

Die Spannung hat wieder eine OHMSche Komponente und eine sehr große induktive Komponente. Beides entspricht den Extremalfällen von Abschnitt IV.

3. Hier ist aber im Gegensatz zu Abschnitt IV auch der Fall möglich, daß sehr nahezu der  $\ln(-1)$  auftritt, nämlich für  $\Omega_0^2 = 2\omega^2/(2-m^2)$ . In diesem Falle ist

$$U = G \frac{\delta_P}{\varepsilon_0} \frac{2-m^2}{m^2} \frac{1}{\omega} \arctg \left[ \frac{m^2}{2-m^2} \frac{\omega}{\nu} \right]$$

Das Plasma verhält sich wie ein OHMScher Widerstand, dessen Größe für  $\omega \gg \nu$  mit abnehmendem  $m$  wächst bis auf

$$U = G \frac{\delta_P}{\varepsilon_0} \frac{1}{\nu}$$

bei  $m \rightarrow 0$ , d. h. homogenem Plasma.

In den Frequenzgebieten außerhalb der drei erwähnten Singularitätspunkte ergibt sich nach Gl. (a) bei geringer Dämpfung:

Für  $\Omega_0^2 < \omega^2$  ist das Plasma rein kapazitiv.

Für  $\omega^2 < \Omega_0^2 < 2\omega^2/(2-m^2)$  hat das Plasma eine OHMSche und eine kapazitive Komponente.

Für  $2\omega^2/(2-m^2) < \Omega_0^2 < \omega^2/(1-m^2)$  hat das Plasma eine OHMSche und eine induktive Komponente.

Für  $\Omega_0^2 > \omega^2/(1-m^2)$  ist das Plasma praktisch rein induktiv.

Hier liegt ein Unterschied gegenüber der quadratischen Abnahme der Dichte in Abschnitt IV vor, wo das Plasma nach dem Durchgang von  $\Omega_0^2 = \omega^2$  induktiv wird und es dann mit wachsendem  $\Omega_0^2$  auch immer bleibt. Diese beiden Variationen der Plasmadichte, ohne Berücksichtigung der Dämpfung, hat schon TONKS<sup>1</sup> diskutiert, glaubte sie aber nicht zur Erklärung der von ihm beobachteten Asymmetrien in den Resonanzkurven verwenden zu können.

Auch hier gibt es — wie in Abschnitt V — zwei Resonanzen mit einem vorgeschalteten Luftkondensator.

1. In dem induktiven Plasmagebiet zwischen

$$\Omega_0^2 = \frac{2\omega^2}{2-m^2} \quad \text{und} \quad \Omega_0^2 = \frac{\omega^2}{1-m^2}.$$

Die Resonanzbedingung zur Bestimmung von  $\Omega_0$  lautet

$$\ln \frac{\Omega_0^2 - \omega^2}{\omega^2 - \Omega_0^2(1-m^2)} = \frac{\Omega_0^2 m^2}{\omega^2} \frac{\delta_0}{\delta_P},$$

wobei bei Resonanz noch eine erhebliche OHMSche Komponente mit

$$U = G \frac{\delta_P}{\delta_0} \frac{\omega \pi}{\Omega_0^2 m^2}$$

auftritt.

2. In dem induktiven Plasmagebiet mit

$$\Omega_0^2 > \frac{\omega^2}{1-m^2}$$

tritt die Resonanzbedingung

$$\ln \frac{\Omega_0^2 - \omega^2}{\Omega_0^2(1-m^2) - \omega^2} = \frac{\Omega_0^2 m^2}{\omega^2} \frac{\delta_0}{\delta_P}$$

mit einer ganz unerheblichen OHMSchen Komponente des Plasmas auf.

Beide Bedingungen können graphisch gelöst werden.

Die Verhältnisse liegen also ganz analog denen bei der quadratischen Dichtenabnahme, nur daß die charakteristischen Frequenzen etwas anders liegen.

Dieses Verhalten bei linearer Dichteverteilung läßt sich auch beschreiben durch die Hintereinanderschaltung zweier homogener Plasmakondensatoren mit verschiedenen Resonanzfrequenzen  $\Omega_0^2$  und  $\Omega_{0W}^2$ , wenn man die Dicken  $\delta$  beider Kondensatoren richtig wählt.

## NOTIZEN

### Helium und Neon als Reaktionsprodukte der Höhenstrahlung in Eisenmeteoriten

Von H. WÄNKE und H. HINTENBERGER

Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz

(Z. Naturforsch. **13 a**, 895—897 [1958]; eingegangen am 7. August 1958)

Im Jahre 1955 wurde von REASBECK und MAYNE<sup>1</sup> zum ersten Male neben Helium auch Neon als Reaktionsprodukt der Höhenstrahlung in Eisenmeteoriten nachgewiesen. Die massenspektroskopische Untersuchung ergab eine sehr deutliche Verschiedenheit des in Eisenmeteoriten aufgefundenen Neons gegenüber atmosphärischem Neon. Wie man nach den Vorstellungen der Erzeugung dieses Neons aus den Eisenkernen der Meteorite auch erwarten sollte, entstehen alle drei Neonisotope in größenordnungsmäßig gleichen Mengen. Das von REASBECK und MAYNE angegebene Isotopenverhältnis lautete ( $^{20}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne} = 43/36/21$ ).

Wie der eine von uns bereits in einer früheren Arbeit<sup>2</sup> zeigen konnte, sind die in Eisenmeteoriten aufgefundenen Neommengen den Heliummengen etwa proportional, mit einem leichten Anstieg der Neonkonzentration bei den sehr helium- bzw. neonreichen Proben.

Wir haben jetzt begonnen, diese Untersuchungen mit erhöhter Genauigkeit fortzusetzen und vor allem alle Proben auch massenspektrometrisch zu vermessen. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen, doch liegen darüber schon jetzt interessante Ergebnisse vor, die hier kurz mitgeteilt werden sollen.

Die Mengenbestimmungen und die Gewinnung der Edelgasproben erfolgte in einer Apparatur zur Mikroanalyse von Edelgasen, die dem Prinzip nach der von CHACKETT und Mitarb.<sup>3</sup> angegebenen ähnlich war. Die

<sup>1</sup> P. REASBECK u. K. I. MAYNE, Nature, Lond. **176**, 733 [1955].

<sup>2</sup> K. H. EBERT u. H. WÄNKE, Z. Naturforsch. **12 a**, 766 [1957].

<sup>3</sup> K. F. CHACKETT, P. REASBECK u. E. J. WILSON, Geochim. Cosmochim. Acta **3**, 261 [1953].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bezeichnung	Gewicht kg	Einwage g	He in $10^{-4}$ cm <sup>3</sup> /g	Ne in $10^{-4}$ cm <sup>3</sup> /g	He/Ne	Meßwerte		Luftneon zur Korrek- tur in %	Korrigierte Werte		<sup>20</sup> Ne ‰	<sup>21</sup> Ne ‰	<sup>22</sup> Ne ‰
						<sup>22</sup> Ne <sup>20</sup> Ne	<sup>21</sup> Ne <sup>20</sup> Ne		<sup>22</sup> Ne <sup>20</sup> Ne	<sup>21</sup> Ne <sup>20</sup> Ne			
Clark County (m. Okt.)	11,3	2,217	44,0	33,6	131	1,020	1,003	0,5	1,032	1,016	32,82	33,31	33,87
Thunda (m. Okt.)	60	2,875	27,1	18,7	145	1,050	1,020	2,0	1,099	1,073	31,53	33,85	34,62
Treysa (m. Okt.)	63	4,129	25,4	19,1	133	1,003	0,984	1,3	1,035	1,018	32,74	33,38	33,88
Carbo (außen) (m. Okt.)	450	4,844	21,2	12,9	167	1,045	1,011	0,7	1,062	1,029	32,36	33,28	34,36
Bendego (g. Okt.)	5360	10,812	7,0	3,72	188	1,036	1,004	2,0	1,085	1,057	31,83	33,63	34,54

Tab. 1. Helium- und Neongehalt von Eisenmeteoriten. Die Spalten 4 und 5 geben die im Meteoriten pro Gramm enthaltenen Helium- und Neommengen, Spalte 9 die bei der Extraktion des Neons zu den Proben hinzugekommenen Mengen an Luft-Neon in % der Gesamtneonmenge an. Die Spalten 7 und 8 geben die an den Neonproben gemessenen Isotopenhäufigkeitsverhältnisse wieder. Korrigiert man diese gemessenen Häufigkeitsverhältnisse mit den aus Spalte 9 ersichtlichen Beimischungen an Luft-Neon, so ergeben sich die in den Spalten 10 und 11 angeführten Häufigkeitsverhältnisse für die Neonisotope in den Meteoriten. Daraus folgen dann die in den Spalten 12, 13 und 14 wiedergegebenen prozentualen Häufigkeiten für die Neonisotope in den Meteoriten.

Meteoritproben (2 bis 10 g) wurden in Form von Frässpänen im Vakuum in einer salzsäuren CuCl<sub>2</sub>-KCl-Lösung gelöst. Alle dabei entstehenden Gase wurden mit reinem, elektrolytisch hergestelltem Sauerstoff aus Lösungskolben und Lösungsflüssigkeit herausgespült. Die eigentliche Abtrennung von Helium und Neon erfolgte in einer 15-stufigen Adsorptionskolonne an Aktivkohle bei der Temperatur des siedenden Stickstoffs. Sowohl Helium als auch Neon wurden schließlich mit einem Pirani-Manometer gemessen und dann in kleine Phiolen für die massenspektrometrische Bestimmung abgefüllt. Die gemessenen Helium- und Neommengen sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Die Genauigkeit der reinen Druckmessung ist besser als 1%. Der Gesamtfehler der Mengenmessungen ist jedoch beim Neon etwas größer und liegt bei etwa 3%. Obwohl der Blindwert der gesamten Anordnung selbst beim Neon nur ca. 1% der gemessenen Neommengen ausmachte, wurde doch große Sorgfalt darauf verwendet, diese Beimischungen an atmosphärischem Neon möglichst genau zu erfahren, um die massenspektrometrisch gemessenen Isotopenverhältnisse entsprechend korrigieren zu können. Dieser Blindwert setzt sich aus zwei Anteilen zusammen. Zunächst enthielt der als Spülgas verwendete Sauerstoff stets kleinste, jedoch genau bekannte Mengen Neon. Der zweite im allgemeinen etwas größere Anteil der Blindwerte kommt dadurch zustande, daß auch nach dem Evakuieren und nach mehrmaligem Spülen mit Sauerstoff immer noch kleine Mengen Neon im Lösungskolben zurückbleiben.

Die Isotopenhäufigkeiten des Neons wurden mit einem 60°-Massenspektrometer, das noch an anderer Stelle genauer beschrieben werden wird<sup>4</sup>, statisch gemessen. Das Instrument wurde ausgeheizt und gepumpt,

bis ein Druck von etwa  $1-5 \cdot 10^{-9}$  Torr erreicht war, dann wurde mit einem Metallhahn das Instrument von der Diffusionspumpe abgeschlossen und mit einem Gefäß, das Pd-Schwamm als Getter enthielt, verbunden. Vor dem Einlassen der Versuchsprobe wurde der Untergrund des Massenspektrometers bei den Massen 20, 21 und 22 etwa 30–60 Minuten lang verfolgt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Störlinien vor der Messung wurde dann auf die Größe der Störlinien während der Isotopenhäufigkeitsmessung extrapoliert und damit die Neonionenströme korrigiert. Die Korrekturen waren jedoch gering und betrugen bei der Masse 20 höchstens 3%, bei der Masse 22 einige Promille und bei der Masse 21 einige Zehntel Promille der Ausschläge, die bei den Neonisotopen zu beobachten waren, wenn Proben von meteoritischem Neon in der Größenordnung von  $3 \cdot 10^{-7}$  cm<sup>3</sup> eingelassen wurden. Bei der Isotopenhäufigkeitsmessung wurde der Magnetstrom verändert und die Ionenströme bei den einzelnen Isotopen mit einem Cu-Be-Multiplier gemessen. Die erhaltenen Intensitätsverhältnisse der Neonionenströme zeigen die Spalten 7 und 8 der Tab. 1.

Es ist dabei noch zu bedenken, daß diese Angaben mit einem von der Isotopenmasse abhängigen systematischen Fehler behaftet sein werden, der bekanntlich zum Teil von Isotopentrennvorgängen in der Ionenquelle und im Ablenssystem herrühren kann, zum anderen Teil durch die Massenabhängigkeit der Multiplierempfindlichkeit verursacht wird. Wir haben an einer größeren (einige  $10^{-6}$  cm<sup>3</sup>) Probe von Meteoriteneon die Isotopenhäufigkeiten sowohl mit dem Multiplier als auch mit dem Auffänger gemessen und dabei die folgenden Korrekturfaktoren ermittelt:

$$\left(\frac{^{22}\text{Ne}}{^{21}\text{Ne}}\right)_{\text{Auffänger}}$$

$$\left(\frac{^{22}\text{Ne}}{^{21}\text{Ne}}\right)_{\text{Multipl.}}$$

$$= f(^{22}/_{21}) \approx 1,027, \quad f(^{22}/_{20}) \approx 1,047, \quad f(^{21}/_{20}) \approx 1,019.$$

<sup>4</sup> H. HINTENBERGER, F. J. COMES u. H. VOSHAGE, Z. angew. Phys. (im Druck) — siehe auch H. HINTENBERGER u. F. J. COMES, Phys. Verh. 7, 181 [1956] und J. COMES, Diss., Mainz 1957.

Wenn man mit diesen Faktoren die in den Spalten 7 und 8 der Tab. 1 angegebenen Häufigkeitsverhältnisse korrigiert, so erhält man die Isotopenhäufigkeitsverhältnisse, die mit dem Auffänger an unserem Massenspektrometer gemessen worden wären. Wir haben außerdem innerhalb eines Zeitabschnittes von 3 Monaten 12 Proben von je  $6 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^3$  Luft-Neon untersucht und dabei die in Tab. 2 angeführten prozentualen Häufigkeiten

Literatur	$\frac{\%}{\text{Ne}}^{20}$	$\frac{\%}{\text{Ne}}^{21}$	$\frac{\%}{\text{Ne}}^{22}$
Vorliegende Arbeit	90,87 $\pm 0,09$	0,31 $\pm 0,03$	8,82 $\pm 0,06$
DIBELER, MOHLER, REESE <sup>7</sup> (1947)	90,51	0,28	9,21
HIBBS <sup>6</sup> (1949)	89,99	0,30	9,72
NIER <sup>5</sup> (1951)	90,92	0,257	8,82

Tab. 2. Prozentuale Häufigkeiten der Neonisotope. Die von uns angegebenen Häufigkeiten stellen Mittelwerte aus Messungen an 8 Proben zu je  $6 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^3$  Luft-Neon dar. Der Mittelwert der Proben ermittelte mittlere Fehler, eventuelle systematische Fehler sind nicht berücksichtigt.

ten für die Neonisotope gemessen. Zum Vergleich sind auch die von anderen Autoren erhaltenen Ergebnisse in Tab. 2 angeführt. Falls durch die NIERschen Werte die unverfälschten Häufigkeiten der Neonisotope wiedergegeben werden, würden in unserem Instrument die

durch den Multiplier verursachte Fälschung durch die systematischen Fehler in der Ionenquelle und im Ablenkensystem wieder aufgehoben. Nach diesem Sachverhalt möchten wir auf das Anbringen von Korrekturen für systematische Fehler an unseren Meßwerten zunächst verzichten. Eine einwandfreie Entscheidung dieser Frage kann nur mit Hilfe von Eichmischungen aus getrennten Neonisotopen durchgeführt werden. Wir werden eine solche Eichung durchführen, sobald uns getrennte Neonisotope zur Verfügung stehen. Bis dahin müssen wir für die angegebenen Isotopenhäufigkeitsverhältnisse eine Unsicherheit von etwa 6% offen lassen. Für den Vergleich der hier angeführten Proben untereinander dürfte der Fehler in den Isotopenhäufigkeitsverhältnissen einschließlich der Unsicherheiten, die durch die Korrektur des Luft-Neons hinzukommen, jedoch nicht größer als 3% sein.

Herrn Prof. F. A. PANETH sind wir für die Überlassung der Meteoritproben zu großem Dank verpflichtet. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat diese Arbeit durch Beschaffung von Apparaten unterstützt, wofür wir bestens danken. Herrn MEHNERT danken wir für seine Hilfe bei den Isotopenhäufigkeitsmessungen.

<sup>5</sup> A. O. NIER, Phys. Rev. **79**, 450 [1951].

<sup>6</sup> R. F. HIBBS, AECU-556.

<sup>7</sup> V. H. DIBELER, F. L. MOHLER u. R. M. REESE, Nat. Bur. Stand. Research **38**, 617 [1947].

## Magnetische Messungen an ferromagnetischem Nickelamalgam

Von WOLFGANG HENNING

Physikalisches Institut der Universität Marburg

(Z. Naturforsch. **13 a**, 897–898 [1958]; eingegangen am 21. Juli 1958)

Magnetische Untersuchungen an Eisen- und Kobaltamalgamen<sup>1,2</sup>, die das Verhalten im Übergangsgebiet zwischen Ferro- und Paramagnetismus aufklären sollten, ließen es wünschenswert erscheinen, ebensolche Untersuchungen auch an Nickelamalgamen durchzuführen. Dabei zeigte sich jedoch, daß das bei Zimmertemperatur hergestellte Nickelamalgam, im Gegensatz zum Eisen- und Kobaltamalgam, nicht ferromagnetisch ist. Diese Beobachtung machten auch BATES und BAKER<sup>3</sup>; sie fanden, daß Amalgame mit 0,01 bis 2 Gew.-% Ni diamagnetisch sind. Es handelt sich hier also offenbar nicht um eine Suspension fein verteilter ferromagnetischer Einbezirkeilchen in Quecksilber, wie beim Eisen und Kobalt, sondern um eine Nickel-Quecksilber-Verbindung.

In der Tat konnte LIHL<sup>4</sup> röntgenographisch eine solche Nickel-Quecksilber-Phase nachweisen, die in einem Homogenitätsbereich von  $\text{NiHg}_4$  bis  $\text{NiHg}_3$  beständig ist. Das Gitter dieser Phase ist als einfach kubisches Quecksilbergitter aufzufassen, in das Nickelatome vermutlich auf Würfelmitten in statistischer Verteilung eingebaut sind. Da es möglich ist, durch eine Fritte überschüssiges, nicht gebundenes Quecksilber abzusaugen, stellt ein dünnflüssiges bzw. teigiges Nickelamalgam somit eine Suspension von Teilchen der Ni-Hg-Verbindung in Quecksilber dar.

Indes ist diese Nickel-Quecksilber-Phase nur bei tieferen Temperaturen stabil. Schon BATES und BAKER<sup>3</sup> hatten an ihren Proben beim Erwärmen über  $220^\circ\text{C}$  einen plötzlichen Übergang von Diamagnetismus zu Para- oder Ferromagnetismus beobachtet. Wir haben daraufhin 3 Proben eines Nickelamalgams bei  $265^\circ\text{C}$  verschieden lange getempert und danach rasch in flüssiger Luft abgekühlt. Das Amalgam zeigt dann beträchtlichen Ferromagnetismus, kenntlich an der hohen Koerzitivkraft von ca. 200 Oe. Die Magnetisierung dieser Proben im Gebiet hoher Felder ist in Abb. 1 dargestellt. Man ersieht, daß die Proben, trotz verschieden

<sup>1</sup> A. MAYER u. E. VOGT, Z. Naturforsch. **7 a**, 334 [1952].

<sup>2</sup> W. HENNING u. E. VOGT, Z. Naturforsch. **12 a**, 754 [1957]; Vortrag, gehalten bei dem Internationalen Kolloquium über Magnetismus in Grenoble (Juli 1958), erscheint in J. Phys. Radium.

<sup>3</sup> L. F. BATES u. C. J. W. BAKER, Proc. Phys. Soc., Lond. **52**, 436 [1940].

<sup>4</sup> F. LIHL, Z. Metallkde. **44**, 160 [1953].