

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften
zu München

Jahrgang 1943

München 1944

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung



Zur Abgrenzung der supraleitenden reinen Metalle gegenüber den anderen Elementen.

Von W. Meißner und G. Schubert.

Mitteilung aus dem Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München.

Mit 2 Abbildungen.

Vorgelegt von Herrn W. Meißner am 9. Juli 1943.

Clusius¹ betonte 1932, daß das Atomvolumen der Supraleiter nur in verhältnismäßig engen Grenzen schwankt. Vervollständigt man die damals von Clusius gegebene graphische Darstellung für das Atomvolumen als Funktion des Atomgewichts entsprechend unserer heutigen Kenntnis über supraleitende Metalle, so erhält man Abb. 1, in der die unterstrichenen Supraleiter als Kreise, die anderen Metalle als Punkte eingetragen sind. Die bis jetzt bekannten Supraleiter liegen in dem umrandeten Bereich des Atomvolumens, die 1932 bekannten in dem schraffierten Bereich. Dabei ist das Atomvolumen das Volumen der Loschmidtschen Zahl von Atomen. Man kann den Bereich der Supraleiter wohl heute schon nicht mehr wie 1932 als einen Gürtel bezeichnen.

Von Herrn Dr. H. Welker wurde mündlich darauf hingewiesen, daß es zweckmäßig sei, statt des Atomvolumens den für ein Leitungselektron (oder die Loschmidtsche Zahl von Leitungselektronen) im Metall zur Verfügung stehenden freien Raum zu verwenden. Will man dies tun, so muß man aber erstens die Anzahl der Leitungselektronen je Atom im Metall sowie zweitens das Volumen der Restionen kennen. Die Zahl der Leitungselektronen ist nicht in allen Fällen gleich der Zahl der Valenzelektronen des freien Atoms. Man kann aber mit Hilfe einer Regel von Hume-Rothery² die Zahl der Leitungselektronen je Atom abschätzen. Die so erhaltenen Ergebnisse sind

¹ K. Clusius, Ztschr. f. Elektrochem. Bd. 38 (1932) S. 312 Fig. 12.

² Hume-Rothery, Phil. Mag. Bd. 9 (1930) S. 65, Bd. 10 (1930) S. 217.

von dem einen von uns im Handbuch der Experimentalphysik zusammengestellt.³ Es zeigt sich ferner, daß die Zahl der Leitungselektronen je Atom, weitgehend übereinstimmt mit der Zahl der Valenzelektronen, die bei den Ionenverbindungen der betreffenden Metalle auftreten.

Die Radien vieler Ionen von Ionenverbindungen der Metalle hat Pauling⁴ auf der Grundlage der Wellenmechanik berechnet.⁵ Benutzt man die so gewonnenen Werte für das Ionenvolumen und die Zahl der Valenzelektronen, wobei die Über-

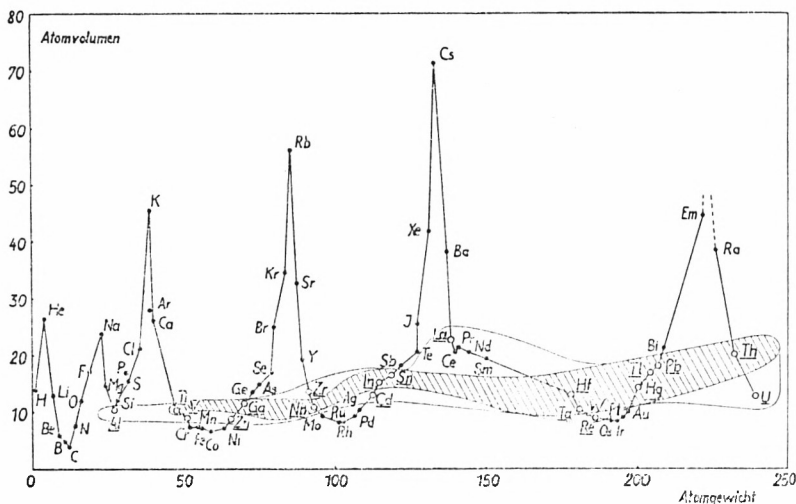


Abb. 1. Supraleiter (unterstrichen) und Atomvolumen.

tragung des Ionenvolumens auf das Metall nicht unbedenklich ist, so erhält man für das Volumen der Loschmidtschen Zahl von Leitungselektronen bei den verschiedenen Metallen die in Abb. 2 als Funktion der Ordnungszahl eingetragenen Werte, wobei die unterstrichenen Supraleiter wieder durch Kreise, die anderen Metalle durch Punkte gekennzeichnet sind. Daß nicht

³ W. Meißner, Handbuch der Experimentalphysik, Bd. 11 S. 18, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1935.

⁴ L. Pauling, Journ. Amer. Chem. Soc. Bd. 49 (1927) S. 765.

⁵ Vgl. Handbuch der Physik Bd. XIV/2 S. 933 (Art. v. H. G. Grimm u. H. Wolff), Verlag Julius Springer, Berlin 1933.

nur in Abb. 1 das Atomgewicht, sondern die Ordnungszahl als Abszisse benutzt ist, spielt hier keine Rolle.

Vergleicht man Abb. 2 mit Abb. 1, so sieht man, daß die Supraleiter nunmehr ganz nach unten gekommen sind, also den kleinsten bei den Metallen je Leitungselektron vorhandenen Volumina entsprechen. Besonders auffällig ist dies bei La, das in Abb. 1 ganz aus dem ursprünglichen Gürtel herausfiel. Es ist ferner folgendes bemerkenswert: Die Supraleiter liegen auf abfallenden Ästen der Abb. 2 und ordnen sich dabei meist ent-

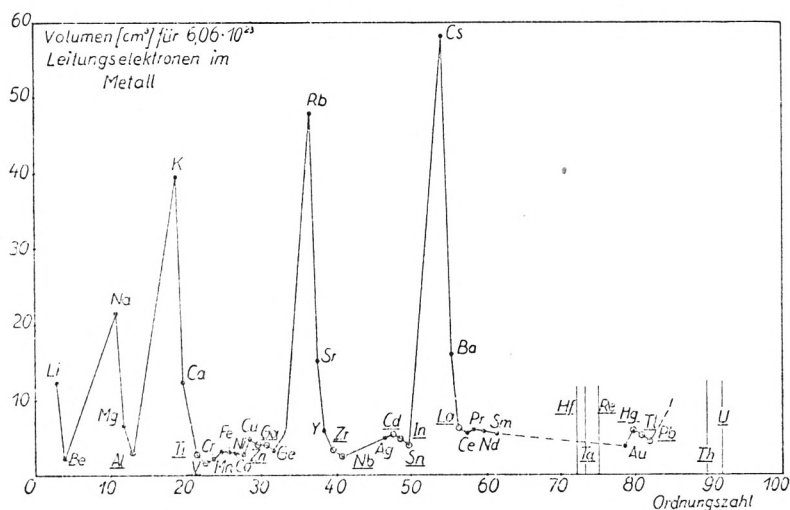


Abb. 2. Supraleiter (unterstrichen) und Volumen für Leitungselektronen.

sprechend der Höhe ihrer Sprungpunkte, wobei die Supraleiter mit höheren Sprungpunkten tiefer liegen. Die Sprungpunkte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt:

Element	Ordnungszahl	Sprungpunkt (°K)
Al	13	1,14
Ti	22	1,77
V	23	4,30
Zn	30	0,79
Ga	31	1,07
Zr	40	≈0,7
Nb	41	9,22

Element	Ordnungszahl	Sprungpunkt ($^{\circ}\text{K}$)
Cd	48	$\approx 0,6$
In	49	3,40
Sn	50	3,69
La	57	4,71
Hf	72	$\approx 0,3$
Ta	73	4,38
Re	75	0,96
Hg	80	4,17
Tl	81	2,38
Pb	82	7,26
Th	90	1,43
U	92	1,3

Nur bei den Supraleitern Quecksilber, Thallium und Blei stimmt die Reihenfolge hiermit nicht überein, da Thallium unterhalb des Quecksilbers liegt. Bei Hf, Ta und Re sowie bei Th und U ist, soviel wir feststellen konnten, das Jonenvolumen nicht bekannt, so daß die Lage dieser Supraleiter in Abb. 2 nicht eingetragen werden konnte.

Es bleibt abzuwarten, ob die dargelegte Sachlage durch Auf-
findung neuer Supraleiter und durch weitere Klärung der Zahl
der Leitungselektronen verändert wird und wie weit sie für die
Theorie von Bedeutung ist.