

Peter Höcherl

Supraleitende Levitation über
schmelztexturisiertem $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1998 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783832410926

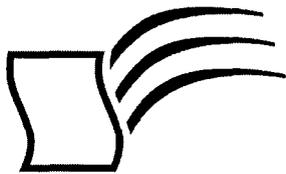
Peter Höcherl

**Supraleitende Levitation über schmelztexturiertem
YBa₂Cu₃O_{7-x}**

Peter Höcherl

Supraleitende Levitation über schmelztexturisiertem $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$

Diplomarbeit
an der Universität Regensburg
Juni 1998 Abgabe



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

ID 1092

Höcherl, Peter: Supraleitende Levitation über schmelztexturiertem $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ /

Peter Höcherl - Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 1998

Zugl.: Regensburg, Universität, Diplom, 1998

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

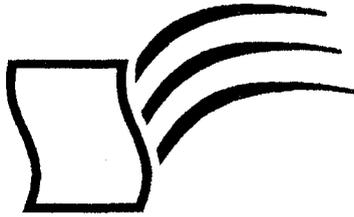
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR

Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg

Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der *Diplomarbeiten Agentur*

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey –
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —————

Hermannstal 119 k —————
22119 Hamburg —————

Fon: 040 / 655 99 20 —————
Fax: 040 / 655 99 222 —————

agentur@diplom.de —————
www.diplom.de —————

Überblick

Ein elektrisch geladener, kugelförmiger Permanentmagnet der Masse $(52 \pm 3) \mu\text{g}$ schwebt in einem supraleitenden Kondensator in stabiler Lage. Die Elektroden des Kondensators bestehen aus schmelztexturiertem $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. Aufgrund der Ladung, die er trägt, kann der Magnet zu Schwingungen um seine Gleichgewichtslage angeregt werden, die elektrisch detektiert werden. Die dabei gefundenen Resonanzfrequenzen liegen zwischen 300 und 450 Hertz. Numerisch können nichtlineare Rückführkräfte berechnet werden, welche die beobachteten Skelettkurven und die gemessenen höheren Harmonischen verursachen. Die Dämpfung der Schwingungen wird in Abhängigkeit von der Schwingungsamplitude und der Temperatur untersucht. Dabei tritt knapp unterhalb der kritischen Temperatur $T_c \approx 92\text{K}$ ein ausgeprägtes Minimum in der Dämpfung auf. Die gefundenen Ergebnisse können mit einer Kombination aus linearer, quadratischer und durch thermische Aktivierung von Flußwirbeln hervorgerufene Dämpfung beschrieben werden. Die lineare Dämpfung wird durch die Bewegung der Flußlinien innerhalb ihrer Haftpotentiale erklärt, die quadratische Dämpfung wird hysteretischen Dissipationsverlusten gepinnter Flußschläuche im Hochtemperatursupraleiter zugeschrieben. Durch das Anlegen einer Gleichspannung am Kondensator wird die Gleichgewichtslage des Permanentmagneten verändert. Dabei wird die Abhängigkeit der statischen Levitationskraft und der Resonanzfrequenz von der Lage des Magneten untersucht. Für Temperaturen von 4.2 und 77 Kelvin wird keine hysteretische Abhängigkeit für die statische Levitationskraft gefunden, so wie sie sich in einem gesinterten Kondensator bei R. Großer ergeben hatte. Auch die Resonanzfrequenz ist im schmelztexturierten Kondensator eine reversible Funktion des Ortes des Magneten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
1.1	Supraleiter	5
1.2	Magnetische Levitation	6
1.3	Ziel dieser Diplomarbeit	8
2	Theoretische Vorbemerkungen	10
2.1	Allgemeine Bewegungsgleichung für die Oszillationen des Permanentmagneten im Kondensator	10
2.2	Auswirkungen der Reibungskraft auf die Schwingungsfrequenz	11
2.3	Bestimmung der Ladung des Magneten aus der Resonanzkurve	13
2.4	Das Umkehrproblem	14
2.5	Das Dipolmodell	17
3	Der Supraleiter Yttrium-Barium-Kupfer-Oxid	20
3.1	Gesintertes YBCO	20
3.2	Schmelztexturiertes YBCO	21
3.3	Praktische Anwendungen	23
4	Experimenteller Aufbau	25
4.1	Die Meßzelle	25
4.2	Die Peripherie der Meßzelle	26
4.3	Thermometrie	28
4.4	Die elektronische Beschaltung	29
4.4.1	Detektion der Schwingungen des Permanentmagneten	29
4.4.2	Die elektronische Beschaltung der Meßzelle	30
4.5	Systematische Meßfehler und deren Korrektur	32
4.5.1	Frequenzabhängige Verstärkung des Elektrometervorverstärkers	32
4.5.2	Der Fehler in der Übersprechkompensation	32
5	Versuchsdurchführung	35
5.1	Herstellung eines Oszillators	35
5.2	Vorgehensweise bei der Aufnahme der Meßkurven	35
5.3	Vorversuche im Hybridkondensator	36
6	Ergebnisse im schmelztexturierten YBCO	39
6.1	Resonanzkurven	41
6.2	Die Dissipation	43
6.2.1	Die Geschwindigkeitsamplitude in Abhängigkeit von der Antriebskraft	43
6.2.2	Die Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitsamplitude und der Resonanzfrequenz	45

6.2.3	Die Bewegung der Flußlinien	47
6.2.4	Anpassung der Theoriekurve an die Meßwerte	50
6.2.5	Die lineare Dämpfung	51
6.2.6	Die quadratische Dämpfung	54
6.2.7	Die Dämpfung aufgrund thermischer Aktivierung der Fluß- wirbel	58
6.2.8	Zusammenfassung und abschließende Diskussion	65
6.3	Dynamische Levitationskräfte	67
6.3.1	Die Frequenz in Abhängigkeit von der Geschwindigkeitsam- plitude	67
6.3.2	Punktsymmetrische Rückführkräfte	68
6.3.3	Unsymmetrische Rückführkräfte	70
6.3.4	Die zweite und dritte Harmonische	72
6.4	Die statische Levitationskraft	75
6.4.1	Der Einfluß der statischen Levitationskraft auf die Geschwin- digkeitsamplituden und die Resonanzfrequenzen	76
6.4.2	Die Auswirkungen der Levitationskraft auf die Dämpfung .	80
7	Resümee und Ausblick	82
	Anhang	84
	Literatur	84
	Abbildungsverzeichnis	87
	Tabellenverzeichnis	88
	Danksagung	89
	Erklärung	91