

Messungen der stabilen Nuklide. Abb. 2 zeigt als Beispiel die Beziehung 8. In diesem und zwei weiteren Fällen liegt die Gerade innerhalb der mittleren Fehler, in 3 Fällen ist die Abweichung der Punkte kleiner bzw. gleich dem 2,2-fachen Fehler und in einem Fall gleich dem 3,5-fachen Fehler.

Hierbei sowie zuvor bei der Benutzung der Werte von MATTAUCH et al.^{2,3} wurde jede einzelne Gerade unabhängig von den übrigen geprüft. Die Tatsache, daß ein Teil der experimentellen Werte $B_0 \pm b_0$ und $E_i \pm e_i$ zugleich in mehreren Beziehungen vorkommt, verschlechtert wahrscheinlich das Resultat etwas, so daß mit den Werten von MATTAUCH et al.^{2,3} in einigen Fällen die Geraden leicht außerhalb der mittleren Fehler verlaufen werden und mit den Werten von QUISENBERRY und JOHNSON¹⁰ sich die Abweichungen ebenfalls z. Tl. etwas vergrößern. Es können aber dadurch keine zusätzlichen Abweichungen auftreten, die größer als ein kleines Vielfaches des mittleren Fehlers sind. Deshalb kann man im Rahmen der heutigen Meßgenauigkeit nichts anderes feststellen, als daß in den genannten 8 Fällen *lineare* Beziehungen zwischen den Bindungsenergien von Nukliden bestehen, die sich im Grund- oder Anregungszustand befinden.

Auch bei anderen Werten von T_z , d. h. auch bei schwereren Massen, ließen sich zahlreiche lineare Zusammenhänge finden, deren Veröffentlichung geplant ist.

Die Interpretation der angegebenen 8 Zusammenhänge soll ebenfalls einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Messung des Righi-Leduc-Effekts an einigen Kupfer- und Silber-Legierungen

VON HANS-EBERHARD SCHMIDT

Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart

(Z. Naturforsch. 13 a, 902–903 [1958]; eingegangen am 18. August 1958)

Im Zusammenhang mit dem in einer früheren Arbeit¹ beschriebenen Versuch, Dichte und Beweglichkeit von negativen und positiven Ladungsträgern im Falle gemischter metallischer Leitung getrennt zu bestimmen, wurde an den dabei untersuchten Metallen und Legierungen unter anderem der RIGHI-LEDUC-Effekt gemessen. Da die Ergebnisse dieser Messungen für die Lösung des Problems nicht benötigt wurden, werden sie erst hier mitgeteilt.

Grundlagen

Der RIGHI-LEDUC-Koeffizient B_{RL} ist dem Temperaturgefälle $\Delta T/\Delta y$ proportional, das sich unter dem Einfluß eines Magnetfeldes H_z in einem Leiter ausbildet, durch den primär ein Wärmestrom ($\sim \Delta T/\Delta x$) fließt:

$$-B_{RL} = \frac{\Delta T}{\Delta y} / H_z \frac{\Delta T}{\Delta x}.$$

Die Elektronentheorie fordert einen einfachen Zusammenhang zwischen RIGHI-LEDUC-Koeffizient, HALL-Kon-

stante A_H und elektrischer Leitfähigkeit² σ

Die Geraden bedeuten, daß beim Fortschreiten vom ersten Punkt zum zweiten die gleiche (bzw. 2-, 1/2- oder 1/4-fache) Bindungsenergie frei wird wie vom zweiten zum dritten usw. Nach Abb. 1 kommen solche in ganzzahligen Verhältnissen stehenden Energiebeträge auch über Schalenabschlüsse hinweg zustande. Es muß allerdings damit gerechnet werden, daß manchmal die auf einer Geraden liegenden Punkte in der Kernstruktur keine entsprechend fortlaufende Beziehung zueinander haben, sondern solche Energiebeträge auf verschiedene Weise („durch Zufall“) zustandekommen.

Von den Anregungszuständen der Geraden 5 hat $^{22}\text{Na}^{*2}$ wahrscheinlich und $^{26}\text{Al}^{*1}$ sowie $^{30}\text{P}^{*1}$ nach experimenteller Bestimmung den Isotopenspin $T=1$. Diese Zustände sind also die $T_z=0$ -Komponenten von 3 Isotopenspin-Tripletts. Die drei $T_z=+1$ -Komponenten dazu sind die 0⁺-Grundzustände der Kerne ^{22}Ne , ^{26}Mg und ^{30}Si . Diese bilden ihrerseits innerhalb der mittleren Fehler eine Gerade.

Eine einfache Interpretation nach dem Schalenmodell ergibt sich, wenn z. B. der Einbau zweier Protonen und Neutronen in die gleiche Unterschale erfolgt, so wie es CAPPELLER¹ bei Grundzuständen höherer Massen zeigen konnte. Über die Schalenmodell-Konfigurationen der Anregungszustände weiß man jedoch so wenig, daß man eher geneigt ist, diese versuchsweise mit Hilfe der linearen Beziehungen zu erschließen.

¹⁰ K. S. QUISENBERRY u. W. H. JOHNSON, „Atomic Mass Table“, Juni 1957, private Mitteilung.

$$B_{RL} = A_H \cdot \sigma. \quad (1)$$

Beziehung (1) gilt, sofern der Leiter isotrop ist und die Meßtemperatur hoch ist gegen die DEBYE-Temperatur des untersuchten Materials. Nach (1) ist B_{RL} in Betrag und Dimension also gleich der in früheren Arbeiten gelegentlich benutzten effektiven Beweglichkeit v^* . Im Rahmen des Einband-Modells gilt streng

$$B_{RL} = -v.$$

Bei gemischter Leitung läßt sich der RIGHI-LEDUC-Koeffizient mit den angegebenen Einschränkungen aus den Dichten und Beweglichkeiten der beiden Leitungsanteile zu

$$B_{RL} = - \frac{n_- v_-^2 - n_+ v_+^2}{(n_- v_- + n_+ v_+)}$$

berechnen.

Durch die Ergebnisse der RIGHI-LEDUC-Messungen ist demnach keine Bestätigung der früher¹ beschriebenen Resultate zu erwarten; das ist nur durch einen Effekt möglich, der von den dort benutzten Eigenschaften unabhängig ist.

Untersuchungswert erscheint der RIGHI-LEDUC-Effekt deshalb, weil mögliche Abweichungen von dem in Gl. (1) angegebenen Zusammenhang Schlüsse auf den Gültig-

¹ H.-E. SCHMIDT, Z. Metallkde 49, 113 [1958].

² E. H. SONDEIMER, Proc. Roy. Soc., Lond. A 193, 484 [1948].



keitsbereich der dieser Beziehung zugrunde liegenden Theorie gestatten. Allerdings ist eine strenge Prüfung nur dann möglich, wenn alle drei darin auftretenden Größen an der gleichen Probe im gleichen Zustand bestimmt werden. Es sind bisher verhältnismäßig wenig Messungen des RIGHI-LEDUC-Effekts bekannt^{3, 4}, die zudem vorwiegend an reinen Metallen, weniger an Legierungen durchgeführt wurden. Außerdem sind in den wenigsten bekannten Fällen neben B_{RL} , auch gleichzeitig A_H und σ gemessen worden. Mit dem vorliegenden Beitrag soll der Umfang des Untersuchungsmaterials, das eine Kontrolle der Beziehung (1) ermöglicht, erweitert werden.

Meßverfahren

Der RIGHI-LEDUC-Effekt wurde mit der früher¹ ausführlich beschriebenen Apparatur gemessen. Dabei herrschte in Probenlängsrichtung ein Temperaturgefälle von etwa $10^\circ/\text{cm}$. Die transversale Temperaturdifferenz (bei etwa 2 cm Probenbreite in der Größenordnung 10^{-2}°C) wurde mit angeschweißten Kupfer-Konstantan-Thermoelementen (Dicke 0,1 mm) bestimmt. Die Meßfehler liegen zwischen 10 und 20%.

Gemessen wurde an Silber-Palladium-Legierungen mit 0, 5, 10, 20, 44, 70, 85 und 100% Pd, Kupfer-Nickel-Legierungen mit 0, 5, 15, 30 und 45% Ni und Kupfer-Gold-Legierungen mit 0, 5, 10 und 49,8% Au, die alle vor der Messung homogenisiert worden waren. Für die Legierungsherstellung standen reinste Ausgangsmaterialien zur Verfügung. Die Gold-Kupfer-Probe mit 49,8% Au (Cu_3Au) wurde auch im ferngeordneten Zustand untersucht.

Meßergebnisse

Die ausgezogenen Kurven in Abb. 1 veranschaulichen die Konzentrationsabhängigkeit der gemessenen Effekte. Die gestrichelten Kurven verbinden die nach Gl. (1) aus den bekannten Größen von σ und A_H berechneten Werte. Geringe Fremdzusätze zu den Edelmetallen erniedrigen danach den Betrag des RIGHI-LEDUC-Koeffizienten sehr stark, während ein Zusatz von Silber den Palladium-Wert von B_{RL} nur unbedeutend ändert.

Der gemessene und der berechnete Konzentrationsverlauf des RIGHI-LEDUC-Koeffizienten ist in allen untersuchten Systemen annähernd parallel. Die gemessenen bleiben im allgemeinen dem Betrag nach kleiner als die erwarteten Werte. Nur bei Kupfer-Nickel, wo die Diskrepanz zwischen den beiden Kurven auch geringer ist als in den anderen Systemen, liegen ab etwa 30% Ni die Meßergebnisse höher als die theoretischen Werte. [Ohne einen voreiligen Schluß zu wagen, soll in diesem Zusammenhang bemerkt werden, daß (s. Arbeit Anm. ¹) im System Kupfer-Nickel ab etwa 30% Ni die Defektelektronenleitung einsetzt.] Als charakteristisch dürfte weiter hervorgehoben werden, daß die Differenz zwischen gemessenen und errechneten Werten bei Silber-Palladium mit steigendem Palladium-Gehalt, bei Kupfer-

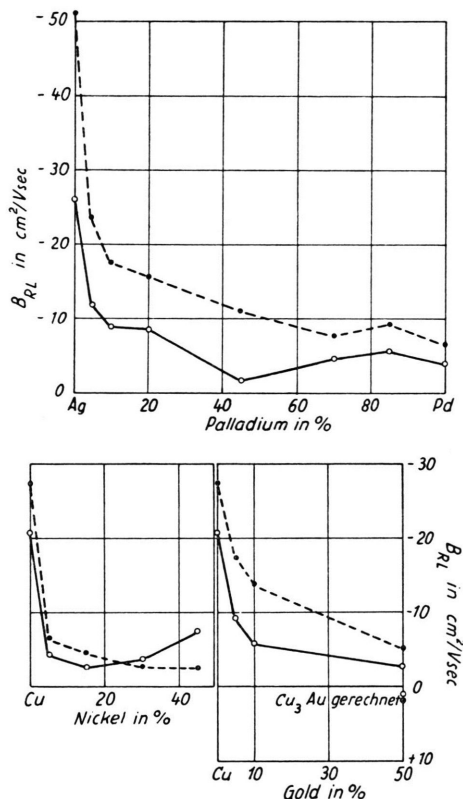


Abb. 1. Konzentrationsabhängigkeit des RIGHI-LEDUC-Koeffizienten von Silber-Palladium, Kupfer-Nickel und Kupfer-Gold. ----- berechnete Werte; — gemessene Werte.

fer-Gold mit wachsender Gold-Konzentration abzunehmen scheint.

Diskussion

Die regelmäßig auftretenden Unterschiede zwischen den gemessenen und den errechneten B_{RL} können zweierlei Ursachen haben:

a) Der Wärmeaustausch während der Messung mit der Probenumgebung konnte trotz Isoliermaßnahmen nicht vollständig unterbunden werden. Die beobachteten Temperaturdifferenzen (und damit die Koeffizienten B_{RL}) werden also kleiner sein als die, die man bei ideal-adiabatischen Bedingungen messen würde.

b) Gl. (1) gilt nur für den Fall „hoher“ Meßtemperaturen. In den untersuchten Fällen sind aber Meß- und DEBYE-Temperatur von der gleichen Größenordnung. Nach den von SONDHEIMER² angestellten Überlegungen müssen in diesem Fall die gemessenen B_{RL} -Werte dem Betrag nach kleiner als diejenigen sein, die man nach Gl. (1) aus HALL-Konstante und Leitfähigkeit errechnet.

Für weiterreichende Erklärungsversuche muß noch mehr Beobachtungsmaterial gesammelt werden.

³ Eine neuere Untersuchung über den RIGHI-LEDUC-Effekt im ferromagnetischen Konzentrationsbereich des Systems Kupfer-Nickel stammt von W. RINDNER u. K. M. KOCH, Z. Naturforsch. 13a, 26 [1958].

⁴ W. MEISSNER, in Handbuch der Experimentalphysik XI/2 [1935].