Über die Refractionsäquivalente der Elemente

Alfred Hauke.

Aus dem physikalisch-chemischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 5 Textfiguren.)

Die Theorie der Refractionsäquivalente fusst auf dem Begriff der Refractionsconstante R eines Körpers und deren Summationsgesetz:

$$MR \equiv \Sigma m_i r_i.$$
 1)

Dabei bedeuten M und die m die Massen des Körpers und aller Bestandtheile, die r die Refractionsconstanten der letzteren.

Die Gleichung I) ist aber nicht immer erfüllt. Sicher ist nur

$$MR \equiv \Sigma m_i f_i(r_i) \equiv \Sigma m_i r_i + \Sigma m_i \varphi_i$$

für $f(r) = r + \varphi$, wobei f und φ Functionen von r sind. $\Sigma m \varphi = D$ ist also das Correctionsglied.

Es ist leicht, den Werth von D durch Experimente zu erhalten.

Zur Bestimmung der φ werden gewisse Annahmen gemacht, welche die Erfahrung rechtfertigt.

Wenn D = 0 ist, setzt man alle $\varphi = 0$ und betrachtet nach Brühl's ¹ Vorgang überhaupt die φ bloss als Functionen der Constitution, setzt sie also für gleich oder ähnlich constituirte Körper constant voraus.

Landolt² hat aus praktischen Gründen den Begriff des Refractionsäquivalentes eingeführt:

¹ Wied. Beibl. 4, S. 776, 1880. Pogg. Ann. 123, 1864.

Das Product aus der Refractionsconstante einer Verbindung oder Atomgruppe mit dem Moleculargewichte P, RP = Q nennt er die Molecularrefraction oder das Refractionsäquivalent der Verbindung, respective der Gruppe.

Analog heisst $p \cdot r = q$ die Atomrefraction eines Elementes, wenn p das Atomgewicht und r die Refractionsconstante desselben bedeutet.

Natürlich ist $Q = \Sigma q + \Delta$, wenn $\Delta = \Sigma p \varphi$ bedeutet.

Unter der Refractionsconstante einer Substanz versteht man eine Function des Brechungsexponenten, die vom Zustande derselben unabhängig ist.

Es wurden hauptsächlich drei Ausdrücke als Refractionsconstante bezeichnet und verwendet, die sämmtlich nur Functionen des Brechungsexponenten = n und der Dichte = d sind und keine andere Naturconstante enthalten, nämlich:

1.
$$R_1 = \frac{n^2 - 1}{d}$$
, die Newton'sche Formel,
2. $R_2 = \frac{n - 1}{d}$ die empirische oder *n*-Formel,
3. $R_3 = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$ $\frac{1}{d}$, das theoretische Gesetz oder die

n²-Formel.

750

Nasini¹ machte darauf aufmerksam, dass diese drei Formeln nicht allgemein vereinbar sind. Sonst müssten die folgenden Proportionen bestehen:

$$n+1 \quad 1 \quad \frac{n+1}{n^2+2} = 1 \quad c_2 \quad c_3,$$

worin c_2 und c_3 Constante sind.

Für Gase ist das auch angenähert erfüllt, weil für diese n wenig grösser als 1 ist.

In diesem Falle werden c_2 und c_3 ungefähr $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$. Für Flüssigkeiten bewegen sich die Werthe der *n* zwischen 1·3 und 1·6. In diesem Intervall wächst die Grösse $\frac{n^2+2}{n^2-1}$ nur

¹ Berl. Ber. 40, S. 71, 1884.

von 1.6 zu 1.76, weshalb die Formeln 2) und 3) ziemlich vergleichbare Resultate geben.

Wegen der Dispersion wird R im Allgemeinen nur für Brechungsexponenten bei bestimmter Wellenlänge constant sein. Es wäre denn die Änderung des R, welche bloss durch die Dispersion $= \delta$ hervorgerufen wird, ebenfalls constant.

Für 1) ist die Bedingung dafür $\frac{2n\delta}{d} = \text{const}$, d. h. $2n\delta$ müsste der Dichte proportional sein.

Für 2) müsste $\frac{\delta}{d} = \text{const}$, d. h. die Dispersion der Dichte proportional sein.

Für 3) ergibt sich die Bedingungsgleichung

$$\frac{6n\delta}{d\left(n^2+2\right)^2} = \text{const.}$$

Mögen diese Gleichungen bestehen oder nicht, jedenfalls muss man, um vergleichbare Werthe für R und die r zu erhalten, Licht von bestimmter Wellenlänge zur Bestimmung der Brechungsexponenten verwenden.

Schrauff¹ hat darauf zuerst hingewiesen. Um von der Dispersion frei zu sein, schlug er vor, die Wellenlänge $\lambda = \infty$, d. h. die Constante A aus der Cauchy'schen Interpolationsformel $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + zu$ Grunde zu legen.

In neuerer Zeit ist man aus praktischen Gründen auf Brühl's² Vorschlag davon abgegangen und reducirt jetzt gewöhnlich auf die C-Linie des Sonnenspectrums.

Conrady³ u. A. machten, ohne viel Erfolg, den Versuch, das Natriumlicht als Normallicht einzuführen.

Nun noch einige Worte über die gebräuchlichen Refractionsconstanten.

Aus Newton's Emissionstheorie des Lichtes folgerte Laplace,⁴ dass

¹ Diese Sitzungsber. seit 1861.

² Seit 1880.

³ Zeitschr. für physikal. Chemie, III. Bd., S. 210, 1889.

⁴ Méc. cél. IV, S. 232.

Das Product aus der Refractionsconstante einer Verbindung oder Atomgruppe mit dem Moleculargewichte P, RP = Q nennt er die Molecularrefraction oder das Refractionsäquivalent der Verbindung, respective der Gruppe.

Analog heisst p.r = q die Atomrefraction eines Elementes, wenn p das Atomgewicht und r die Refractionsconstante desselben bedeutet.

Natürlich ist $Q = \Sigma q + \Delta$, wenn $\Delta = \Sigma p \varphi$ bedeutet.

Unter der Refractionsconstante einer Substanz versteht man eine Function des Brechungsexponenten, die vom Zustande derselben unabhängig ist.

Es wurden hauptsächlich drei Ausdrücke als Refractionsconstante bezeichnet und verwendet, die sämmtlich nur Functionen des Brechungsexponenten = n und der Dichte = d sind und keine andere Naturconstante enthalten, nämlich:

1.
$$R_1 = \frac{n^2 - 1}{d}$$
, die Newton'sche Formel,
2. $R_2 = \frac{n - 1}{d}$ die empirische oder *n*-Formel,
3. $R_3 = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{d}$, das theoretische Gesetz oder die

*n*²-Formel.

750

Nasini¹ machte darauf aufmerksam, dass diese drei Formeln nicht allgemein vereinbar sind. Sonst müssten die folgenden Proportionen bestehen:

$$n+1 \quad 1 \quad \frac{n+1}{n^2+2} = 1 \quad c_2 \quad c_3,$$

worin c_2 und c_3 Constante sind.

Für Gase ist das auch angenähert erfüllt, weil für diese n wenig grösser als 1 ist.

In diesem Falle werden c_2 und c_3 ungefähr $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$.

Für Flüssigkeiten bewegen sich die Werthe der n zwischen

1.3 und 1.6. In diesem Intervall wächst die Grösse $\frac{n^2+2}{n^2-1}$ nur

¹ Berl. Ber. 40, S. 71, 1884.

von 1.6 zu 1.76, weshalb die Formeln 2) und 3) ziemlich vergleichbare Resultate geben.

Wegen der Dispersion wird R im Allgemeinen nur für Brechungsexponenten bei bestimmter Wellenlänge constant sein. Es wäre denn die Änderung des R, welche bloss durch die Dispersion $= \delta$ hervorgerufen wird, ebenfalls constant.

Für 1) ist die Bedingung dafür $\frac{2n\delta}{d} = \text{const}$, d. h. $2n\delta$ müsste der Dichte proportional sein.

Für 2) müsste $\frac{\delta}{d} = \text{const}$, d. h. die Dispersion der Dichte proportional sein.

Für 3) ergibt sich die Bedingungsgleichung

$$\frac{6n\delta}{d\left(n^2+2\right)^2} = \text{const.}$$

Mögen diese Gleichungen bestehen oder nicht, jedenfalls muss man, um vergleichbare Werthe für R und die r zu erhalten, Licht von bestimmter Wellenlänge zur Bestimmung der Brechungsexponenten verwenden.

Schrauff¹ hat darauf zuerst hingewiesen. Um von der Dispersion frei zu sein, schlug er vor, die Wellenlänge $\lambda = \infty$, d. h. die Constante A aus der Cauchy'schen Interpolationsformel $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + zu$ Grunde zu legen.

In neuerer Zeit ist man aus praktischen Gründen auf Brühl's² Vorschlag davon abgegangen und reducirt jetzt gewöhnlich auf die C-Linie des Sonnenspectrums.

Conrady³ u. A. machten, ohne viel Erfolg, den Versuch, das Natriumlicht als Normallicht einzuführen.

Nun noch einige Worte über die gebräuchlichen Refractionsconstanten.

Aus Newton's Emissionstheorie des Lichtes folgerte Laplace,⁴ dass

¹ Diese Sitzungsber. seit 1861.

² Seit 1880.

³ Zeitschr. für physikal. Chemie, III. Bd., S. 210, 1889.

⁴ Méc. cél. IV, S. 232.

$$R = \frac{n^2 - 1}{d} = \frac{4k}{V^2} = \text{const},$$
 1)

wobei k die Anziehungsconstante der Substanz und V die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum bedeuten.

Die Grösse n^2 —1 wurde brechende Kraft genannt.

Biot's und Arago's ¹ Untersuchungen über die Lichtbrechung der Gase bestätigten die Gleichung 1), ergaben aber für chemische Verbindungen die $\varphi \neq 0$.

Arago und Petit² fanden bei grösseren Temperaturintervallen R von der Temperatur abhängig.

Dulong's ³ Messungen führten zu dem Resultate, dass auch für Gasmischungen $\varphi \neq 0$ ist.

Wahrscheinlich auf Grund einer Bemerkung Arago's, dass nämlich für Gase wegen der geringen Abweichung des Brechungsexponenten von der Einheit auch $\frac{n^m-1}{d} = \text{const ist}$, kamen Gladstone⁴ und Dale in England und Landolt⁵ in Deutschland zu der rein empirischen Formel

$$R = \frac{n-1}{d} = \text{const}, \qquad 2)$$

die sich den Thatsachen schon bedeutend besser anschliesst, wenn auch Rühlmann's ⁶ und Wüllner's ⁷ Untersuchungen ergaben, dass auch 2) nur als Näherungsformel zu betrachten sei, wie etwa das Mariotte'sche Gesetz.

Aber auch die Formel 1) fand noch lange Anhänger, obwohl sie unzweckmässiger ist und ihre theoretische Basis längst verloren hatte.

Ja Hock⁸ versuchte es sogar, sie neu zu begründen und Schrauff⁹ gibt eine Tafel der Refractionsäquivalente fast aller Elemente, die auf Newton's Formel basirt ist.

- ⁶ Pogg. Ann. 132, S. 202, 1867.
- ⁷ Pogg. Ann., 133, 1868.
- ⁸ Pogg. Ann. 112, S. 347, 1861.
- ⁹ Diese Sitzungsber. 52, 1865. Berl. Ber. 21, 208.

¹ Mém. de l'Instit. France, 7, 1806. Gilb. 25, 345, 1807; 26 36, 1807. Ann. chim. phys. 1, 1, 1816.

³ Ann. chim. phys. 31, 154, 1826.

⁴ Phil. Trans. 1858, 887.

⁵ Pogg. Ann. 123, 1864.

Er war dabei gezwungen, für dieselbe Substanz je nach dem Aggregatzustande mehrere Äquivalente zu unterscheiden.

Gladstone¹ berechnete auf Grund der zweiten Formel ebenfalls eine Tabelle der Atomrefractionen, auf die ich noch zurückkomme.

Die dritte Formel hat vor den beiden anderen den Vorzug, dass sie auf moderner theoretischer Grundlage berechnet wurde und die Thatsachen besser wiedergibt, wie besonders Brühl² nachwies.

Daher ist sie auch jetzt fast ausschliesslich in Gebrauch.

L. Lorenz³ in Kopenhagen und H. A. Lorentz⁴ in Leyden gelangten auf verschiedenem Weg, ersterer auf Grund specieller mechanischer Annahmen, letzterer von Maxwell's elektromagnetischer Lichttheorie ausgehend, fast gleichzeitig zur Gleichung:

$$R_3 = \frac{A^2 - 1}{A^2 + 2} \frac{1}{d}, \qquad \qquad 3)$$

worin A die Cauchy'sche Constante ist.

Landolt⁵ sah sich veranlasst, sein reiches Beobachtungsmaterial auf die n^2 -Formel umzurechnen, obwohl er erkannte, dass auch R_3 von der Temperatur nicht ganz unabhängig ist.

Das veranlasste Johst⁶ andere empirische Formeln aufzustellen, wie $R = \frac{\sqrt{n-1}}{d}$ und $R = \frac{n-1}{n+2} \frac{1}{d}$ Diese waren aber nicht im Stande, die n^2 -Formel zu verdrängen, sondern blieben unbeachtet.

Ich muss noch die Untersuchungen Ketteler's ⁷ erwähnen, welche die Ziffer 2 im Nenner von R_3 in vielen Fällen als unrichtig ergaben.

Er stellte daher eine neue Theorie der Refractionsäquivalente auf, indem er von der folgenden Gleichung ausging:

4 Wied. Ann. 9, 70, 1880. Berl. Ber. 1882.

Sill. Journ. (3), XXIX, 55-57, 1885. Wied. Beibl. IX, 417. Zeitschr. für physikal. Chemie, VII, S. 141, 1891. Wied. Ann. 11, 70, 1880.

 ⁶ Wied. Ann. 20, 47, 1883.
 Zeitschr. f
 ür physikal. Chemie, II, 1888, S. 905.

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + x} \frac{1}{d}$$

Aus theoretischen Gründen setzte er $x = \frac{R}{\beta}$ -1, wodurch die Gleichung die Form annimmt:

$$R \equiv (n^2 - 1) \left(\frac{1}{d} - \beta \right) \cdot$$

Dabei ist β das wahre Volumen der Substanz.

Diese Formel enthält zwei Naturconstanten, schliesst sich daher besser den Thatsachen an. Ihre Anwendbarkeit ist aber dadurch sehr beschränkt, dass sie die Kenntniss von β voraussetzt.

Zur Bestimmung der wahren Volumina hat Clausius¹ eine Formel abgeleitet, die uns wieder auf die n^2 -Formel zurückführt.

Er fand für kugelförmige Partikelchen die Dielektricitätsconstante $= \varkappa = \frac{1+2\nu}{1-\nu}$ oder $\nu = \frac{\varkappa - 1}{\varkappa + 2}$ wobei ν das wahre Volumen bedeutet.

Nach Maxwell's Theorie der Elektricität und des Lichtes ist nun $\varkappa = n^2$. Das Experiment ergab² in vielen Fällen die Richtigkeit dieser Gleichung.

Durch Substitution erhält man:

$$v = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$
.

Diese Gleichung verwendeten Dorn³ und Fr. Exner⁴ zur Bestimmung der Molekülgrössen.

Die Lorenz'sche Formel geht durch die Einführung des vin folgende über:

$$R = \frac{v}{d}$$

Also ist $\frac{1}{R}$ das wahre specifische Gewicht einer Substanz, wenn sie aus kugelförmigen Partikelchen besteht, innerhalb deren kein leerer Raum mehr ist.

- ² U. a. Boltzmann, diese Sitzungsber. 67 und 69, 1873 und 1874.
- ⁸ Wied. Ann. 13, S. 378.
- ⁴ Diese Sitzungsber. 91, 1885, S. 850.

¹ Die mechanische Behandlung der Elektricität, III. Abschnitt.

Dann besteht aber offenbar auch die Gleichung

 $MR \equiv \Sigma mr$

Für diesen Fall sind also die $\varphi = 0$, und man kann umgekehrt aus $\Sigma m \varphi \neq 0$ schliessen, dass die Partikelchen der Substanz entweder nicht kugelförmig sind oder dass noch innerhalb derselben leerer Raum ist.

Nach diesen historischen Bemerkungen gehe ich zur Beschreibung meiner Beobachtungen über.

Ich bestimmte die Refractionsäquivalente einer Anzahl von Elementen aus wässerigen Lösungen ihrer Verbindungen.

Dabei wendete ich die Formel $R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{d}$ an und setzte voraus, dass $MR = \Sigma mr$ ist.

Die Brechungsexponenten wurden für Natrium- und Thalliumlicht mit Pulfrich's Totalreflectometer¹ bestimmt und auf die C-Linie reducirt.

Die Beschreibung des verwendeten Apparates enthielt eine Tabelle, die für Natriumlicht die zu den beobachteten Ablenkungswinkeln *i* gehörigen *n* gab. Für Thalliumlicht habe ich mir selbst eine ähnliche Tafel berechnet nach der Formel $n = \sqrt{N^2 - \sin^2 i}$, wobei *N* der Brechungsexponent des Glases ist.

Ich gebe in Tabelle I eine Zusammenstellung der Werthepaare *i* und *n*, so weit ich sie benöthigte. Es waren $N_{\text{Na}} = 1.61511$, $N_{\text{Tl}} = 1.62043$.

	11 Na	$10-4\Delta n$		$10-4\Delta n$	n Tl
	1.3920	59		58	1.3981
ļ	1.3861	55 58	56	58	1.3923
	1.3803	57	57	57	1.3865
	1.3746		58	56	1.3808

Tabelle I.

¹ Wied. Ann. 21, 724; 30, 193; 31, 724. Sitzb. d. mathem.-naturw. Cl.; CV. Bd., Abth. II.a.

2
3
l
7
5
ŧ
3
ł
3

Die Dichten der Lösungen bestimmte ich mit der Mohr'schen Wage. Die Procentgehalte wurden theils durch Wägung bestimmt, theils den Landolt-Börnstein'schen Tabellen¹ entnommen.

Die Goldchlorid- und Platinchloridlösungen wurden wegen des zweifelhaften Chlorgehaltes quantitativ analysirt und daraus ihr Procentgehalt abgeleitet.

Als Refractionsconstante des Wassers für die C-Linie erhielt ich R = 0.205. Dieser Werth wurde zur Bestimmung der Molecularrefractionen PR = Q der gelösten Verbindungen benützt.

In Tabelle II sind meine sämmtlichen Beobachtungen zusammengestellt.

Die fehlenden Brechungsexponenten waren wegen der Farbe der betreffenden Lösungen nicht messbar.

Zur Ermittlung der Atomrefractionen der Elemente verwendete ich die Mittelwerthe der Molecularrefractionen jeder Substanz.

Die Atomrefractionen von Chlor und Wasserstoff setzte ich nach Brühl²

 $q_{\rm Cl} \equiv 6 \ 014 \qquad q_{\rm H} \equiv 1.103,$

Landolt und Börnstein, Physikal.-chem. Tabellen, 2. Aufl., 1894. Zeitschr. für physikal. Chemie, VII. Bd., 1891, S. 140.

Tabelle II.

Wässerige Lösungen.

Formel	Procentgehalt	Dichte	n Na	n Tl	n C	PR
LiCl	31.67	1.192	1.4038	1.4062	1.4014	8.55
	20.00	1.117	1.3767	1.3792	1.3742	8.60
	$9 \cdot 93$	1.057	1.3544	1.3564	1.3524	8.63
	5.14	1.029	1.3435	1.3455	1.3415	8.23
Na Cl	21.76	1.164	1.3706	1.3728	1.3684	8.89
	20.50	1.152	1.3691	1.3715	1.3667	9.05
	11.72	1.081	1.3524	1.3544	1.3504	9.11
	11.00	1.080	1.3520	1.3540	1.3500	8.92
	5.70	1.040	1.3425	1 3447	1.3403	8.70
KC1	18.43	1.119	1.3574	1.3596	1 3552	11.27
	15.31	1.099	1 3537	1.3558	1.3516	11.22
	15.00	1.098	1.3535	1.3556	1.3514	11 15
	5.75	1.035	1.3405	1.3425	1.3385	11 14
Cu Cl.	18.78	1.2033	1.3802	1.3830	1.3774	17.73
-	10.26	1.1029	1.3574	1.3596	$1 \cdot 3552$	17.85
Rb Cl	14.13	1 · 1135	1.3473	1 · 3491	1.3452	12.62
	Formel Li Cl Na Cl KCl Cu Cl ₂ Rb Cl	FormelProcentgehaltLi Cl $31 \cdot 67$ $20 \cdot 00$ $9 \cdot 93$ $5 \cdot 14$ Na Cl $21 \cdot 76$ $20 \cdot 50$ $11 \cdot 72$ $11 \cdot 00$ $5 \cdot 70$ KCl $18 \cdot 43$ $15 \cdot 31$ $15 \cdot 00$ $5 \cdot 75$ Cu Cl2 $18 \cdot 78$ $10 \cdot 26$ Rb Cl $14 \cdot 13$	FormelProcentgehaltDichteLi Cl $31 \cdot 67$ $1 \cdot 192$ $20 \cdot 00$ $1 \cdot 117$ $9 \cdot 93$ $1 \cdot 057$ $5 \cdot 14$ $1 \cdot 029$ Na Cl $21 \cdot 76$ $1 \cdot 164$ $20 \cdot 50$ $1 \cdot 152$ $11 \cdot 72$ $1 \cdot 081$ $11 \cdot 00$ $1 \cdot 080$ $5 \cdot 70$ $1 \cdot 040$ KCl $18 \cdot 43$ $1 \cdot 119$ $15 \cdot 31$ $1 \cdot 099$ $15 \cdot 00$ $1 \cdot 098$ $5 \cdot 75$ $1 \cdot 035$ Cu Cl ₂ $18 \cdot 78$ $1 \cdot 2033$ $10 \cdot 26$ $1 \cdot 1029$ Rb Cl $14 \cdot 13$ $1 \cdot 1135$	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$

49*

Gelöste Substanz	Formel	Procentgehalt	Dichte	n Na	n Tl	n C	PR
Goldchlorid	$A_{11}Cl_{+}HCl_{+}2H_{-}O$	18.48	1.130	1.2552	1.2577	1,2597	50.15
	ind engineer + 21120	11.64	1 085	1.3352 1.3475	1.3498	1.3452	49·37
Goldchlorid	Au Cl _e HCl	9.61	1.076	1.3471	1.3594	1.3448	42.72
	3	6.20	1.046	1 3417	1.3437	1.3397	43.77
		4.29	1.032	1.3392	1.3412	1.3372	42.72
		1 · 88	1.013	1.3360	1.3380	$1 \cdot 3340$	43.32
Magnesiumchlorid	Mg Cl ₂	6.60	1.049	1.3478	1.3500	1.3456	16.36
		6.21	1.046	1.3467	1.3489	1.3445	17.54
		3.40	1.024	$1 \cdot 3402$	1 • 3424	1.3380	15.60
Calciumchlorid	Ca Cl ₂	13.0	1.110	1.3638	1.3659	1.3617	18.06
	-	6.9	1.056	1 · 3490	1.3510	1.3470	17.97
Zinkchlorid .	Zn Cl ₂	21.47	1.201	1 · 3735	1.3756	1.3714	17.64
	_	9.67	1.088	1.3517	1.3536	1.3498	17.67
		8.70	1.079	1.3498	1.3518	1 3478	17.67
Cadmiumchlorid.	CdCl.	14.02	1.130	1.3553	1.3573	1.3533	20.98
	-	13.92	1.129	1.3550	1.3570	1.3530	20.59
		7.54	1.067	1 · 3437	1.3466	1.3418	19.49
Baryumchlorid	Ba Cl.,	18.66	1.186	1.3633	1.3657	1.3609	$21 \cdot 93$
	-	5.53	1.048	1.3409	1.3429	1.3389	21.78

A. Hauke,

				1	1		
Quecksilberchlorid .	$\operatorname{Hg}\operatorname{Cl}_2$	4 · 42	1.036	1.3364	1.3386	1.3342	20.82
Aluminiumchlorid .	Al ₂ Cl ₆	12.79	1.095	1.3647	1.3669	1.3625	50.32
	- •	6.81	1.020	1.3501	1.3522	1.3480	49.85
Yttriumchlorid	YCl ₃ +6H ₂ O	13.11	1.084	1.3528	1.3548	1.3508	48.31
Vanadintetrachlorid	VCl_4	13•45	1.068	_	1.3557	1.3517 ?	35.98
Uranchlorid	UC14	11.74	1.097	1.3466	1 • 3487	1.3445	40.63
Manganchlorür	Mn Cl ₂	7.39	1.067	1.3495	1.3515	1.3475	17.86
	-	3.73	1.033	1 3425	$1 \cdot 3446$	1.3404	18 90
Eisenchlorid	Fe ₂ Cl ₆	13.60	1.119	1.3722	1.3752	1.3692	54.86
		7 83	1.068	1.3548	1.3574	1 · 3522	57 08
Nickelchlorid	Ni Cl ₂	18.16	1.208	1 · 3831	1.3855	1.3807	17.33
	. –	9.93	1.106	1.3586	1.3606	1.3566	17.35
Platinchlorid	$PtCl_6H_2+6H_2O$	18.00	1.129	1.3614	1.3639	1.3589	75.47
		9.00	1.063	1 3469	1.3491	1.3457	76 95
		4.20	1.031	1.3399	1.3419	1.3379	72.46
	$Pt Cl_6H_2$	16	1.014	1.3359	1.3379	1 · 3339	$52 \cdot 19$
Natriumbromid	NaBr	10.00	1.080	1.3477	1.3500	1·345 4	11.91
Kaliumjodid	KJ	36.92	1.356	1.3964	1.3991	1 · 3937	21.09
				}			

Refractionsäquivalente der Elemente.

Gelöste Substanz	Formel	Procentgehalt	Dichte	12 Na	n Tl	n C	PR
Natriumnitrat	Na NO ₃	22.15	1 · 159	1.3590	1.3613	1 • 3567	11.33
Kaliumnitrat	KNO ₃	14.86	1.099	1.3482	1 · 3504	1.3460	13.18
		7 · 40	1.048	1.3415	1.3435	1•3395	13.65
Kupfernitrat	Cu (NO ₃).	$28 \cdot 59$	1.311	1 3865	1.3911	1.3819	20.28
	· ···•	15.95	1 156	1.3609	1.3632	1.3586	21.11
		14.12	1.135	1.3570	1.3592	1.3548	$21 \cdot 32$
Silbernitrat	Ag NO ₃	27.55	1 • 289	1.3699	1.3724	1.3674	16.06
		15.25	1.143	1 • 3503	1.3523	1 · 3483	15.38
Zinknitrat	$\operatorname{Zn}(\operatorname{NO}_3)_2$	11.28	1.110	1.3532	1.3554	1.3510	20.94
Strontiumnitrat	Sr(NO ₃) ₂	30.61	1 • 2936	1.3765	1.3785	1.3745	23·76
		9.06	1.0729	1.3441	$1 \cdot 3462$	1.3420	$23 \cdot 34$
		2.85	1.0211	1 3364	1.3383	1.3345	$22 \cdot 99$
Bleinitrat	Pb(NO ₃) ₃	18.05	1.180	1.3579	1.3601	1.3557	31 92
	· ··· ·	17.63	1.175	1.3562	1.3584	1.3540	30.23
		15.23	1 · 147	1 3533	1.3556	1.3510	31 • 29
		9.48	1.088	1.3457	1.3477	1.3437	31.77
Thoriumnitrat	$\mathrm{Th}(\mathrm{NO}_3)_4$	8.02	1.064	1 • 3429	1.3450	1.3408	52.58

A. Hauke,

Eisennitrat	Fe ₂ (NO ₃) ₆	16.65	1•133	1 • 3649	1 • 3673	1.3625	73.00
Cobaldnitrat	$Co(NO_3)_2$	3.12	1.030	1.3379	_	1.3354 ?	18.19
		1•41	1.013	1.3364	1.3384	1.3344	$23 \cdot 37$
Natriumsulfat	Na_2SO_4	4.41	1.040	1 · 3406	$1 \cdot 3425$	1.3387	14.67
Saures Kaliumsulfat	KHSO4	15.71	1 • 117	1.3514	1 • 3534	1.3494	17.04
Kupfersulfat	Cu SO ₄	13.35	1.142	1.3570	1.3591	1.3549	14.26
		$6 \ 65$	1.068	1.3442	1.3462	$1 \cdot 3422$	14.60
Cäsiumsulfat	Cs_2SO_4	14.32	1 · 136	1 3510	1.3529	1 · 3491	34.05
Berylliumsulfat	$\mathrm{Be}\mathrm{SO}_4\mathrm{+}7\mathrm{H}_2\mathrm{O}$	14.10	1.076	1 • 3491	1.3211	1.3471	36.90
Magnesiumsulfat	Mg SO₄	11.84	1 • 126	1.3579	1 • 3599	1.3559	13.58
3		6.58	1.069	1.3470	1.3490	1.3450	13.49
Cersulfat	$Ce_2(SO_4)_3 + 6H_2O$	12.34	1 · 104	1.3506	1.3527	1 · 3485	79.71
Didymsulfat	$\text{Di}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{H}_2\text{O}$	2.52	1.019	1.3368	1.3388	1.3348	88.81
Ferrosulfat	Fe SO (11.28	1.116	1.3548	1.3568	1.3528	17.69
T chrosunat	10004	12.74	1 • 133	1.3576	1.3595	1.3557	17.31
Borsäure	H ₃ BO ₃	3.46	1.0125	1 • 3359	1.3380	1.3338	12.01
Phosphorsäure	P_9O_5	4.76	1.037	1.3398	1.3417	1.3379	18.78
	2.0	$2 \cdot 39$	1.018	1.3370	1.3390	1.3550	18.44
					I.	l.	

Gelöste Substanz	Formel	Procentgehalt	Dichte	n Na	11 Tl	n C	PR
	H ₃ PO ₄	17.30	1 · 102	1.3522	1.3542	1.3502	14.67
Chromsäure	CrO ₃	15.32	1.1215	1.3770		1.3750 ?	20.06
	0	8.38	1.063	1.3558		1.3538 ?	20.01
		4.26	1.030	1.3441		1.3421 ?	18.89
Kaliumchromat	K ₂ Cr O ₁	18.41	1.161	1.3753	1.3788	1.37.18	29.88
	2 .	12.79	1.109	1.3627	1.3656	1.3598	30.87
Selenige Säure	$\mathrm{H}_{2}\mathbf{SeO}_{3}$	13.87	1.121	1.3525	1.3546	1.3504	14.51
Kaliwolframat	K_2WO_1	9.66	1.091	1.3447	1.3467	1.3427	28.01
Kaliumacetat	$\mathrm{KC_{2}H_{3}O_{2}}$	12.56	1.064	1.3487	1.3508	1.3466	16.58
Baryumacetat	Ba(C,H ₃ O,),	21.20	1.163	1.3618	1.3638	1.3598	34.04
		12.79	1.096	1.3506	1.3526	1.3486	33.69
				1			

A. Hauke,

und berechnete unter der Annahme $Q = \Sigma q$ zunächst die Refractionsäquivalente derjenigen Metalle, deren Chlorverbindungen ich gemessen hatte.

Mit Hilfe dieser Atomrefractionen berechnete ich mir Mittelwerthe der Refractionsäquivalente von J, Br und der Gruppen NO_3 , $(NO_3)_2$ und SO_4 . Auf Grund dieser erhielt ich dann weitere Atomrefractionen.

Es ergaben sich

 $Q_{\text{NO}_3} = 8.32$, $Q_{(\text{NO}_3)_2} = 15.24$ und $Q_{\text{SO}_4} = 8.86$.

Dabei war ich wegen zu grosser Abweichungen, welche die Ungiltigkeit des Summationsgesetzes deutlich zeigen, genöthigt, die betreffenden Eisenverbindungen auszuschliessen.

Ich berechnete mir dann umgekehrt die Werthe der Atomrefractionen des Eisens in diesen Verbindungen unter der Annahme, dass $Q_{(NO_3)_3} = 3Q_{NO_3}$ und fand

aus Eisennitrat

$$q_{\rm Fe} \equiv 12.04,$$

aus Ferrosulfat

$$q_{\rm Fe} \equiv 8.64.$$

Um auch aus den übrigen Beobachtungen Atomrefractionen ableiten zu können, setzte ich nach Brühl $q_{0} = 1.506$ und $q_{0''} = 2.328$.

Die Resultate all' dieser Berechnungen sind in Tabelle III nach dem periodischen System der Elemente geordnet angegeben.

Diese Tafel ergänzte und corrigirte ich noch auf Grund fremder Beobachtungen und erhielt so die Tabelle IV

Für die Refractionsäquivalente von C, N, Br und J setzte ich die von Brühl angegebenen Werthe ein, die aus reichem Material berechnet sind.

Der Werth q_B ist von Ghira¹ aus einer Reihe von Beobachtungen bestimmt.

Die Refractionsäquivalente des Phosphors und Schwefels sind sehr variabel.

¹ Berl. Ber. 49. Bd., S. 31.

Tabelle III.

	Refractionsäquivalente aus meinen Beobachtungen.																
Н	1.10						•						U	•			
Li	2•49	Be	2.21	В	4.18	С	2.31	Ν	$3.79 \\ 3.09$	0	$1.51 \\ 2.33$	F	-				
Na	$2 \cdot 92$	Mg	4.47	Al	7.00	Si	_	Р	5.47	S	$2 \cdot 82$	Ci	6.01				
K	5.18	Ca	5.99	Sc	-	Ti		V	11.92	Cr	14.66	Mn	6.32	Fe 9·94	Co 5·54	Ni 5.	31
Cu	5.76	Zn	5.63	Ga	—	Ge	_	As		Se	7.78	Br	8 99				
Rb	6.61	Sr	8.12	Yt	8.13	Zr	_	Nb	-	Мс) (Ru —	Rh —	Pd —	-
Ag	7·40	Cd	$8 \cdot 32$	In		Sn	_	Sb	_	Тe		J	15.91				
Cs 1	2.59	Ba	9.83	Ca	—	Ce	15.49	Di	16.32								
				Yb				Ta		W	11.61			0s	Ir —	Pt 14.	37
Au 1	7.71	Hg	8.79	Τl		Pb	16.06	Bi									
						Th	$22 \cdot 11$			U	16.57						

Tabelle IV

	Die Refractionsäquivalente der Elemente.																
Н	1.10								-								
Li	2.49	Be	$2 \cdot 21$	В	3.03	С	2:37	Ν	2.76	0	1.51	F					
Na	$2 \cdot 92$	Mg	4 ·47	Al	7.00	Si	$3 \cdot 60$	Р	7.30	S	8.52	Cl	6.01				
к	5.18	Ca	5.99	Sc	_	Ti	_	V	11.92	Cr	14.66	Mn	6.35	Fc 9.94	Co 5•54	Ni	5.31

Cu 5.76	Zn 5.63	Ga —	Ge —	As 8.93	Se 7.78	Br 8.86			
Rb 6.61	Sr 8.12	Yt 8·13	Zr —	Nb —	Мо —		Ru —	Rh —	Pd —
Ag 7·40	Cd 8.32	In —	Sn 9.17	Sb 12·32	Te —	J 13.81			
Cs 12.59	Ba 9.83	La —	Ce 15 49	Di 16.35					
		Yb —		Ta —	W 11.61		Os —	Ir —	Pt 14·37
Au 17·71	Hg 8.79	Tl 6.97	Pb 16.06	Bi 10·11					
			Th 22.11		U 16.57				

Tabelle V

Die wahren specifischen Gewichte.

H 0·91				-					
Li 2.82	Be 4.11	B 3.29	C 5.02	N 5.08	O 10·57	F —			
Na 7.87	Mg 5·44	Al 3.86	Si 7.86	P 4·25	S 3.75	Cl 5.88			
К 7.54	Ca 6.66	Sc —	Ti —	V 4·29	Cr 3.58	Mn 8•63	Fe 5.62	Co 10.08	Ni 11.04
Cu 10•97	Zn 11·56	Ga —	Ge —	As 8.39	Se 10.15	Br 9.00			
Rb 12.89	Sr 10.75	Yt 10.93	Zr —	Nb —	Mo —		Ru —	Rh —	Pd —
Ag 14·50	Cd 13·43	In —	Sn 12.88	Sb 9.71	Те —	J 9.16			
Cs 10.54	Ba 13.92	La —	Ce 9·12	Di 8.87					
		Yb —		Ta —	W 15·81		0	Ir —	Pt 13.52
Au 11.08	Hg 22.66	T1 29·30	Pb 12.86	Bi 20.52					
			Th 10.49		U 14 49				

								,	labell	e VI							
Н	$\frac{1\cdot 3}{3\cdot 5}$			Ľ	ie Refr	acti	onsäqu	ival	ente na	ch (Hadst	one	(n-For	mel).			
Li	3.2	Bc	5.0	В	4	С		N	$4 \cdot 1 \\ 5 \cdot 3$	0	$2 \cdot 8$	F	1.6				
Na	4•4	Mg	6.7	Al	7.7	Si	$7 \cdot 4 \\ 6 \cdot 8$	Р	18•3	S	16.0	Cl	9·9 10·7				
К	7.85	Ca	10.0	Sc	-	Ti	24.6	V	$24 \cdot 8$	Cr	$15 \cdot 3 \\ 23 \cdot 0$	Mn	$11.5 \\ 26.2$	Fe 11.6 20.1	Co 10.4	Ni Pd	$9 \cdot 9$ 21 \cdot 6
Cu	11.5	Zn	9.8	Ga	14.8	Ge	—	As	15.4	Se	30.5	Br	$15 \cdot 3 \\ 16 \cdot 4$				
Rb	12.1	\mathbf{Sr}	13.0	Yt		Zr	21	Nb		Мо				Ru —	Rh 23.6		
Ag	13.2	Cd	13.1	In	17•4	Sn	$\begin{array}{c} 27\\ 19\cdot 2 \end{array}$	Sb	24.1	Te		J	$24 \cdot 5 \\ 27 \cdot 2$				
Cs	19	Ba	15.8	La	$23 \cdot 0$	Ce	20.0	Di	$23 \cdot 1$								
				Yb	—			Та		W				Os —	Ir —	Pt	24.7
Au	$23 \cdot 1$	Hg	$19.4 \\ 29.0$	TI	20.4	Pb Th	$24 \cdot 3$	Bi	$38 \cdot 2$	U	19.5						
								1	[abell	e VI	I.						
Н	$0.87 \\ 2.33$			D	ie Refr	acti	onsäqui	ivale	ente na	ch (Hadst	one	(n ² -Fo	rmel).			
Li	2.19	Be	2.58	В	·06	С	-	N	$2 \cdot 24$ 2 83	0	1.86	F	1.06				
Na	$2 \cdot 82$	Mg	3.97	Al	$4 \cdot 25$	Si	$4 \cdot 30 \\ 3 \cdot 95$	Р	8.54	S	10.37	CI	$6.56 \\ 6.74$				
К	5.05	Ca	6.06	Sc	_	Ti	6.20	V	7.66	Cr	$5.71 \\ 6.65$	Mn	$4.76 \\ 6.35$	Fe 4·75 5·83	Co 4·37	Ni	$4 \cdot 26$

						0			
Cu 4·73	Zn 4.86	Ga 6•70	Ge —	As 7:30	Se 11.73	Br 8.67 9.38			
Rb 7.66	Sr 7.94	Yt —	Zr 10.81	Nb —	Мо —	0 00	Ru —	Rh 7.00	Pd 7·44
Ag 6.08	Cd 6:53	In 8.78	Sn 10•79 8•98	Sb 10·72	Те —	J 12.40 13.30			
Cs 11.75	Ba 9·47	La 11.35	Ce 15.60	Di 11.51					
		Yb —		Ta —	W —		0s —	Ir —	Pt 7 · 43
Au 7·81	Hg 8·80 10·76	T1 9·71	Pb 10.82	Bi 13.09	U 8·16				
				Tabelle	VIII.				
H $1 \cdot 15$ $0 \cdot 43$		Die wa	hren speci	fischen Gew	vichte (nac	h Gladsto	on e).		
Li 3·20	B e ∙49	В 5•34	C —	N $6.25 \\ 4.95$	O 8.58	F 17·84			
Na 8.18	Mg 6.05	Al 6.35	Si 7·14 6·58	P 3.63	S 3.09	C1 5·36 5·25			
К 7.74	Ca 6.60	Sc —	Ti 7·38	V 6.80	Cr 9·10 7·89	Mn 11•56 8•66	Fe 11·80 9·62	Co 13·42	Ni 13·27
Cu 13·32	Zn 13 37	Ga 10·44	Ge —	As 10.26	Se 6.73	Br 9·21 8·53			
Rb 11·12	Sr 10.96	Yt	Zr 8·37	Nb —	Мо —		Ru	Rh 14.90	Pd 14·31
Ag 17·71	Cd 17.15	In 13.00	Sn 10·93 13·11	Sb 11·20	Te —	J 10·19 9·51			
Cs 11·28	Ba 14·47	La 12·20	Ce 13.64	Di 12.55					
		Yb —		Та —	w —		0s —	Ir	Pt 26.11
Au 25•11	Hg 22 · 73	Tl 21.00	Pb 19·10	Bi 15.85					
	18.59				U 29·4				

767

Refractionsäquivalente der Elemente.

Die Refraction des S hat Nasini¹ genau untersucht und erhielt sehr abweichende Werthe.

Für Phosphor schwankt nach Zecchini² $p \cdot f(r)$ zwischen 3 und 11.

Ich nahm für diese Elemente die Werthe aus den Chloriden, um möglichst vergleichbare Zahlen zu erhalten, und zwar für S nach Nasini,³ für P nach Haagen⁴ und Becquerel.⁵

Die Werthe der Refractionsäquivalente für Tl, Bi, Sb, Si, Sn und As berechnete ich mir aus folgenden Angaben:

In Landolt's Tabellen fand ich die Brechungsexponenten von Tl nach Quercken⁶ und von Bi_2O_3 nach Kundt, in den vorhin erwähnten Abhandlungen von Haagen und Becquerel die n von SbCl₅, SiCl₄, SnCl₄ und AsCl₃. Die Dichten nahm ich aus Landolt's Tabellen.

Für Fluor ergibt sich aus F₂Ca nach Sarasin,⁷ Mühlheims⁸ und Becquerel der Werth $q_{\rm F} = 0.21$.

Diesen nahm ich jedoch nicht in die Tabelle auf, weil ich ihn für unvergleichbar mit denen der übrigen Elemente halte.

Für die Refraction der restirenden Elemente fand ich keinerlei Angaben.

Aus den Refractionsäquivalenten in Tabelle IV habe ich die wahren specifischen Gewichte oder richtiger die Ausdrücke

 $\frac{P}{a}$ abgeleitet und in Tabelle V zusammengestellt.

Der Bruch $\frac{p}{q}$ ergibt sich für Gold, Platin und Eisen kleiner als das gewöhnliche, scheinbare specifische Gewicht, kann also in diesen Fällen unmöglich das wahre bedeuten.

Dies beweist, dass entweder die Theilchen dieser Elemente nicht kugelig oder dass in diesen Fällen die angegebenen q nicht

⁴ Pogg. Ann. 131, 117, 1867.
 Berl. Ber. 33, 539.

⁶ Wied. Beibl. VIII, S. 407. Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1883.

8 Groth, Zeitschr. für Kryst. 1888.

U. Wied. Beibl. VII, S. 281.

Berl. Ber. 49, S. 32.

Rend. d. R. Acad. IV, 6, 1880.

die wirklichen Atomrefractionen, sondern bloss Functionen davon sind.

Die Anordnung nach dem periodischen System der Elemente habe ich deshalb gewählt, weil man dabei den Zu-



sammenhang zwischen Refractionsäquivalent und Atomgewicht besser übersieht.

Es zeigt sich für q und $\frac{p}{q}$ im Allgemeinen ein Anwachsen der Werthe nach rechts und unten.

Über die Art desselben geben die Figuren 1 und 2 Aufschluss, in denen ich q und $\frac{p}{q}$ als Functionen des Atomgewichtes darstellte.



Die Grenzen der einzelnen Elementegruppen sind durch Striche gekennzeichnet.

Im Allgemeinen scheint mir das Ansteigen der Refractionsäquivalente in Kettenlinien vor sich zu gehen, die ihre Minima

an den Grenzen der Gruppen, ihre Maxima in deren Mitte haben.

Der erste, der einen derartigen Zusammenhang erkannte, war Gladstone.¹

Tabelle VI enthält dessen oben erwähnte Tafel der Refractionsäquivalente. Darin entsprechen die Doppelzahlen verschieden constituirten Verbindungen.

Um Gladstone's Tafel mit meiner vergleichbar zu machen, habe ich sie auf die n^2 -Formel umgerechnet und gebe in Tabelle VII die Resultate an.

In Tabelle VIII sind die entsprechenden Werthe der specifischen Gewichte oder besser der Ausdrücke $\frac{p}{-}$ zusammengestellt. Diese sind sämmtlich grösser als die gewöhnlichen specifischen Gewichte.

Die Figuren 3, 4 und \bar{a} geben die Werthe der Tabellen VI, VII und VIII als Functionen der Atomgewichte. Dabei sind die Doppelpunkte durch Striche mit einander verbunden, die, wie man sieht,

bei Anwendung der n^2 -Formel bedeutend kürzer werden.

Fig. 4 zeigt deutliche Kettenlinien und grössere Maxima in jeder zweiten Gruppe.

Leider habe ich über das Beobachtungsmaterial, welches der Tafel Gladstone's zu Grunde liegt, keine Kenntniss.



Es wäre nicht uninteressant zu erfahren, ob die Menge der Beobachtungen oder eine specielle Auswahl zu diesen Regelmässigkeiten führten.

Im Verlauf meiner Untersuchungen habe ich mir nach Brechungsexponenten wiederholt Refractionsäquivalente berechnet, die nur zum Theil allgemein bekannt sein dürften.

Daher habe ich meine Resultate in Tabelle IX zusammengestellt. Dabei liegt wieder das Summationsgesetz zu Grunde.

Tabelle IX.

I. Refractionsäquivalente von Elementen.

1. Gasförmig.

Element	Beobachter	9
H O N Cl Br J P S As Hg	Ketteler ¹ Mascart ¹ * Hurion ² Le Roux ³	$ \begin{array}{r} 1 \cdot 05 \\ 2 \cdot 02 \\ 2 \cdot 22 \\ 5 \cdot 78 \\ 8 \cdot 46 \\ 15 \cdot 32 \\ 4 \cdot 99 \\ 4 \cdot 05 \\ 4 \cdot 13 \\ 8 \cdot 11 \\ \end{array} $

- ¹ Brühl, Zeitschr. für physikal. Chemie, 7, 1891, S. 25.
- ² Berl. Ber. XXXIII, S. 444.
- 8 Berl. Ber. XVII, S. 235.



773

1

Refractionsäquivalente der Elemente

Element	Beobachter	Lichtart	9
С	Schrauff ¹	С	$2 \cdot 14$
Ni	Du Bois und Rubens ¹	roth	$3 \cdot 20$
Co			5.06
Fe	Drude ¹	D	5.28
Zn			4.86
$_{ m Hg}$			5.89
Pb			9.16
Pt		roth	3.72
Ag	Beer ¹	_	6.83
Р	Gladstone und Dale ²	A	9.04
Se	Sirks ³	<u> </u>	10.98
Se	Becquerel ⁴	—	12.45

3.	Fest.
υ.	1 0000

II. Refractionsäquivalente von Verbindungen.

1.	Flüs	sig.
----	------	------

Substanz	Beobachter	Lichtart	\mathcal{Q}
C Cl ₁	Haagen ⁵	A	25.69
CHCl ₃	Ū		20.75
C ₂ H ₄ Br ₂			$25 \cdot 96$
CH ₃ J			18.41
CS_2		ĺ	$19 \cdot 95$
S_2Cl_2		1	28.97
CS_2	Ketteler 6	C	21.08
SOCI ₂	Nasini		21.80
SO ₂ Cl.2			21.20
SO3HCI			17.23
PSCl ₃	Kanonnikoff ⁷		32.07

¹ Landolt und Börnstein, Physikal.-chem. Tabellen, II. Aufl., S. 384.

- ² Phil. Mag. (4), XVIII; Berl. Ber. XV, S. 210.
 - Berl. Ber. XXVII, S. 324; Pogg. Ann. 143, S. 429.
- 4 Berl. Ber. XXXIII, S. 539.
- ⁵ Pogg. Ann. CXXXI, S. 117; Berl. Ber. XXIII, S. 230.

⁶ Wied. Ann. der Physik und Chemie, 35. Landolt und Börnstein, Physikal.-chem. Tabellen, Aufl., 1894,

Substanz	Beobachter	Lichtart	Q
NaCl	Haagen 1	A	8.28
Na Cl	Bedson und Williams ²		8.24
Na ₂ B ₄ O ₇			25.61
KCI	Stefan ³	<i>C</i>	10.75
KCI	Grailich ³		10.55
NH4CI	i	1	12.61
K ₂ SO ₄	Topsoe und Christiansen ⁴		19.04
KBr	1	1	14.19
KJ			19.92
NH4J	i		22.70
$Ba(NO_3)_2$	1		26.30
$NiSO_4 + 6H_2O$		ĺ	40.55
$Pb(NO_3)_2$			31 · 29
$Sr(NO_3)_2$	Fock ³	Ì	$23 \cdot 24$
AgCl	Des Cloiseaux ⁵		13.51
As_2O_3	1	-	21.80
AgCl	Wernicke ⁶	_	13.32
AgBr		_	16.68
AgJ			22.75
Cu ₂ O		B	15.30
CuO	Kundt ³		8.31
Ni ₂ O ₃		roth	19.05

2. Fest

III. Refractionsäquivalente von Verbindungen aus wässerigen Lösungen.

Substanz	Procent- gehalt	Beobachter	Lichtart	Q
LiCl	40.06	Beer und Kremers ⁷	roth	8.55
Na Cl	26.15			9.56
KCI	23.7			11.90

 Pogg. Ann. CXXXI, S. 117; Berl. Ber. XXIII, S. 230. Wied. Beibl. VI, S. 91. Landolt und Börnstein, Physikal.-chem. Tabellen, Aufl., 1894
 S. 424.
 ⁴ Ann. d. ch. ph., (5), I, 1874. Wied. Beibl. VII, S. 25. Berl. Ber. XXVII, S. 326. Pogg. Ann. CI, S. 133.

Substanz	Procent- gehalt	Beobachter	Lichtart	Q
Ca Cl ₂	40.41	Beer und Kremers ¹	roth	19.15
Sr Cl ₉	32.00			20.97
BaCl	$24 \cdot 30$			$24 \cdot 38$
NaBr	45.18		ļ	13.15
KBr	37 · 69			15.53
Ca Br ₂	55.88			$23 \cdot 24$
NaJ	58.04		j I	19.41
KJ	55.09			$21 \cdot 02$
Na Cl	20	Sauber ²	В	8.82
KC1	20			10.01
KBr	15		!	15.23
KJ	20			18.79
$Ba Cl_2$	21	Forster ⁸	D	$24 \cdot 13$
Na ₂ B ₄ O ₇	2.65			29.02
Na ₂ SO ₄	14.1			14.81
Na NO ₃	42.9			11.21
Ag NO ₃	57.87			15.77
	29.01			$15 \cdot 26$
}	15.80			$15 \cdot 94$
$Pb(NO_3)_2$	31.6			30.29
	14.3			31.48
Mg SO ₄	18.02		1	11.21
KJ	20.00	Jamin ⁴		17.13
Na Cl	13.6	Bedson und Williams ⁵	A	8.42
$\operatorname{Mg}\operatorname{Cl}_2$	37.44	Becquere16	D	18.60
Na Cl	25	Schütt ⁷	$\gamma = \infty$	8.86
	15			8.84
	3		*	8.84
кон	40.4	Fraunhofer ⁷	C	6.46
NaOH	$34 \cdot 74$	Willigen ⁷		5.52
	18.50			5.67
$Na NO_3$	44.35		$\lambda = \infty$	10.79
	16.86			10.61
NH4C1	$24 \cdot 83$			12.79

Pogg, Ann. CI, S. 133.

- ² Pogg. Ann. CXVII, S. 577.
- ³ Wied. Beibl. V, S. 656.
- 4 C. R. XXXI; Berl. Ber. VI, VII, 391. Wied. Beibl. VI, S. 91.
- ⁶ Berl. Ber. XXXIII, S. 539. Landolt und Börnstein's Tabellen, S. 440.

Substanz	Procent- gehalt	Beobachter	Lichtart	Q
NH4CI	9.72	Willigen 1	$\lambda = \infty$	12.74
CaCl ₂	40.64			17.68
	16.75			17.87
Zn Cl ₂	$35 \cdot 98$		С	17.33
×	23.0 0			17.53
HCI	34.41		$\gamma = \infty$	7.87
HNO ₃	50 •48			9.32
H_2SO_4	88.97		С	$13 \cdot 32$
»	85.98			13.43
	81.41			13.32
	71.97			13.45
	30.10			13.25
	4.46			16.93
	4.46		,	16.93

Am Schlusse dieser Zeilen drängt es mich, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Franz Exner, der mich zu dieser Arbeit anregte und meine Untersuchungen durch seinen bewährten Rath in liebenswürdigster Weise förderte, meinen innigen Dank auszusprechen.

¹ Landolt-Börnstein's Tabellen, S. 440.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: <u>Sitzungsberichte der Akademie der</u> Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: 105_2a

Autor(en)/Author(s): Hauke Alfred

Artikel/Article: Über die Refractionsäquivalente der Elemente 749-777