

Das völlig verschiedene Verhalten des Silberoxyds und -acetats einerseits, des Kaliumacetats andererseits erinnert ein wenig an gewisse Beobachtungen bei der Waldenschen Umkehrung. Jedenfalls zeigen auch unsere Beobachtungen, daß solche chemischen Reaktionen, die man rein schematisch als völlige Analoga zu betrachten pflegt, sehr verschieden abzulaufen scheinen¹⁾.

**246. I. Traube: Kohäsionskräfte und elektrische Kräfte.
Beitrag zum Problem der Berührungselektrizität.**

(Vorgetragen in der Sitzung vom 8. März 1909; eingegangen am 30. März 1909.)

Die Zustandsgleichung $(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$ ist von van der Waals nur auf den gasförmigen und flüssigen Zustand angewandt worden. Eine theoretische Begründung dieser Gleichung für den festen Zustand ist von van der Waals weder beabsichtigt noch gegeben worden.

Ich habe indessen in früheren Abhandlungen²⁾ gezeigt, daß jene Gleichung auch die physikalischen Eigenschaften fester Stoffe in qualitativer und anscheinend sogar in quantitativer Weise wiedergibt; denn beispielsweise die Härten, Elastizitätsmodulen, Reibungskonstanten und Schmelzpunkte der Metalle gehen ausnahmslos den Binnendrucken parallel, und die Verdampfungswärmen von Zn, Cd und Hg werden quantitativ dargestellt, den Forderungen der Theorie entsprechend, durch das Integral $\int_{a^2}^a \frac{a}{v} dv = \frac{a}{v}$. In einer neueren Arbeit, welche in Kürze in den Verh. d. D. Phys. Ges. erscheinen wird, gedenke ich mit Hilfe der von Th. W. Richards gemessenen Kompressionskoeffizienten der Metalle zeigen, daß eine von van der Waals aus der Zustandsgleichung abgeleitete Beziehung annähernd gilt, nach welcher der atomare Kompressionskoeffizient eines Metalls dem Quadrate des Binnendruckes umgekehrt proportional ist.

Diese Erfolge zeigen, daß der Versuch berechtigt ist, die Gleichung weiter auf den festen Zustand anzuwenden.

¹⁾ Vergl. E. Fischer, diese Berichte **40**, 489 [1907].

²⁾ Traube, Ztschr. für anorg. Chem. **34**, 413 [1903] und **40**, 377 [1904]. Die Kritik meiner Arbeit von C. Benedicks, Ztschr. für anorg. Chem. **47**, 455 [1905], ist zum Teil berechtigt und wird an anderer Stelle (Verh. d. D. Phys. Ges.) von mir berücksichtigt werden.

In der folgenden Tabelle finden sich für eine Anzahl von Elementen und einige Verbindungen unter v das Atom- bzw. Molekularvolumen in ccm bei etwa 0° , unter $\frac{a}{v^2}$ der Binnendruck in Megabaren¹⁾ (1 Megabare = 0.987 Atm.), unter $\frac{a}{v}$ die atomaren bzw. molekularen Verdampfungswärmen in Ergs, unter 3β der kubische Ausdehnungskoeffizient und unter $\frac{a}{v^{2/3}}$ eine Größe, auf welche wir weiter unten zurückkommen.

	v in ccm	$\frac{a}{v^2}$ in Megabaren	$\frac{a}{v} \times 10^8$ Ergs	$3\beta \times 10^{-6}$	$\frac{a}{v^{2/3}} \times 10^{10}$ Ergs
Natrium . . .	23.58	18 500	436.2	216	125.1
Kalium . . .	45.0	8 190	368.5	249	131.1
Indium . . .	15.3	46 500	781.4	251	176.6
Zink	9.15	108 900	996.4	87.5	208.4
Cadmium . .	13.02	73 100	951.8	93.0	223.9
Thallium . .	17.22	55 300	952.2	92.4	246.0
Blei	18.20	51 500	937.3	88.2	246.2
Magnesium .	14.00	73 100	1023.4	81.9	246.8
Aluminium .	10.50	119 300	1252.7	69.6	274.3
Zinn	16.23	68 700	1115.0	67.5	282.2
Kupfer	7.13	236 100	1683.4	50.4	323.9
Eisen ²⁾	7.12	(239 000)	(1701.6)	—	327.4
Silber	10.25	161 900	1659.5	54.8	352.1
Nickel	6.60	306 300	2142.4	40.4	379.2
Gold	10.21	178 500	1822.5	43.5	395.3
Kobalt	6.86	334 300	2293.3	37.1	435.7
Palladium . .	9.30	226 700	2108.3	35.4	443.3
Bleiglanz . .	32.1	44 450	1430.2	60	453.8
Graphit	5.22	612 800	3199.0	23.7	554.6
Ruthenium . .	8.33	352 700	2927.4	28.9	592.5
Harter Stahl .	7.12	390 800	2782.4	27.9	610.7
Platin	9.06	324 200	2940.7	27.0	612.2
Rhodium	8.5	389 000	3306.7	25.5	674.7
Iridium	8.6	466 500	4012.0	21.0	822.8
Osmium	8.5	493 000	4141.0	19.7	856.4
Schwefelkies .	23.8	133 370	3133.2	27	912.8
Gaskohle . . .	6.47	809 800	5171.1	16.0	976.1
Diamant	3.41	5 458 000	18612.0	3.75	2836.7

¹⁾ Vergl. meine früheren Berechnungen, l. c., sowie für Ni, Ag und Stahl Holborn und Day, Ann. d. Phys. [4] 4, 104 [1901].

²⁾ Obwohl kein Metall eingehender untersucht wurde als gerade das Eisen, sind hier die Werte am wenigsten sicher und indirekt mit Hilfe der Kompressionskoeffizienten berechnet worden (vergl. Verh. d. D. Phys. Ges., l. c.), da der Ausdehnungskoeffizient des reinen, kohlefreien Eisens offenbar noch nicht bekannt ist, die geringsten Kohlenmengen denselben aber außerordentlich beeinflussen.

Die Werte der obigen Tabelle stehen nun in unverkennbarem Zusammenhange mit der elektrischen Spannungsreihe von Volta, wie folgende Zusammenstellung¹⁾ ergibt:

Reihe von Volta: Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Ag, Graphit.

» » Ritter: Zn, Pb, Sn, Fe, Co, Cu, Pt, Au, Ag, Kohle, Bleiglanz, Schwefelkies, Graphit.

» » Sebeck: Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Pt, Ag.

» » Pfaff: Zn, Cd, Sn, Pb, Fe, Cu, Ag, Au, Stahl, Pt, Pd.

» » Pécelet: Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Au.

» » Hankel: Zn, Cd, Pb, Sn, Sb, Bi, Hg, Fe, Cu, Au, Pd, Ag, Kohle, Pt.

» » Exner und Thuma: Na, Mg, Zn, Al, Pb, Sn, Cu, Ag, Pt, Au, Kohle.

» » Ayrton und Pery: Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Pt.

» » Heschus: Mg, Mn, Al, Zn, Ni, Fe, Co, Cu, Pt, Schwefelkies.

Wahrscheinlichste Reihe: Na, Zn, Cd, Pb, Sn, Fe, Cu, Ag, Au, Pd, Pt, Rh.

Reihe der Werte $\frac{a}{\sqrt[3]{v}}$: Na, Zn, Cd, Pb, Sn, Cu, Fe, Ag, Au, Pd, Pt, Rh.

» » » $\frac{a}{v}$: Na, Pb, Cd, Zn, Sn, Ag, Fe, Cu, Au, Pd, Pt, Rh.

» » » 3β : Na, Cd, Pb, Zn, Sn, Ag, Cu, Au, Pd, Pt, Rh.

Während die thermischen Ausdehnungskoeffizienten 3β und die denselben umgekehrt proportionalen Verdampfungswärmen $\frac{a}{v}$ zwar im allgemeinen der elektrischen Spannungsreihe parallel gehen, indessen bestimmte Abweichungen vorhanden sind, ist die Übereinstimmung der Kontaktelektrizitätsgrößen mit den Kohäsionsgrößen $\frac{a}{\sqrt[3]{v}}$ geradezu überraschend.

Die Verdampfungswärme $\frac{a}{v}$ kann nach Stefan und van't Hoff = der Oberflächenenergie $\gamma \cdot v^{2/3}$ gesetzt werden; danach wäre $\frac{a}{\sqrt[3]{v}} = \gamma \cdot v$, also jedenfalls eine Größe, welche der Oberflächenenergie nahesteht²⁾. $v^{2/3}$ ist die Oberfläche eines Atomwürfels, und $\frac{a}{\sqrt[3]{v}}$ kann hiernach auch definiert werden als die Anziehung, welche ein Quadratcentimeter Oberfläche von innen erfährt. Legen wir zwei Metallplatten über einander und nehmen wir an, daß (bei gleichem Volumen) die Anziehung $a_{12} = a_1 - a_2$ ist, so erfährt die

¹⁾ Siehe die Lehrbücher der Physik; beispielsweise Handbuch von Winkelmann, von Chvolson und Handb. d. Elektr. von G. Wiedemann.

²⁾ Nach Walden (vergl. Ztschr. f. physik. Chem. 65, 129 [1908] und Chem. Zentralbl. 1909, 1, 894) ist das Produkt aus Oberflächenspannung mal Molekularvolumen, also $\gamma \cdot v =$ der molekularen Verdampfungswärme.

hier gefundene Beziehung zwischen elektrischen Potentialdifferenzen und Kohäsionsgrößen eine höchst einfache Deutung: Die Potentialdifferenz ist alsdann der Oberflächenspannungsdifferenz proportional, und das Problem der Berührungselektrizität findet seine Lösung auf electrocapillarem Wege.

Es mag sein ¹⁾, daß auch andere Zustandsgleichungen, wie die hier besprochenen, zu analogen Ergebnissen führen und daß der Ausdruck $\frac{a}{\sqrt{V_s}}$ durch einen anderen zu ersetzen ist. Soviel aber erscheint mir sicher: daß ein inniger Zusammenhang von Kohäsions- (Oberflächenspannungs-) und elektrischen Kontaktkräften vorhanden ist.

Nun besteht bekanntlich ein ebenso inniger Zusammenhang zwischen jenen elektrischen Kräften und den chemischen Affinitätskräften.

Die Metalle ordnen sich nach ihrer Oxydationswärme oder ihrer Verbindungswärme mit irgend welchen Anionen annähernd in derselben Reihenfolge wie in der Volta-Reihe. Je größer die Kohäsionsgröße des betreffenden Metalls ist, um so geringer ist im allgemeinen seine Oxydationswärme. Diese Reziprozität von Kohäsions- und Affinitätskräften gibt insofern zu denken, als wir gewohnt sind, die chemischen Affinitätskräfte auf elektrische Ladungen und Kräfte zurückzuführen, und es dementsprechend nur folgerichtig sein wird, auch in Bezug auf die Kohäsionskräfte die elektrischen Kräfte als die Primärkräfte anzusehen. Eine Oberflächenspannungsdifferenz ist hiernach allgemein in derselben Weise auf elektrische Potentialdifferenzen zurückzuführen, wie die gegenseitige Affinität zweier Elemente. Diese Ansicht würde mit den modernen Anschauungen über die Beziehung der mechanischen und elektrischen Kräfte in gutem Einklang stehen.

Dafür daß die kontaktelektrischen Kräfte der Metalle mit Oberflächenspannungsdifferenzen in engstem kausalem Zusammenhange stehen, können auch die folgenden weiteren Gründe geltend gemacht werden.

Zunächst der Einfluß von Beimengungen:

Kleinste Beimengungen, wie Kohle, Silicium usw., erhöhen, wie ich gezeigt habe, den Binnendruck und die verwandten Größen oft in außerordentlichem Maße. Ganz dementsprechend wirken dieselben auf die Potentialdifferenz. Weiches Eisen hat

¹⁾ Siehe die Anmerkung am Schlusse meiner demnächst in den Verh. d. D. Phys. Ges. erscheinenden Abhandlung über die Zustandsgleichung von van der Waals und den festen Zustand.

seinen Platz in der Volta-Reihe zwischen Kupfer und Zink, harter Stahl dagegen neben dem Platin.

Das Problem der Passivität der Metalle findet damit seine Klärung. Offenbar handelt es sich um Änderungen der Oberfläche, welche meist auf Verunreinigungen derselben oder sonstige physikalische Änderungen der Struktur zurückzuführen sind, die mit einer Änderung der Oberflächenspannung und damit auch der elektrischen Potentialdifferenz verbunden sind. Reines Chrom zeigt nach Hittorf¹⁾ nicht die Passivitätserscheinungen des unreinen Chroms.

Die Härte der Metalle geht, wie ich und nach mir Benedicks gezeigt haben (l. c.), dem Binnendruck völlig parallel. Ganz dementsprechend²⁾ sind gehärtete Metalle (Eisen, Kupfer usw.) elektronegativ gegenüber den betreffenden weichen Metallen. Nach Hesehus³⁾ sind die Dielektrica (Diamant, Korund, Topas, Quarz usw.) um so elektropositiver, je größer die Härte ist.

Diese Beziehung von Härte und Potentialdifferenz zeigt sich auch in Bezug auf die Reibungselektrizität und Thermo-elektrizität, und in der Tat scheint es mir nach dem, was hier mitgeteilt wurde, außerordentlich nabeliegend, daß auch diese beiden elektrischen Kräfte⁴⁾ auf das engste mit den Änderungen der molekularen Kohäsionskräfte, der Oberflächenspannung, des Binnendrucks bzw. Kovolumens verknüpft sind. Durch Reibung wird die Oberfläche verändert, beispielsweise durch Änderung des Kovolumens, und wir können uns danach nicht wundern, wenn beispielsweise nach Gaugain⁵⁾ die Metalle sich in Bezug auf die Reibungselektrizität in einer Reihe ordnen, welche sehr an die Volta-Reihe erinnert.

Mit jeder Temperaturänderung ist eine Änderung des Kovolumens verbunden, und bekanntlich entspricht auch nach der Ansicht der meisten Physiker jeder Wärmedifferenz eine elektrische Potentialdifferenz. Mit abnehmender Temperatur werden die Unterschiede der Binnendrucke und Kovolumina der Metalle

¹⁾ Hittorf, Ztschr. für physikal. Chem. **30**, 481 [1899]; siehe besonders S. 502 und 507.

²⁾ Vergl. Wiedemann, Handb. d. Elektr. I, 723 [1893].

³⁾ Hesehus, vergl. Chvolson, Handb. d. Phys. IV, 280 [1908].

⁴⁾ Ebenso die Erscheinungen der Piezo- und Pyroelektrizität. Beim Zusammendrücken eines Krystalls treten die gleichen Elektrisierungen auf wie beim Abkühlen. Die Änderungen des Kovolumens und Binnendrucks sind danach maßgebend.

⁵⁾ Gaugain, Compt. rend. **59**, 493 [1864].

immer geringer, um beim absoluten Nullpunkte ganz zu verschwinden. Ganz dasselbe gilt nach Majorana¹⁾ für die elektrischen Potentialdifferenzen.

Jede Änderung der Oberflächenbeschaffenheit eines Metalls, beispielsweise durch Polieren, Änderung der Form der Oberfläche²⁾ (Berührung von spitzen und ebenen Oberflächen desselben Metalls), sowie Änderung des Aggregatzustandes³⁾ bewirkt eine entsprechende Potentialdifferenz.

Bei den Legierungen ist nach Hiesehus⁴⁾ für die Stellung in der Volta-Reihe der Schmelzpunkt maßgebend. Legierungen, deren Schmelzpunkt zwischen denen der Bestandteile liegt, verhalten sich auch in elektrischer Beziehung regelmäßig; dahingegen nehmen Legierungen (beispielsweise von Wood, Lipowitz), deren Schmelzpunkt niedriger ist als derjenige der metallischen Komponente, eine Stellung in der Volta-Reihe ein, die einer oft erheblichen Verschiebung nach dem elektropositiven Ende entspricht. Ganz dieses Verhalten ist nach den hier gegebenen Ausführungen zu erwarten, denn es besteht bekanntlich eine annähernd reziproke Beziehung zwischen den Wärmeausdehnungskoeffizienten und dem absoluten Schmelzpunkte eines Metalls.

Die hier festgestellten Beziehungen zwischen Oberflächenspannung und kontaktelektrischen Kräften bei der Berührung zweier Metalle bestehen aber auch an der Grenze von Metall (Kohle usw.) und Flüssigkeit, gleichgültig, ob das Metall flüssig oder fest ist.

Für flüssige Metalle, wie Quecksilber, ist dies ja ohne weiteres zuzugeben, aber auch für feste Metalle kann kein Zweifel bestehen; denn auch in Bezug auf die Potentialdifferenz Metall:Wasser ordnen sich die Metalle in derselben Reihenfolge, wie in Bezug auf die Potentialdifferenz Metall:Metall. Jede Änderung der Oberflächenspannung der Metallelektroden, sei es nun Quecksilber oder ein festes Metall, muß hiernach von einer Änderung der Potentialdifferenz begleitet sein.

Dieses wird kaum jemand leugnen, denn wir wissen ja, wie sehr die Potentialdifferenzen bei einem Elemente von der Elektrodenoberfläche

¹⁾ Majorana, Rend. Accad. Linc. [5] 9, 132 u. 199 [1900].

²⁾ Wiedemann, Handb. d. Elektr. I, S. 241 u. 242 [1893].

³⁾ l. c. S. 732.

⁴⁾ Vergl. Chvolsons Handb. d. Phys. IV. Bd., siehe daselbst S. 280 die Literatur.

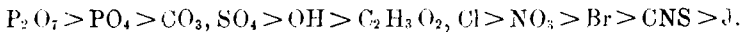
beeinflusst werden; auch an die Passivitätsercheinungen braucht ja nur nochmals erinnert zu werden.

Indessen ebenso wie die Oberflächenspannung des Metalles muß auch die Oberflächenspannung der Lösung, des Lösungsmittels und insbesondere der Einfluß der gelösten Stoffe auf die Oberflächenspannung des Lösungsmittels, also ihr Haftdruck¹⁾, die Potentialdifferenz in Ausschlag gebender Weise beeinflussen, und dieser Haftdruck ist in den bisherigen Theorien vollkommen vernachlässigt worden.

Auf spätere ausführlichere Mitteilungen verweisend, sei hier nur Folgendes bemerkt:

Gouy²⁾ hat in einer Reihe sorgfältigster Arbeiten den Einfluß von Salzen sowie Nichtelektrolyten (Alkoholen, Estern, Aminen usw.) auf das Maximum der Oberflächenspannung in dem Lipmannschen Elektrometer untersucht.

Die bekannteren Anionen ordneten sich in der Reihenfolge



Das ist eine geradezu überraschend gute Übereinstimmung mit der Reihe der Haftdrucke, wie solche aus direkten Messungen der Oberflächenspannung, Löslichkeitsbeeinflussung, Gefrierpunktserniedrigung usw. abgeleitet wurden. Ebenso ordnet sich nach Gouy d_{τ} nach den bisherigen Theorien rätselhafte und viel größere Einfluß der Nichtelektrolyte ganz entsprechend dem Einflusse, welchen diese Stoffe nach meinen früheren Versuchen auf die Oberflächenspannung des Wassers ausüben³⁾.

Aus den bekannten schönen Arbeiten von Hittorf⁴⁾ über die Passivität der Eisenmetalle ergibt sich in Bezug auf die Angreifbarkeit und Passivierung der Chrom-Anode die Reihenfolge der einwertigen Anionen:



Das ist wiederum die Reihe der Haftdrucke.

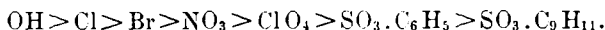
¹⁾ Vergl. meine Arbeiten Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. **10**, 880 [1908] und diese Berichte **42**, 86 [1909].

²⁾ Gouy, Ann. chim. phys. (7) **29**, 145 [1903]; (8) **8**, 291 [1906] und (8) **9**, 75 [1906].

³⁾ Hier sind auch die Versuche von Kenrick, Ztschr. für physikal. Chem. **19**, 625 [1896] zu erwähnen.

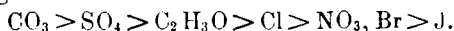
⁴⁾ Hittorf, Ztschr. f. physik. Chem. **25**, 729 [1898]; **30**, 481 [1889]; **34**, 385 [1900].

Bei den Diffusionsketten ist nach den Untersuchungen von Nernst¹⁾ und Negbauer²⁾ die Reihenfolge der Kationen bzw. Anionen in Bezug auf die elektromotorische Kraft:



Es besteht eine völlige Übereinstimmung mit der Reihe der Haftdrucke.

Bei den Daniell-Elementen und verwandten Kombinationen läßt sich gleichfalls für konzentriertere Lösungen, wie aus den Arbeiten von Neumann³⁾, Wright und Thompson⁴⁾, sowie Braun⁵⁾ sich ergibt, die folgende Haftdruckreihe der Anionen ableiten:



Nernst führt diese Abweichungen auf einen verschiedenen elektrolitischen Dissoziationsgrad zurück und führt bekanntlich den osmotischen Druck in seine Theorie ein.

Nach meiner Ansicht dagegen ist der osmotische Druck durch den Haftdruck zu ersetzen, und damit tritt ein individueller, von der Natur der Ionen abhängiger Faktor in die elektrochemischen Gleichungen ein, welcher die Berücksichtigung des elektrochemischen Dissoziationskoeffizienten zum mindesten sehr zurückdrängt.

Wenn das Zink beisp. einer Elektrode sich in gelöstes Zinksulfat verwandelt, so sind die treibenden Kräfte ein Affinitätsdruck $\text{Zn} - \text{SO}_4$, ein Haftdruck ZnSO_4, aq , vermindert um den Druck, welcher zu überwinden ist bei der Trennung von 1 Teil Zink aus dem metallischen Verbände. Offenbar ist die dem letzteren Drucke entsprechende Arbeit die Verdampfungswärme $= \frac{a}{v}$. Diese Verdampfungswärme ebenso wie die anderen Arbeiten Zn , SO_4 und ZnSO_4, aq sind bekanntlich enthalten in der Bildungswärme Zn , SO_4, aq , und so können wir uns nicht wundern, wenn — annähernd — die elektromotorische Kraft eines Daniell-Elementes gleich ist der Differenz zweier Bildungswärmen.

Entscheidend für das gesamte elektrochemische Verhalten einer Elektrode aus Metall oder Kohle ist die Gleichung bzw. Ungleichung $\frac{a}{v} \gtrless Q$, wenn Q die Bildungswärme ist.

¹⁾ Nernst, Ztschr. für phys. Chem. **4**, 130 [1889].

²⁾ Negbauer, Wied. Ann. d. Phys. **44**, 737 [1891].

³⁾ Neumann, Ztschr. für physikal. Chem. **14**, 193 [1894]; vergl. insbes. S. 225 und 229.

⁴⁾ Wright und Thompson, Phil. Mag. (5) **19**, 203 [1885].

⁵⁾ Braun, Wied. Ann. d. Phys. **16**, 561 [1882] und **17**, 593 [1882].

Ist $\frac{a}{v} > Q$, wie dies tatsächlich bei den Edelmetallen und der Kohle¹⁾ der Fall ist, so kann von einer positiven Lösungstension nicht die Rede sein; die gelösten Stoffe haben die Tendenz, sich abzuscheiden. Ist dagegen $\frac{a}{v} < Q$, wie bei den übrigen Metallen, so gilt das Umgekehrte.

Man erkennt hieraus, daß der allzu physikalische Begriff der elektrolytischen Lösungstension, welcher zu ganz unmöglichen Drucken (Drucke zur 50. und —27. Potenz) führt, durchaus entbehrlich ist.

Die Kenntnis der Größen $\frac{a}{v}$ ist von grundlegender Bedeutung für die Thermochemie, insofern wir mit Hülfe dieser Werte die wahren Bildungswärmen der Verbindungen, d. h. die Bildungswärmen der Verbindungen aus dem freien Atomzustand berechnen können.

247. Emil Votoček und Cyrill Krauz: Über eine neue Art von Isomerie in der Reihe des Oxy- und Alkoxy-malachitgrüns.

(Eingegangen am 13. Februar 1909.)

Über Oxy- und Alkoxyderivate des Malachitgrüns hat schon der erste von uns mit Herrn J. Jelinek gearbeitet²⁾. Es wurden damals Oxy- und Alkoxyaldehyde mit Dimethylanilin einerseits, und Tetramethyldiamidobenzhydrol mit Phenolen und Phenoläthern andererseits kondensiert. Der Kondensationsverlauf war fast immer ein

¹⁾ Vergl. die Werte $\frac{a}{v}$ der obigen Tabelle mit den Bildungswärmen der Oxyde und Salze der Metalle. Es ist beispielsweise in Cal.:

	Bildw.	$\frac{a}{v}$
K, Cl	105.6	9.2
Na, Cl	97.6	10.9
Tl, Cl	48.6	23.8
Cu, Cl	32.9	42.1
Ag, Cl	29.2	41.5
Au, Cl	5.8	45.6

Bemerkenswert ist auch, daß die Verdampfungswärme der meisten Metalle $\frac{a}{v}$ von derselben Größenordnung = 10^{12} Ergs ist, wie die thermodynamisch berechnete Dissoziationswärme des Jods (= $1.2 \cdot 10^{12}$ Ergs).

²⁾ Diese Berichte **40**, 406 [1907].