

## Werk

**Titel:** Über die Heuslerschen ferromagnetischen Legierungen unmagnetischer Metalle

**Autor:** Haupt, E.

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1906

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0021](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021) | LOG\_0059

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

8. Februar 1906.

Nr. 6.

## Über die Heuslerschen ferromagnetischen Legierungen unmagnetischer Metalle.

(Originalmitteilung<sup>1)</sup>).

Von Dr. E. Haupt.

Magnetisierbar sind alle Stoffe, wie Faraday gezeigt hat; aber als stark magnetisierbar („magnetisch“, „ferromagnetisch“) waren bisher allein Eisen, Kobalt und Nickel bekannt. Die Magnetisierbarkeit der übrigen Elemente ist von viel geringerer Größenordnung; sie sind „paramagnetisch“ oder „diamagnetisch“, d. h. mehr oder minder magnetisierbar als der „leere“ Raum, als der Äther. Das jähle Herausfallen der Magnetisierbarkeiten der Elemente Eisen, Kobalt und Nickel aus der Reihe der Magnetisierbarkeiten aller übrigen Elemente ist physikalisch einzigartig.

Die Magnetisierbarkeit eines zusammengesetzten Stoffes ist nicht einmal qualitativ aus den Magnetisierbarkeiten der Bestandteile zu bestimmen. So kann ferromagnetischer Zusatz zu ferromagnetischem Material die Magnetisierbarkeit sowohl erhöhen als auch erniedrigen. 4,7 prozentiges (elektrolytisches) Nickeleisen hat z. B. eine größere Magnetisierbarkeit als reines Eisen, während 25 prozentiger Nickelstahl unmagnetisch ist. Ferner sind Nickel und Kobalt ferromagnetisch, Nickel-Kobalt-Legierung aber unmagnetisch.

Auch kann ein aus zwei oder mehr paramagnetischen bzw. diamagnetischen Elementen bestehendes Material eine größere Magnetisierbarkeit haben, als jeder seiner Bestandteile für sich. So kann durch Vereinigung von zwei diamagnetischen Elementen ein paramagnetischer Stoff entstehen. Es verbinden sich z. B. das diamagnetische Metall Kupfer und das diamagnetische Element Brom zu paramagnetischem Kupferbromid<sup>2)</sup>.

Daß aber durch Vereinigung para- (bzw. dia-) magnetischer Elemente ferromagneti-

sches Material entstehen kann, war bisher unbekannt und ist von F. Heusler entdeckt.

Dr. Heusler (Isabellenhütte, Dillenburg) bemerkte, daß eine von ihm hergestellte Mangan-Zinn-Legierung an einem (zufällig magnetischen) Werkzeug, mit dem sie bearbeitet wurde, haften blieb.

Eine Legierung des Manganzinns mit etwa der gleichen Gewichtsmenge Kupfer war ebenfalls magnetisch.

Die Reihenfolge, in der die Bestandteile mit einander legiert werden, ist ohne Einfluß auf die Erscheinung, denn das Mangan—Zinn—Kupfer ist auch dann magnetisch, wenn es durch Legieren von technisch eisenfreiem Mangankupfer mit Zinn hergestellt wird.

30prozentiges Mangankupfer ist ein Handelsprodukt der Isabellenhütte zu Dillenburg. Es ist unmagnetisch<sup>1)</sup>. Mit diesem Mangankupfer wurden nun zur Weiterverfolgung dieser Erscheinung andere Elemente legiert. Es ergab sich, daß Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen besonders auffallend stark ferromagnetisch sind. Die Metalle der Arsen-Gruppe, das diamagnetische Wismut nicht ausgeschlossen, geben mit Mangankupfer magnetische Legierungen. Auch Manganbor ist dieser Gruppe einzureihen.

Die Metalloide Kohle und Silicium machen, abweichend von dem ihnen nahestehenden Metall Zinn, und das Metalloid Phosphor macht, abweichend von den ihm nahestehenden Metallen Arsen, Antimon und Wismut, das Mangankupfer nicht ferromagnetisch.

Auch die übrigen leicht zugänglichen unmagnetischen Metalle haben bisher mit Mangan bzw. Mangankupfer magnetische Legierungen nicht ergeben.

Ein hübscher Vorlesungsversuch von Heusler demonstriert es, wie aus einem unmagnetischen Gemisch unmagnetischer Metalle eine magnetische Legierung wird: Mischt man in einem Reagenzröhrchen innig Antimon- und Manganbronzepulver, so läßt es, in dem Röhrchen in die Nähe einer Magnetnadel gebracht, diese in Ruhe; es ist also unmagnetisch. Erwärmt man nun über einer Flamme das Gemisch, bis es zusammenschmilzt, so zieht es die Magnetnadel lebhaft an; es ist also magnetisch geworden.

Nachdem somit das neu erschlossene Gebiet qua-

<sup>1)</sup> Ausführliche Publikation: „Über die ferromagnetischen Eigenschaften von Legierungen unmagnetischer Metalle.“ Von Fr. Heusler und — unter Mitwirkung von F. Richarz — von W. Starck und E. Haupt. Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Marburg i. H., Bd. XIII, Abt. 5, Marburg bei N. G. Elwert, 1904. Teilweise wieder abgedruckt als Inauguraldissertation von E. Haupt.

<sup>2)</sup> G. Wiedemann, Lehre von der Elektrizität, Bd. III, S. 833, 1883.

<sup>1)</sup> Sein schwacher Paramagnetismus wird von Herrn Gebhardt genauer bestimmt werden.

litativ umgrenzt war, handelte es sich darum, durch magnetische Messungen systematisch verschieden hergestellter Legierungen die Gesetzmäßigkeiten festzulegen, die diese Erscheinungen beherrschen.

Da Herr Richarz gerade zur Untersuchung der bei den Spandauer Gravitationsmessungen von ihm und Krigar-Menzel benutzten Materialien die Einrichtungen zur Messung von Magnetisierbarkeiten treffen ließ<sup>1)</sup>, erklärte er sich bereit, auch die Untersuchung der Heuslerschen Legierungen ausführen zu lassen.

Die Messungen geschahen zumeist nach der magnetometrischen Methode, zuletzt daneben auch mittels der du Bois'schen Wage, deren Anwendbarkeit auf schwächer ferromagnetische Substanzen durch die Übereinstimmung der erzielten Resultate erwiesen wurde. Zur Kontrolle der magnetischen Messungen diente ein von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geeichter Stab. Die Resultate der Messungen sind durch Tabellen und Kurven in der ausführlichen Publikation zusammengestellt.

Das Ergebnis der umfangreichen Versuche mit Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierungen läßt sich in folgende Worte fassen:

Die Legierungen — die aluminiumärmeren mehr als die aluminiumreichen — befinden sich nach dem Gießen in einem Zustande labilen Gleichgewichts. Erwärmen auf etwa 110° bewirkt eine künstliche Alterung und den Übergang in die stabile, dem Maximum der Magnetisierbarkeit entsprechende Modifikation.

Bei hohen Temperaturen verschwindet die Magnetisierbarkeit jedes magnetisierbaren Materials. Der Umwandlungspunkt, jenseits dessen das Material unmagnetisch ist, liegt für Eisen bei rund 800° und für Nickel bei rund 400°. Die Umwandlungspunkte<sup>2)</sup> der Manganaluminiumbronzen steigen im allgemeinen mit steigendem Mangangehalt und bei gleichem Mangangehalt mit steigendem Aluminiumgehalt. Eine Legierung von 27 % Mangan, 12 % Aluminium und 61 % Kupfer ist noch bei 310° magnetisierbar. Eine Legierung von 16 % Mangan, 8 % Aluminium und 76 % Kupfer wird schon unmagnetisch, wenn sie über 160° erhitzt wird. Verunreinigung der legierten Metalle oder Zusätze beeinflussen die Lage der Umwandlungspunkte, so daß eine ebenfalls 16 % Mangan und 8 % Aluminium enthaltende bleihaltige Bronze schon bei 60°—70° unmagnetisch ist; beim Erkalten wird sie wieder magnetisierbar: ein leicht zu demonstrierender Versuch. Zu starkes Erhitzen setzt die Magnetisierbarkeit der Legierungen wesentlich und dauernd herab, es verdirbt sie.

<sup>1)</sup> Siehe F. Richarz, Sitzungsber. d. Naturforsch. Ges. Marburg, Juni 1903, S. 27—30. E. Take, Inaugural-Dissertation, Marburg 1904; Annalen der Physik 15, 1010, 1904.

<sup>2)</sup> E. Take, „Bestimmung von Umwandlungspunkten Heuslerscher Mangan-Aluminiumbronzen.“ Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, VII. Jahrg., Nr. 7, 1905. Sitzungsber. d. Naturforsch. Ges. zu Marburg, August 1904.

Das Maximum der Magnetisierbarkeit für einen bestimmten Mangangehalt wird erreicht, wenn der Aluminiumgehalt rund die Hälfte des Mangangehalts beträgt, mit anderen Worten, da das Atomgewicht Al = 27,0, Mn = 54,8 ist, wenn die Legierung auf ein Atom Mangan ein Atom Aluminium enthält.

Nach den Untersuchungen von G. Wiedemann, Quincke, du Bois, H. Meyer und Anderen sind auch die Salze des an sich unmagnetischen Manganmetalls im Verhältnis zu den Salzen der anderen Metalle auffallend stark magnetisierbar. Wässrige Mangansalzlösungen besitzen sogar eine größere Suszeptibilität als Ferrisalzlösungen. Es besteht also eine unverkennbare Analogie darin, daß einerseits die Salze, andererseits gewisse Legierungen des an sich nicht stark magnetisierbaren Manganmetalls stark magnetisierbar sind. Man kann die Mangan-Aluminium-Bronzen mit einer Salzlösung vergleichen, in der das Kupfer als Lösungsmittel, die erwähnte Kombination gleicher Atome Mangan und Aluminium als gelöstes Salz anzusehen sein würden.

Die Größe der magnetischen Hysterese dieser Legierungen ist nicht allein durch die chemische Zusammensetzung, sondern wesentlich durch die thermische Vorgeschichte bestimmt<sup>1)</sup>; sie ist bei einigen untersuchten Legierungen unter Umständen auffallend gering und veränderlich.

Die Mangan-Aluminium-Bronzen bleiben auch ferromagnetisch, wenn man noch andere an und für sich unmagnetische Metalle in sie einführt. Zusatz von Blei erhöht wesentlich die Magnetisierbarkeit der Legierungen. Eine 24,4 % Mangan und 13,8 % Aluminium haltende Mangan-Aluminium-Kupfer-Legierung (eine sehr harte, spröde und schwer zu bearbeitende Legierung) hat nach zweitägigem Erhitzen in Toluoldämpfen für die Feldstärke 150 die magnetische Kraftlinieninduktion 5500. Eine fast gleich zusammengesetzte, aber bleihaltige Legierung hat für die Feldstärke 150 die Induktion 6500. Zum Vergleich seien die Zahlen für Gußeisen und Schmiedeeisen angegeben: Bei der Feldstärke 150 hat schwedisches Schmiedeeisen die Induktion 17950 und Gußeisen 9800.

Von den übrigen Manganlegierungen ergaben nur noch Mangan-Zinn-Legierungen quantitativ magnetometrisch meßbare Magnetisierungen.

Die Entdeckung der magnetischen Legierungen durch F. Heusler hat gewissermaßen eine Brücke geschlagen von der isoliert dastehenden kleinen Gruppe der ferromagnetischen Substanzen Eisen, Kobalt, Nickel zu der großen Gruppe der para- bzw. diamagnetischen Metalle; doch die Rätselhaftigkeit des Magnetismus ist geblieben. F. Richarz<sup>2)</sup> Erklärung des molekularen Magnetismus durch rotierende

<sup>1)</sup> Siehe ausführliche Publikation S. 273 [37]; vergl. auch E. Gumlich, Elektrotechn. Zeitschr. 1905, Heft 9, S. 203; Annalen der Physik 16, 535, 1905.

<sup>2)</sup> Richarz, Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. Bonn 47, 113—114, 1890 u. ff.; Wied. Ann. d. Physik 52, 410, 1894.