

10. Bodenstein, ebenda 100, 68 [1922].
11. Bodenstein u. Katayama, ebenda 69, 26 [1909].
12. Bodenstein u. Cramer, Ztschr. Elektrochem. 22, 327 [1916].
13. Starck u. Bodenstein, ebenda 16, 961 [1910].
14. Bodenstein, Ztschr. physikal. Chem. 85, 297 [1913].
15. Bodenstein u. Plaut, ebenda 110, 399 [1924].
16. Bodenstein, ebenda B. 7, 387 [1930].
- 16a. Bodenstein u. Unger, ebenda B. 11, 253 [1931].
17. Bodenstein, ebenda 22, 20 [1897]. Bodenstein u. Fink, ebenda 60, 23 [1907]. Bodenstein u. Schubart, Ztschr. Elektrochem. 23, 114 [1917].
18. Bodenstein, Ber. Dtsch. chem. Ges. 51, 1640 [1918].
19. Bodenstein, Sitzungsber. Preuß. Akad. Wiss., Berlin 1931, III, 3. Bodenstein, Ztschr. physikal. Chem. B. 12, 151 [1931].
20. Kistiakowsky u. Lenher, Journ. Amer. chem. Soc. 52, 3785 [1930].

## Energieausbeute und Zersetzungsspannung bei der Elektrolyse von Natrium- und Kaliumchlorid-Lösungen.

Von Dr.-Ing. H. RAMSTETTER und Dr.-Ing. O. KAHN, Westeregeln,  
Elektrochemische Fabrik der A.-G. Consolidirte Alkaliwerke.

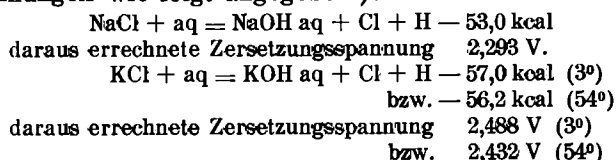
(Eingeg. 15. Juni 1931.)

Man berechnet die prozentuale Energieausbeute bei der wässrigen Elektrolyse von Natriumchlorid und Kaliumchlorid so, daß man die Wärmetönung der Reaktion in elektrischem Maße ausgedrückt als theoretische Mindestenergie annimmt:

$$\text{Energieausbeute} = \frac{\text{theoretische Energie} \cdot 100}{\text{aufgewandte Energie}}$$

Die Methode hat den Vorteil, daß die Energieausbeute bei allen Zellentypen auf gleicher Basis berechnet und dadurch vergleichbar wird. Würde man nämlich als theoretische Energie den Wert 96 540 multipliziert mit der Zersetzungsspannung der betreffenden Zelle einsetzen, so würden sich z. B. bei gleichem Kilowattstundenbedarf pro Kilogramm Alkali für Zellen höherer Überspannung höhere Energieausbauten berechnen.

Bisher werden die Wärmetönungen der Reaktionen und die daraus errechneten technischen Zersetzungsspannungen wie folgt angegeben<sup>1)</sup>:



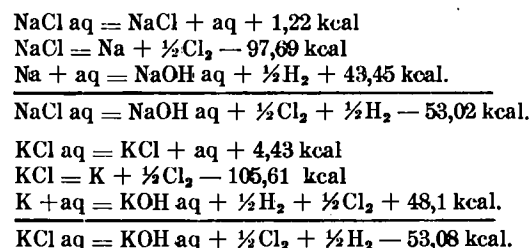
Die theoretischen Energiemengen für ein elektrochemisches Äquivalent wären also für Natriumchlorid und Kaliumchlorid sehr verschieden, ebenfalls die technischen Zersetzungsspannungen nach der Thomsonschen Regel, obwohl der Strom in beiden Fällen Chlor und Wasserstoff unter elektrochemisch ganz ähnlichen Bedingungen abzuscheiden hat.

Der Widerspruch ist dadurch entstanden, daß in die vorbezeichneten Gleichungen fälschlich festes Natriumchlorid und festes Kaliumchlorid eingeht, während in der Elektrolyse — auch in dem Falle, wo mit festem Salz nachgesättigt wird — gelöstes Natriumchlorid und gelöstes Kaliumchlorid auftreten. Es müssen also noch die Lösungswärmen für Natriumchlorid und Kaliumchlorid berücksichtigt werden.

Die Literatur enthält nun eine Menge Angaben über die Wärmetönungen der zur Rechnung notwendigen Re-

<sup>1)</sup> Billiter, Techn. Elektrochem., Bd. 2, 2. Aufl., S. 88. Ullmann, Enzyklopädie d. techn. Chem., Bd. 3, S. 412 [1916]. Ost, Lehrb. d. chem. Technologie, 13. Aufl., S. 148. Arndt, Techn. Elektrochemie, S. 445.

aktionen, deren Werte mitunter erhebliche Differenzen aufweisen. Führt man jedoch die Rechnung für Kaliumchlorid und Natriumchlorid mit den entsprechenden Zahlen der gleichen Autoren durch, so erhält man vielleicht nur relative Werte, hat aber die Möglichkeit eines ziemlich sicheren Vergleichs. Die folgende Rechnung beschränkt sich auf Zahlen von Thomsen<sup>2)</sup>, nur die beiden Zahlen für die Lösungswärmen von Kaliumchlorid und Natriumchlorid stammen von Zemczuzny und Rambach<sup>2)</sup>; sie beziehen sich auf eine Lösung mit 100 Mol. Wasser.



Benutzt man die von Wüst und Lange<sup>2)</sup> angegebenen Lösungswärmen für fast gesättigte Natrium- und Kaliumchlorid-Lösungen (−0,446 kcal bzw. −3,692 kcal), so erhält man etwas höhere Zahlen, nämlich 53,79 kcal für die NaCl- und 53,82 kcal für die KCl-Elektrolyse.

Die richtige Rechnung ergibt danach praktisch denselben Wert der theoretischen Energiemengen für ein elektrochemisches Äquivalent für Natriumchlorid wie für Kaliumchlorid. Die daraus errechnete Zersetzungsspannung ergibt für Kaliumchlorid 2,30 bzw. 2,33 V, für Natriumchlorid 2,30 bzw. 2,33 V.

Die technische Zersetzungsspannung wurde bei zwei größeren Billiter-Anlagen, deren eine mit NaCl- und deren andere mit KCl-Lösung betrieben wird, dadurch nachgeprüft, daß die Belastung unter Innehaltung sonst gleicher äußerer Bedingungen kurzzeitig auf verschiedene Werte gebracht wurde. Die erhaltenen Zahlen dienten zur graphischen Ermittlung der Zersetzungsspannung. Diese ergab in beiden Fällen rund 2,3 V.

Damit konnte der praktische, im technischen Ausmaß gewonnene Nachweis für die oben entwickelten Zahlen erbracht werden. [A. 88.]

<sup>2)</sup> Landolt-Börnstein, Phys.-Chem. Tabellen.

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

### Hauptversammlung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Berlin, 1. Juni 1931.

Der Präsident, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Planck, Berlin, eröffnete die 20. ordentliche Hauptversammlung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften und erstattete Bericht über die Tätigkeit der Kaiser Wilhelm-

Institute im vergangenen Jahr. Die wissenschaftliche Arbeit hat durch die wirtschaftlichen Verhältnisse stark gelitten, trotzdem ist es gelungen, die wissenschaftlichen Leistungen auf der alten Höhe zu halten. Planck spricht die Hoffnung aus, daß die ins unerträgliche gewachsenen Abstriche jetzt ihre Grenze gefunden haben, da sonst den wissenschaftlichen Arbeiten ein Schaden entstehen würde, der nicht wieder gutgemacht werden könnte. Im vergangenen Jahr sind drei neue Kaiser Wilhelm-Institute ins Leben gerufen worden. Am 27. Mai 1930 wurde

das Kaiser Wilhelm-Institut für medizinische Forschung in Heidelberg seiner Bestimmung übergeben. Die physikalische Abteilung steht unter Leitung von Prof. Hauser, die chemische unter Leitung von Prof. Dr. Kuhn, der physiologischen Abteilung steht Prof. Mayerhof, der pathologischen Prof. Krehl vor. Mit Hilfe der Rockefeller Foundation ist das Institut für Zellforschung errichtet worden, das unter Leitung von Prof. Dr. Otto Warburg steht, und am 2. Juni findet die Einweihung des unter Leitung von Prof. Dr. Vogl stehenden Kaiser Wilhelm-Instituts für Hirnforschung in Buch statt. Die Wohnräume des Harnack-Hauses sind im vergangenen Jahr von 202 Personen aus fast allen Ländern der Welt in Anspruch genommen worden. Die Mitgliederzahl ist im Vorjahr von 892 auf 902 gestiegen, obwohl 42 Mitglieder infolge der schlechten Wirtschaftslage ihren Austritt erklärten. Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zählt zur Zeit 19 Ehrenmitglieder.

Prof. Dr. Lise Meitner, wissenschaftliches Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für Chemie: „Über Wechselbeziehungen zwischen Masse und Energie.“

Vortr. will zeigen, daß die Masse oder das Gewicht eines Körpers keine unveränderliche Größe ist, sondern je nach den Bedingungen eine Zunahme oder Abnahme erfahren kann. Man kann dies an den kleinsten Massenteilchen experimentell bestätigen. Die Masse ist nur eine spezielle Form von Energie, von Arbeitsmöglichkeit. Wir kennen verschiedene Arten von Energien, die sich wechselweise ineinander umsetzen lassen; so verwandeln wir bei der elektrischen Beleuchtung elektrische in Lichtenergie, elektrische Energie erzeugen wir durch Arbeit eines Wasserfalls, bei dem Betrieb elektrischer Bahnen wird die elektrische Energie in mechanische Bewegungsenergie umgesetzt. Den Verbrauch der einen Energieart entspricht ein bestimmter Gewinn der anderen Energieart. Die moderne Physik ist nun zu der Erkenntnis gekommen, daß auch die Masse nur eine besondere Form der Energie darstellt. Damit ist es möglich, daß sich die Masse in irgendeine Energieform umwandelt und umgekehrt eine Energieform in Masse. Diese Umwandlungsmöglichkeit spielt eine große Rolle in der modernen Atomforschung und in der Physik der Sterne. Die in Form von Lichtstrahlen ausgesandte Energie kann Wirkungen hervorrufen, wie wir sie von der bewegten Masse her kennen. Der Lichtdruck, der Stoß der Lichtstrahlen, ist zwar sehr klein, trotzdem können wir ihn mit sehr feinen Meßinstrumenten nachweisen. Strahlungen größerer Energie als Lichtstrahlen sind die Röntgenstrahlen und die  $\gamma$ -Strahlen. Nach Ansicht der Astronomen spielt der Lichtdruck dieser energiereicheren Strahlen eine Rolle in der Geschichte der Sterne. Im Innern der Sterne herrschen große Temperaturen. Dadurch werden sehr energiereiche Strahlen erzeugt, die auf die umgebenden Massenteilchen einen großen Druck ausüben. Würde der Strahlungsdruck die Schwerkraft übersteigen, so müßten Massenteilchen der Sterne in den Weltraum gedrängt werden. Durch den einfachen Laboratoriumsversuch kann man zeigen, daß Strahlungen großer Energien nicht nur kleine Massenteilchen in Bewegung setzen können, sondern daß das angestoßene Massenteilchen seine Masse auf Kosten der Strahlungsenergie vergrößert. Daß wir diese Erscheinung nur an den sehr kleinen Teilchen, an den Elektronen nachweisen können, liegt daran, daß diese Energien sehr klein sind gegenüber den Energien, wie sie die bewegte Masse darstellt. Die Masse eines Elektrons zur Masse von einem Gramm verhält sich etwa wie die Masse von einem Gramm zur Masse der Erde. Je größer die einstrahlende Energie ist, desto größer ist die Geschwindigkeit der hinausgeworfenen Elektronen und desto größer ihre Masse. Ein Teil der Strahlungsenergie wird nicht nur dazu verwendet, um Elektronen in schnellere Bewegung zu setzen, sondern ein Teil der Energie wird in Masse des Elektrons umgewandelt. Man kann auch zeigen, daß die Elektronenmasse in Energie umgewandelt wird, wenn man schnell bewegte Elektronen die Materie durchlaufen läßt. Das Studium der Umwandlung der Atome hat gezeigt, daß hierbei mechanische Energie, Arbeitsleistung, auf Kosten von Masse vor sich geht. Man kann durch Bombardieren von  $\alpha$ -Strahlen radioaktive Substanzen gewisser Elemente, wie z. B. Stickstoff, zertümmern, wobei Wasserstoffteilchen herausgeschlagen werden. Diese stellen den zweiten Elementarbestandteil aller Körper

dar, die sich aus den Elektronen und den Protonen (Wasserstoffteilchen) aufbauen. Mit den gleichen Methoden, mit denen man Elektronenbahnen sichtbar machen kann, kann man auch feststellen, wieviel Wasserstoffteilchen frei werden, wenn man z. B. Aluminium mit  $\alpha$ -Strahlen bombardiert. Es muß auch möglich sein, daß ein leichtes Element durch Aufnahme von  $\alpha$ - oder Heliumteilchen in ein schwereres Element übergeht. Dies ist der Fall bei Aluminium, bei dem letzten Endes keine Absplitterung, sondern ein Aufbauprozeß vor sich geht und aus dem Aluminium sich ein Siliciumatom bildet. In den Aufbauprozessen, die man früher fälschlich als Zertrümmerungsprozesse angesehen hat, haben wir Vorgänge, wo auf Kosten der Masse Bewegungsenergie erzeugt wird. Diese Erkenntnisse, die uns die Erforschung der Radioaktivität gebracht hat, sind möglicherweise auch geeignet, die durch Milliarden von Jahren hindurch unverringerte Sonnenstrahlung zu erklären. Während z. B. die Sonne mindestens 3000 Millionen Jahre alt ist, müßte sie rechnerisch nach dem Energieverbrauch der Sonne nach einem Alter von 20 Millionen Jahren erlöschen. Daß das nicht geschieht, ist auf Energie schaffende Prozesse zurückzuführen, bei denen ein Teil der Masse sich direkt in Energie umsetzt. Die Höhenstrahlung beweist, daß im Weltall derartige Prozesse vor sich gehen, die nur aus der wechselweisen Überführung von Masse in Energie zu erklären sind. —

Prof. Dr. E. Kaufmann, wissenschaftlicher Berater des Instituts für ausländisches Recht und Völkerrecht: „Zur Problematik des Volkswillens.“ — Prof. Dr. F. Plaut, wissenschaftliches Mitglied der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie (Kaiser Wilhelm-Institut), München: „Die theoretische Begründung der Wassermannschen Reaktion.“ —

## Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Berlin, 12. Juni 1931.

Vorsitzender: Prof. Dr. R. Ladenburg.

A. Sommerfeld, München: „Zur Theorie des Ramsauereffektes.“

Bei der Behandlung der Beugung des Lichts sind zwei Fälle zu unterscheiden: erstens behandelt man solche Wellenlängen, die klein sind im Verhältnis zur beugenden Öffnung, wo also  $\frac{\lambda}{r_0} < 1$ ; diese Methode entspricht dem Huyghensschen Prinzip. Zweitens behandelt man solche Wellenlängen, die groß sind im Verhältnis zur beugenden Partikel, wo also  $\frac{\lambda}{r_0} > 1$ . Während die erste Methode in der Elektronenbeugung der De-Broglie-Wellen ihre volle mathematische Entwicklung erfahren hat, fehlte für die zweite Methode bisher das geeignete physikalische Problem als Ausgangspunkt für die mathematische Entwicklung. Ein Beispiel für diesen Fall stellt der Ramsauereffekt dar. — Ramsauer fand bei seinen Untersuchungen über den Wirkungsquerschnitt<sup>1)</sup> von Gasmolekeln gegenüber langsamen Elektronen, daß mit abnehmender Geschwindigkeit der Elektronen der Wirkungsquerschnitt der Gase zunächst über den gaskinetischen Querschnitt steigt, durch ein Maximum geht, dann abfällt und schließlich unter den gaskinetischen Querschnitt sinkt; die Atome sind also für sehr langsame Elektronen durchlässig, die freie Weglänge der Elektronen ist also außerordentlich groß. — Vortr. berichtet über eine mathematische Entwicklung dieser Methode für den Fall  $\frac{\lambda}{r_0} > 1$ , durchgeführt am Ramsauereffekt durch seine Mitarbeiter Allis und Morse. Der Gesamtwirkungsquerschnitt  $Q$  erscheint in dieser Theorie als Summe der reduzierten Wirkungsquerschnitte  $q$ , welche eine Reihenentwicklung nach Kugelfunktionen darstellen. Die Theorie gibt den experimentell ermittelten Kurvenverlauf sehr ähnlich wieder. —

E. F. Freundlich, Berlin: „Über einen neuen Nachweis der Ablenkung des Lichtes im Schwerfeld der Sonne.“

Vortr. berichtet über Ergebnisse der Expedition, die die Potsdamer Sternwarte bei der Sonnenfinsternis am 9. Mai 1929 nach Sumatra unternommen hatte. Nach der Relativitätstheorie erfährt ein Lichtstrahl, der das Schwerfeld der Sonne passiert, eine Ablenkung um  $1''75$ . Diese Ablenkung zu bestimmen,

<sup>1)</sup> Vgl. dazu diese Ztschr. 43, 1 [1930]