

Schwellenwert des Stromes der supraleitenden Legierung Pb-Bi in äusseren Magnetfeldern

Autor(en): **Grassmann, P. / Rinderer, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **27 (1954)**

Heft IV

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-112517>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Schwellenwert des Stromes der supraleitenden Legierung Pb–Bi in äusseren Magnetfeldern

von P. Grassmann und L. Rinderer.

Institut für Kalorische Apparate und Kältetechnik,
Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.

(5. VI. 1954.)

Inhaltsangabe: An einer Blei–Wismut-Legierung (10% Bi) wurde bei 4,2° K die Abhängigkeit der Sprungkurve von Belastungsstrom und äusseren longitudinalen bzw. transversalen Magnetfeldern untersucht. Die dabei erhaltenen Schwellenwertkurven weichen stark von den analogen Beziehungen reiner Metalle ab. Trotzdem ist die nach der Silsbeeschen Hypothese zu erwartete Proportionalität zwischen kritischem Strom und Drahtdurchmesser (0,2; 0,1; 0,05 mm) bis zu Feldern (longitudinalen und transversalen) von über 2000 Gauss weitgehend erfüllt.

Nach einer einfachen Erweiterung der Silsbeeschen Hypothese¹⁾ müsste in einem zylindrischen Draht die Supraleitung vernichtet werden durch ein longitudinales Magnetfeld H_L , das gegeben ist durch:

$$H_L^2 = H_k^2 - \left(\frac{2I}{10r}\right)^2. \quad (1)$$

Dabei ist H_k der Schwellenwert des Magnetfeldes (Gauss) im thermodynamischen Sinn (vollkommener Meissnereffekt), r der Drahtradius (cm) und I der durch die Probe fliessende Strom (Ampère).

Für ein transversales Magnetfeld H_T wäre zu erwarten:

$$H_T = \frac{1}{2} H_k - \frac{I}{10r}, \quad (2)$$

wobei diese Beziehung für das erste Auftreten des Widerstandes in der Probe gilt, da wir im Querfeld nicht von einem eigentlichen Sprung sprechen können.

Gleichung (1) wurde von ALEXEYEVSKY an Zinn²⁾ und von uns an Blei und Zinn³⁾ bestätigt. Gleichung (2) scheint nach kürzlich ausgeführten Messungen an Blei und Zinn weitgehend bestätigt zu sein³⁾.

Bekanntlich ist die Silsbeesche Hypothese auf Legierungen und harte Supraleiter nicht anwendbar^{4) 5)}. Während nämlich bei schwachen Meßströmen das zur Herstellung eines Widerstandes erforderliche äussere Magnetfeld bei Legierungen bis zu zwanzigmal grösser ist als das kritische Feld der supraleitenden Reinetallkomponente, ist der kritische Wert des Belastungsstromes kleiner als bei diesen.

Wohl hat ALEXEYEVSKY⁶⁾ nach der Dauerstrommethode das erste Auftreten eines Widerstandes in Blei-Thallium-Legierungen (30, 15 und 5% Tl) in Gegenwart von äusseren transversalen Magnetfeldern untersucht. Jedoch ist nichts bekannt über den Verlauf und die Querschnittsabhängigkeit des Widerstandes in Legierungen beim Übergang vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand bei gleichzeitiger Anwesenheit von Strom und äusserem transversalem bzw. longitudinalem Magnetfeld.

Um zu untersuchen, inwiefern die Gleichungen (1) und (2) bei Legierungen noch Gültigkeit haben, wurde deshalb von uns die Abhängigkeit von Widerstand, Belastungsstrom und äusserem Magnetfeld in einer supraleitenden Legierung untersucht.

Die Versuche, über die später noch im einzelnen berichtet werden soll, wurden an 0,2, 0,1 und 0,05 mm starken Drähten*) aus einer Blei-Wismut-Legierung mit 10 Gewichtsprozenten Wismut bei 4,2° K durchgeführt. Um das durch das Ziehen erreichte feinkörnige Gefüge nicht zu zerstören, wurden die Drähte nicht getempert. Der Widerstand der Drähte wurde teilweise in der üblichen Weise mit Gleichstrom aus Strom- und Spannungsmessung, teilweise mit Hilfe des Oszillographen ermittelt. Dazu wurde dieser so angeschlossen, dass seine Horizontalablenkung proportional dem durch den Draht fliessenden Belastungsstrom, die Vertikalablenkung proportional der am Draht abgegriffenen Spannung war, wobei der Strom innerhalb von etwa 3 msec auf den jeweiligen Endwert impulsartig gesteigert wurde. Es sei dazu bemerkt, dass besonders bei der Messung mit Gleichstrom infolge Aufheizung durch den Belastungsstrom eine beträchtliche Temperaturerhöhung eintreten kann, die den mittleren und oberen Teil der Kurve merklich verlagert. Bei einer Wärmeleitfähigkeit dieser Legierung von 5×10^{-2} Watt/(cmgrad)⁷⁾ ist bei einem Restwiderstand von $8,0 \times 10^{-6} \Omega$ cm und einem Belastungsstrom von 1 Ampère die Achse eines 0,1 mm starken Drahtes um 0,15° K wärmer als das um-

*) Den Isolawerken Breitenbach möchten wir an dieser Stelle für das kostenlose Ziehen dieser Drähte danken.

gebende Heliumbad. Mit sehr hohen Strömen kann diese Aufwärmung zum Ausbrennen der Probe führen.

Die impulsartige Strombelastung und Registrierung mit dem Oszillographen war dann die einzige Möglichkeit, um dies zu verhindern. Doch kann auch dabei die Erwärmung noch recht merklich sein. Allerdings tauchte mit dieser Methode das Problem der Eindringgeschwindigkeit der Phasengrenze normal-supraleitend in das Material der Probe auf. Nach Berechnungen von PIPPARD⁸⁾ ergab dies für unsere Verhältnisse jedoch, dass der Fehler infolge von Zeiteffekten verschwindend klein ist.

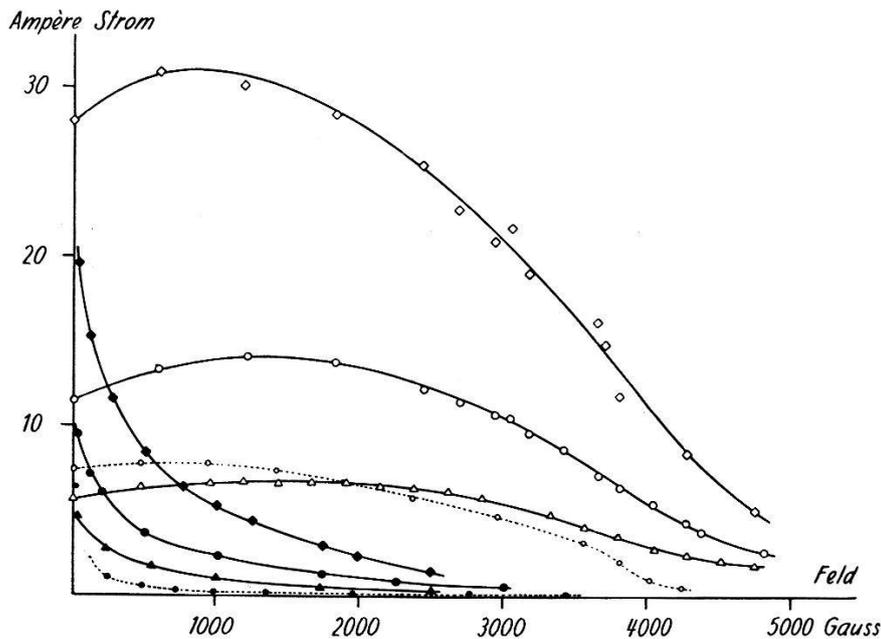


Fig. 1.

Belastungsströme in Blei-Wismut-Drähten für $R = \frac{1}{2} R_0$ und $R = 0,0001 R_0$ in longitudinalen und transversalen Magnetfeldern bei $4,2^\circ \text{ K}$.

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| ○ △ ○ ◇ | Längsfeld |
| ● ▲ ● ◆ | Querfeld |
| $R = \frac{1}{2} R_0$ { | △ ▲ 0,05 mm Durchmesser |
| | ○ ● 0,1 mm |
| | ◇ ◆ 0,2 mm |
| $R = 0,0001 R_0$ ○ ● | 0,1 mm (gestrichelt) |

Figur 1 zeigt die Abhängigkeit des Schwellenwertes ($R = \frac{1}{2} R_0$, wobei $R_0 = \text{Restwiderstand}$) des Belastungsstromes vom äusseren Magnetfeld, und zwar für den longitudinalen wie auch für den transversalen Fall. Diese Resultate, die aus den Messungen mit Hilfe des Oszillographen gewonnen wurden, weisen vermutlich kleine Verschiebungen auf, da schon für $R = \frac{1}{10} R_0$ Aufheizung eintritt. Überdies wurde für die Probe mit dem Durchmesser 0,1 mm der Wert für $R = 0,0001 R_0$ aufgetragen, der aus den

statischen Messungen entnommen wurde. Vergleichsweise sei erwähnt, dass reines Blei bei $4,2^{\circ}$ K ein kritisches Feld von $H_k = 545$ Gauss hat.

Es ergeben sich folgende Tatsachen:

Wie aus der Figur zu ersehen ist, entspricht die Abhängigkeit des kritischen Eigenfeldes vom äusseren, longitudinalen Magnetfeld nicht der nach Gleichung (1) zu erwartenden Ellipse, wobei vor allem das bei etwa 1000 Gauss auftretende Maximum auffallend ist. Auch die von der Silsbeeschen Theorie geforderte Proportionalität zwischen Drahradius und Belastungsstrom ist nur bei Feldern unter 3000 Gauss noch näherungsweise erfüllt. Die Tatsache, dass die Abweichung davon für den kleinsten Draht am grössten ist, ist wahrscheinlich durch die stärkere Verformung dieses Drahtes beim Ziehen bedingt.

Für den Fall des transversalen Aussenfeldes erhält man ebenfalls nicht eine nach Gleichung (2) zu erwartende Gerade. Bei niederen Feldern folgt die H - I -Beziehung der reiner Metalle, nähert sich aber für höhere Felder allmählich der Feld-Achse. Der kritische Strom ist viel kleiner als im longitudinalen Fall, wie das auch für reine Substanzen in Feldern $H > \frac{1}{2} H_c$ gilt. Auch im transversalen Fall ist die Proportionalität zwischen Belastungsstrom und Proben-durchmesser bis zu Feldern von etwa 2000 Gauss annähernd erfüllt.

Herrn Dr. J. L. OLSEN möchten wir auch an dieser Stelle für seine wertvolle Unterstützung vielmals danken.

Literaturangaben.

- 1) F. B. SILSBEE, J. Wash. Acad. Sci. **6**, 597 (1916).
 - 2) N. W. ALEXEYEVSKY, J. Exp. Theor. Phys. U.S.S.R. **8**, 342 (1938).
 - 3) P. GRASSMANN, J. L. OLSEN und L. RINDERER, Tagungsbericht Göttingen 8.—9. Mai 1954, Publikation in Vorbereitung.
 - 4) W. H. KEESOM, Physica **2**, 35 (1935); Comm. Leiden 234f (1935).
 - 5) J. N. RJABININ, und L. W. SCHUBNIKOW, Nature **135**, 581 (1935).
 - 6) N. E. ALEXEYEVSKY, J. Exp. Theor. Phys. U.S.S.R. **8**, 1098 (1938).
 - 7) K. MENDELSON und J. L. OLSEN, Proc. Phys. Soc. A. **63**, 2 (1950).
 - 8) A. B. PIPPARD, Phil. Mag. **41**, 243 (1950).
-