2,03	2,03	3,08	3,04
8	4,09	4,04	3,98	4,00	2,03	2,02	1,94	1,94	2,95	2,91
10	3,90	3,86	3,80	3,81	1,96	1,94	1,86	1,86	2,82	2,80
12	3,73	3,70	3,64	3,64	1,89	1,87	1,78	1,79	2,69	2,70
14	3,57	3,55	3,49	3,49	1,82	1,80	1,71	1,73	2,59	2,60
16	3,43	3,42	3,35	3,34	1,76	1,73	1,65	1,66	2,49	2,51
18	3,29	3,29	3,22	3,21	1,70	1,67	1,59	1,61	2,41	2,42
20	3,17	3,17	3,10	3,09	1,64	1,62	1,54	1,55	2,32	2,34
22	3,06	3,07	2,99	2,98	1,58	1,56	1,50	1,50	2,24	2,27
24	2,95	2,96	2,89	2,88	1,53	1,52	1,45	1,46	2,17	2,20
26	2,86	2,87	2,80	2,78	1,48	1,47	1,41	1,41	2,11	2,14
28	2,76	2,79	2,71	2,69	1,43	1,43	1,37	1,37	2,05	2,07
30	2,68	2,69	2,62	2,60	1,38	1,39	1,34	1,33	2,00	2,02
35	2,49	2,50	2,45	2,41	1,27	1,29	1,25	1,27	1,88	1,88
40	2,33	2,34	2,31	2,24	1,18	1,21	1,18	1,16	1,78	1,77
45	2,19	2,20	2,19	2,10	1,11	1,14	1,13	1,10	1,69	1,67

Tabel 2.  
Absorption af Brint, Kulsyre, Kvælstofforilte, Kvælstoftveilte,  
Æthylen og Methan i Vand.

$t^{\circ}$ C.	$H_2$ (Timofejew)		$H_2$ (Winkler)		$CO_2$ (Bunsen)		$N_2O$ (Carius)		$NO$ (Winkler)		$C_2H_4$ (Bunsen)	
	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.
0	2,153	2,149	2,148	2,148	180	174	131	117	7,38	7,35	25,6	26,2
2	2,115	2,114	2,105	2,106	165	160	122	111	6,98	6,95	23,9	24,1
4	2,079	2,079	2,064	2,065	151	148	113	106	6,63	6,60	22,3	22,4

$t^{\circ} \text{C.}$	$H_2$ (Timofejew)		$H_2$ (Winkler)		$CO_2$ (Bunsen)		$N_2O$ (Carius)		$NO$ (Winkler)		$C_2H_4$ (Bunsen)	
	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- rednet.
6	2,044	2,045	2,025	2,025	139	137	106	101	6,30	6,28	20,8	20,8
8	2,010	2,013	1,989	1,987	128	128	99	96	5,99	5,99	19,5	19,5
10	1,978	1,982	1,955	1,951	118	120	92	92	5,71	5,73	18,4	18,3
12	1,947	1,951	1,925	1,916	110	113	86	88	5,45	5,49	17,4	17,3
14	1,918	1,921	1,897	1,882	103	107	80	85	5,24	5,27	16,5	16,4
16	1,889	1,893	1,869	1,849	98	101	75	81	5,06	5,06	15,8	15,5
18	1,863	1,865	1,844	1,817	93	96	71	78	4,48	4,87	15,3	14,8
20	1,837	1,838	1,819	1,787	90	92	67	76	4,71	4,70	14,9	14,1
22	1,813	1,812	1,792	1,757	"	"	"	"	"	"	"	"
24	1,791	1,786	1,766	1,728	"	"	"	"	"	"	"	"
26	1,770	1,761	1,742	1,701	"	"	"	25°	4,32	4,31	"	"

Tabel 3.

Absorption af Kulsyre, Kvælstofforilte, Kvælstoffveilde,  
Methan og Æthylen i Alkohol.

$t^{\circ} \text{C.}$	$CO_2$ (Carius)		$N_2O$ (Carius)		$NO$ (Carius)		Methan (Carius)		Æthylen (Carius)	
	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.	iagt- taget.	be- regnet.
0	433	430	418	417	31,6	31,5	52,3	52,2	360	378
2	415	412	404	402	30,9	30,9	51,7	51,7	348	362
4	397	395	391	388	30,3	30,3	51,1	51,1	338	348
6	381	379	378	375	29,7	29,7	50,6	50,6	327	334
8	366	364	366	363	29,1	29,2	50,1	50,1	318	322
10	351	351	354	352	28,6	28,7	49,5	49,5	309	311
12	338	338	343	341	28,1	28,2	49,0	49,0	300	300
14	326	327	332	331	27,7	27,7	48,5	48,5	292	290
16	314	316	321	321	27,3	27,2	48,0	48,0	285	280
18	304	306	312	313	26,9	26,8	47,6	47,6	278	272
20	295	296	303	304	26,6	26,4	47,1	47,1	271	263
22	286	287	294	296	26,3	25,9	46,6	46,6	265	256
24	279	279	285	289	26,1	25,5	46,2	46,2	260	248



De til Beregning af ovenstaaende Tabeller benyttede Konstanter  $n$  og  $K$  ere fundne paa følgende Maade. Ifølge Formlen  $\alpha(n-T) = K$  er  $\alpha T$  en retlinet Funktion af  $\alpha$ . Man har da for samtlige i en Forsøgsrække iagttagne Værdier dannet  $\alpha T$  og opført dem som Ordinator med  $\alpha$  som Abscisser.  $\alpha T$  viser sig for Størstedelen af Værdierne aftagende for aftagende Værdier af  $\alpha$ , og meget nøje beliggende paa en ret Linie; Tangenterne, der kunne beregnes mellem 2 og 2 Punkter, vise ingen iøjnefaldende Tendens til regelmæssig Afvigelse. For smaa Værdier af  $\alpha$  svarende omtrent til  $50^\circ - 60^\circ$  C afviger imidlertid  $\alpha T$ -Kurven fra den rette Linie, i det den skarpt bøjer om og bliver stigende for aftagende Værdier af  $\alpha$ ; Stigningen er ikke retlinet, men af hyperbolsk Form. Der maa da ved en Temperatur af omkring  $50 - 60^\circ$  C. være indtraadt en temmelig brat Forandring i de Absorptionen betingende Forhold, og dette gælder for samtlige Luftarter, hvis Absorption i Vand er undersøgt ved tilstrækkelig høje Temperaturer ( $N_2$ ,  $O_2$  og  $CO$ ); vel viser Winklers Forsøg for Brintens Vedkommende en Afvigelse fra den rette Linie allerede fra  $10^\circ$  af; men Timofejew's Iagttagelser give en ret Linie, saalangt Forsøgene række ( $26^\circ$  C.), saaledes at der ingen Grund er til at antage, at denne Luftart danner Undtagelse fra den almindelige Regel. Særlig kan bemærkes, at det af Bohr & Bock paaviste Minimum for Brintens  $\alpha$  just falder ved den Temperatur, hvor den bratte Forandring af Iltens og Kvælstoffets  $\alpha T$  Kurve viser en Forandring i Absorptionsbetingelserne.

Nedenstaaende Tabeller give Værdierne for Konstanterne  $n$  og  $K$  i de enkelte Forsøgsrækker. Rubriken  $M$  indeholder Luftartens Molekyltal; Rubriken  $V$  Molekylvarmen ved konstant Tryk; og  $k$  Forholdet imellem Molekylvarmen ved konstant Tryk og konstant Volumen.

(Konstanterne  $n$  og  $K$  ere i Tabellerne angivne uden Decimaler medens der til Beregning af Tabel 1, 2, 3 er anvendt. 1 Decimal).

Tabel 4.  
Absorption i Vand.

Luftart.	$K$	$n$	$M$	$V$	$k$	Iagttaget.
$H_2$	254	155	2	6,82	1,41	Timofejew
$H_2$	212	174	2	6,82	1,41	Winkler
$CO$	144	232	28	6,86	1,41	Winkler
$N_2$	93	233	28	6,83	1,41	Winkler
$N_2$	97	233	28	6,83	1,41	Bohr & Bock
$NO$	260	238	30	6,95	1,40	Winkler
$O_2$	164	240	32	6,96	1,40	Winkler
$O_2$	178	237	32	6,96	1,40	Bohr & Bock
$CO_2$	3881	251	44	9,55	1,26	Bunsen
$C_2H_4$	610	250	28	11,31	1,21	Bunsen

Absorption i Alkohol.

Luftart.	$K$	$n$	$M$	$V$	$k$	Iagttaget.
$NO$	3240	170	30	6,95	1,40	Carius
$CH_4$	9566	90	16	9,49	1,27	—
$C_2H_4$	17400	227	28	11,31	1,21	—
$CO_2$	19053	229	44	9,55	1,26	—
$N_2O$	22533	219	44	9,94	1,25	—



For Brintens Vedkommende maa, efter hvad foran er udviklet, Konstanten fra Timofejews Forsøg alene anvendes; iøvrigt er der god Overensstemmelse mellem Værdierne, hvor der foreligger dobbelte Forsøgsrækker. Da Winklers Forsøgsrække synes at stemme lidt bedre med Beregningen især ved de lavere Temperaturer, maa vel Konstanten  $n = 240$  for Iltens Vedkommende foretrækkes.

Ved Hjælp af Tabellens Konstanter kan nu en Beregning af  $\alpha$  for forskellige Temperaturer let foretages, idet  $273 - n$  adderes til Temperaturen, udtrykt i Grader Celsius og Konstanten  $K$  dermed divideres.

Ligningen

$$\alpha(T-n) = K$$

giver for  $T = n$  den absorberede Luftmængde  $\alpha = \infty$  og det osmotiske Tryk beregnet paa sædvanlig Maade  $= 0$ ; saafremt Ligningen og Konstanternes Værdi var gyldig ikke alene i det observerede Temperaturinterval, men ogsaa, hvorom man foreløbig ingen Mening kan danne sig, for en Temperatur  $= n$  i absolute Grader, vilde den absorberede Luft ved nævnte Temperatur være uden Spænding. Undersøgelse af Forholdet ved lavere Temperaturer end de hidtil ved Absorptionen anvendte frembyder da Interesse og vil vel i en Del Tilfælde ikke være uudførlig.

Værdien af  $n$  synes efter Tabel 4 i nogle af de observerede Tilfælde at staa i Relation til Molekyltallet; saaledes have Luftarterne  $CO$  og  $N_2$  samme Molekularvægt og samme Værdi for  $n$ . En Sammenligning mellem  $n$  og Molekyltallet kan imidlertid øjensynlig kun have Betydning for de Tilfælde, hvor Energien er den samme for samme Temperatur, altsaa hvor Tallene ere konstante, henholdsvis i Rubrikerne  $V$  og  $k$ .

Dette er, hvad Absorptionen i Vand angaar, kun Tilfældet for  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $NO$  og  $O_2$ ; for disse Luftarters Vedkom-

mende viser Kvadratroden af Molekyltallet sig at være en retlinet Funktion af  $n$  og tilnærmelsesvis udtrykt ved

$$\sqrt{M} = n \cdot 0,04968 \div 6.286.$$

Saaledes findes for  $\sqrt{M}$

	$H_2$	$N_2$	$CO$	$NO$	$O_2$
iaagttaget	1,41	5,29	5,29	5,48	5,66
beregnet	1,41	5,29	5,24	5,54	5,64

For disse Luftarter lader Absorptionen ved forskellige Temperaturer sig saaledes beregne af Molekyltallet og Konstanten  $K$ ; hvad angaar Konstanterne for Absorptionen i Alkohol, findes blandt Forsøgene kun én Luftart, Kvælstofforilte, som er direkte til at sammenligne med de nysnævnte i Vand absorbere Luftarter; da Værdien af  $n$  for denne Luftart i Vand er 260, i Alkohol 170, viser  $n$  sig saaledes afhængig af Vædskerens kemiske Natur.

De øvrige Luftarter, hvis Absorption i Alkohol er undersøgt, høre alle til den Gruppe i hvilken en simpel Sammenhæng mellem  $n$  og Molekyltal ikke er at vente. Imidlertid er dog ogsaa for denne Gruppe en vis Regelmæssighed umiskendelig; saaledes er Værdien af  $n$  for Æthylen og Kulsyre saa godt som den samme for begge, baade i Vand (henholdsvis 250 og 251) og i Alkohol (227 og 229).