

Indikatoren zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung im Jahr 1987 auf der Basis der Cozitationsanalyse

Fallstudie zur Validierung bibliometrischer Daten durch Expertenbefragung am Beispiel einer aktuellen Forschungsfront

*Matthias Winterhager**

O. Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, anhand einer Fallstudie festzustellen, ob mit strukturellen Wissenschaftsindikatoren auf der Grundlage bibliometrischer Verfahren Informationen zur Beurteilung auch von ganz aktuellen Forschungsfronten bereitgestellt werden können, die auf andere Weise nicht oder nur mit erheblich höherem Aufwand zu gewinnen wären.

Für das Forschungsgebiet der Hochtemperatur – Supraleitung wurde die Situation des Jahres 1987 analysiert. Es wurde ein bibliometrisches Profil auf der Basis der Cozitationsanalyse des Science Citation Index angefertigt und dieses durch eine schriftliche und mündliche Befragung von namhaften Experten aus der Bundesrepublik validiert.

Es konnte gezeigt werden, daß die auf bibliometrischem Wege gewonnenen Informationen in ihrer Qualität in Bezug auf vier Schlüsselfragen nicht hinter den Auskünften namhafter Experten des Gebiets zurückstehen. Immer dann, wenn der Konsens unter den Experten ein hohes Maß erreichte, zeigten auch die bibliometrischen Ergebnisse in dieselbe Richtung.

* Universitätsschwerpunkt Wissenschaftsforschung, Universität Bielefeld, Postfach 86 40, 4800 Bielefeld 1, Bundesrepublik Deutschland.

Generell war der Abstand zwischen den bibliometrischen Resultaten und den einzelnen Expertenmeinungen nicht größer als die Übereinstimmung der Experten untereinander.

1. Auswahl des Gebiets

Die Forschung zur Hochtemperatur – Supraleitung hat sich im Anschluß an die Publikation der Arbeit von Bednorz und Müller Ende 1986¹ boomartig entwickelt. Die Entwicklung verlief in einer Weise stürmisch, wie dies sonst in der Wissenschaft nur sehr selten zu beobachten ist. Beginnend im Frühjahr 1987 entstand eine ungemein schnell wachsende Menge von Publikationen, begleitet von zahlreichen internationalen Tagungen und Konferenzen, die das ungewöhnliche Ausmaß wissenschaftlicher Aktivität auf diesem Forschungsgebiet widerspiegelten.² Nicht zuletzt wegen der vermuteten praktischen Anwendungsmöglichkeiten des Effekts rückte die

Thematik schlagartig in das Zentrum des Interesses nicht nur der internationalen Physikergemeinde, sondern auch der Forschungspolitik und –administration. Der ausgelöste Publikationswettbewerb führte zeitweise dazu, daß Physiker ihre wissenschaftlichen Arbeiten vorab in internationalen Tageszeitungen veröffentlichten, um den entscheidenden Prioritätsanspruch zu sichern. Auf monatlichen Pressekonferenzen wurden jeweils die neuesten Ergebnisse präsentiert, da der normale Publikationsrhythmus der etablierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften nicht mehr mit dem Tempo der in den Forschungslabors stattfindenden Produktion neuer Erkenntnisse schritthalten konnte.

Diese besondere Situation erscheint gut geeignet, um die Nützlichkeit der auf bibliometrische Methoden gestützten Wissenschaftsindikatoren zu überprüfen. Wenn es zutrifft, daß sich aus den Publikations- und Zitationsflüssen, so wie sie sich in den führenden wissenschaftlichen Zeitschriften niederschlagen, wichtige Informationen über die Forschungslandschaft gewinnen lassen, dann müßte sich das gerade in diesem Fall bestätigen lassen, weil er mit heftigen Publikations- und Zitationsaktivitäten einhergeht. Darüber hinaus ist der Fall deshalb interessant, weil sich die Publikationsvorgänge hier mit einer besonders hohen zeitlichen Dynamik abspielen und es eine bisher noch nicht geklärte Frage ist, mit welcher

Aktualität bibliometrische Methoden solche Situationen zu erfassen vermögen.

Ein weiterer Aspekt macht das Gebiet für bibliometrische Untersuchungen interessant: so sehr die Forschung thematisch auf einen bestimmten Effekt (den der Supraleitung) fokussiert ist, so vielfältig sind andererseits die Verbindungen zu durchaus verschiedenen Teilgebieten der Physik und Chemie. Kennzeichnend für das Gebiet ist die enge Verbindung zwischen theoretischer und experimenteller Physik, Festkörperforschung, physikalischer Chemie und Molekülphysik, Materialforschung und Spektroskopie und anderen Teilgebieten. Hier stellt sich die Frage, ob ein sich jenseits klassischer Feldabgrenzungen formierendes Gebiet bibliometrisch angemessen erfaßt werden kann.

Ein zusätzlicher Anstoß zur vorliegenden Fallstudie entwickelte sich aus einem Gespräch mit Mitarbeitern des VDI-Technologiezentrums Physikalische Technologien (VDI-TZ), das für den Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) die Aufgaben eines Projektträgers für den Bereich der Hochtemperatur-Supraleitungsforschung wahrnimmt. Dort ist man daran interessiert, zu erfahren, ob bibliometrische Methoden zusätzliche Informationen zur Beurteilung der Forschungslandschaft bereitstellen können, die auf anderem Wege nicht oder nur mit höherem Aufwand zu gewinnen sind.

2. Zielsetzung und methodisches Vorgehen

Die vorliegende Untersuchung ist Teil eines größeren Forschungsprojektes, das unter dem Titel 'Bibliometrische Verfahren zur Ermittlung von Wissenschaftsindikatoren und ihre Validierung' vom BMFT gefördert wird.³ Im Rahmen dieses Projekts geht es unter anderem darum, die Möglichkeiten der Cozitationsanalyse zur Gewinnung von Strukturindikatoren für die Wissenschaft zu untersuchen.⁴ Diese Methode befindet sich noch im Erprobungsstadium, wird aber an verschiedenen Stellen bereits im forschungspolitischen Raum als Informationsquelle herangezogen.⁵

Im Fall der Hochtemperatur-Supraleitung lautet die Ausgangsfrage: Liefert ein mit den Mitteln der Cozitationsanalyse gewonnenes bibliometrisches Profil der Forschung dieses Gebietes wichtige Strukturinformationen mit angemessener Aktualität und kann das Ergebnis durch die Befragung von Experten validiert werden?

Aus methodischen Gründen wurde die Fragestellung eingegrenzt auf das erste Jahr nach Erscheinen der Arbeit von Bednorz & Müller – d. h., es wurden nur Forschungsarbeiten berücksichtigt, die bis einschließlich Dezember 1987 publiziert waren. Der Grund dafür liegt vor allem darin, daß die einschlägige Forschung in den nachfolgenden Jahren quantitativ derart explodiert ist, daß eine Analyse für das gesamte Gebiet kaum noch möglich ist, ohne sich auf Teilgebiete zu konzentrieren. Während bis einschließlich 1986 in den weltweit führenden Fachzeitschriften jährlich etwa 900 Arbeiten zur Supraleitung publiziert worden waren, erhöhte sich diese Zahl im Jahr 1987 bereits auf 2000⁶ und stieg fortan weiter an. Die Datenbank 'Physics Briefs'⁷, in der jährlich ca. 125.000 Veröffentlichungen aus allen Gebieten der Physik erfaßt werden, verzeichnet für die letzten Jahre folgende Anzahlen von Dokumenten zum Thema Supraleitung:

Jahr	Dokumente ⁸
1985	1393 (185)
1986	1196 (112)
1987	4169 (342)
1988	6723 (626)
1989	6236 (454)
1990	1682 (245)

Für die Untersuchung wurden im wesentlichen zwei Quellen benutzt: 1. Daten aus der Cozitationsanalyse des Jahrgangs 1987 des Science Citation Index (SCI) und 2. die schriftliche und mündliche Befragung von Wissenschaftlern, die in dem Gebiet arbeiten.⁹ Die einzelnen Untersuchungsschritte wurden in folgender Reihenfolge durchlaufen:

- a) Erstellung des bibliometrischen Profils mit den Daten aus der Cozitationsanalyse
- b) schriftliche Befragung von Wissenschaftlern des Gebiets
- c) persönliche Interviews mit diesen Wissenschaftlern

Zum Zeitpunkt der schriftlichen Befragung und am Beginn der Interviews waren den Experten die Ergebnisse der bibliometrischen Recherchen nicht bekannt, d.h. ihre Aussagen wurden zunächst von diesen unbeeinflusst eingeholt (um eine echte Validierung möglich zu machen). Im zweiten Teil der Interviews wurden sie dann jeweils mit den bibliometrischen

Ergebnissen konfrontiert und zu einer Kommentierung derselben im Lichte ihrer vorangegangenen Stellungnahmen veranlaßt.

Um das Ziel einer möglichst guten Vergleichbarkeit der bibliometrisch gewonnenen Erkenntnisse mit den Befragungsergebnissen zu erreichen, wurde die Ausgangsfrage in Richtung auf ganz konkrete Einzelfragen operationalisiert. Zur Anwendung kam schließlich ein Raster von vier Grundfragen, deren Beantwortung aus beiden Quellen mit vertretbarem Aufwand möglich erschien und die zudem den direkten Vergleich ermöglichen sollten:

1. Was waren die wichtigsten zehn Arbeiten auf dem Gebiet, die bis einschließlich 1987 publiziert wurden?
2. Welches waren die international führenden Zeitschriften, in denen Arbeiten zu dieser Thematik bis einschließlich 1987 veröffentlicht wurden?
3. In welche Spezialgebiete läßt sich die bis einschließlich 1987 erschienene wissenschaftliche Literatur zu diesem Thema gruppieren?
4. Welche Forschungsinstitutionen waren bis einschließlich 1987 in diesen Spezialgebieten jeweils führend?

So einfach diese Fragen einerseits auch erscheinen mögen (und sich darum auch ohne weiteres in beliebigen anderen Fachgebieten anwenden ließen), so sehr sind mit ihrer definitiven Beantwortung doch Schwierigkeiten verbunden, wie noch zu sehen sein wird. Im folgenden soll das methodische Vorgehen auf den beiden Wegen zur Datengewinnung erörtert werden.

2.1 Bibliometrisches Profil

Für die Erstellung des bibliometrischen Profils war es von erheblichem Vorteil, daß sich das Gebiet ziemlich präzise durch die Anwendung eines Schlüsselwortes eingrenzen läßt: Aus dem Gesamtdatenbestand der Cozitationsanalyse des SCI 1987 wurden diejenigen C1-Cluster ausgewählt, in deren Titel das Schlüsselwort "SUPERCONDUCT*" in irgendeiner Variante enthalten ist. Die 54 gefundenen Cluster enthalten in ihren Kernen zusammen 394 Dokumente. Nach dem Anspruch der Methode bilden diese

Arbeiten die intellektuelle Basis der Forschungsfront des Jahres 1987 auf diesem Gebiet. Durch Bildung einer Rangreihe nach Zitationshäufigkeit und Ergänzung der höchstzitierten Arbeiten um ihre vollständigen bibliographischen Angaben einschließlich institutioneller Adressen der Autoren konnten anhand der Liste der Cluster und Dokumente Antworten auf die vier o.a. Grundfragen aus der Sicht der Cozitationsanalyse formuliert werden. Dabei sind wir davon ausgegangen, daß der Maßstab für die Wichtigkeit einer Publikation, Zeitschrift usw. im bibliometrischen Sinne in erster Linie ihre Zitationshäufigkeit ist. Es wurde also die Beziehung

'häufig zitiert' = 'wichtig'

unterstellt. Diese Gleichsetzung ist ohne Zweifel nicht unproblematisch; wir haben das an anderer Stelle bereits ausführlich erörtert.¹⁰ Für den Zweck der vorliegenden Untersuchung erschien die Grundannahme in dieser Form jedoch hinreichend gerechtfertigt, zumal es sich um eine Validierungsuntersuchung im eigentlichen Sinne handelt.

Es wurde eine Dokumentation aller 54 Cluster mit ihren Titeln, den entsprechenden Kerndokumenten, einigen statistischen Maßen sowie jeweils einem Autoren-, Zitations- und Jahrgangsregister der Kerndokumente erstellt. Für jeden Clusterkern wurden neben der Summe seiner Kerndokumente folgende statistischen Kennwerte berechnet:

- das 'Alter' des Kerns (d. h. durchschnittliches Publikationsjahr der Kerndokumente);
- der Abstand des Kerns von der 'Forschungsfront' (d. h. Anzahl der Kerndokumente, die nach ihrem Publikationsjahr älter als 3 Jahre gegenüber der Forschungsfront des Jahres 1987 waren);
- das Gewicht des Clusterkerns (d. h. Summe der im Jahr 1987 erhaltenen Zitate).

Diese Dokumentation bildete die Grundlage der Validierung und diente als Basisnachschlagewerk für die Experteninterviews.

Bereits der erste Blick auf dieses bibliometrische Material zeigte, daß die Cozitationsanalyse 1987 die Supraleitungsforschung als ein Gebiet mit sehr aktiver, sich extrem schnell bewegender Forschungsfront identifizierte: unter den Spitzenreitern der Rangliste aller C1-Cluster in Bezug auf Alter und Gewicht des Clusterkerns trat die Supraleitungsforschung domi-

nant in Erscheinung. So waren sechs der 16 'jüngsten' Clusterkerne von dieser Thematik bestimmt und unter den 'höchstgewichtigen' Clusterkernen stand auf Rang 5 der Kern, der die Arbeit von Bednorz & Müller enthält.

2.2 Expertenbefragung

Es wurden fünf namhafte Experten aus der Bundesrepublik befragt, die auf dem Gebiet arbeiten. Die betreffenden Personen wurden uns vom VDI—TZ Physikalische Technologien in Düsseldorf vorgeschlagen.¹¹

Im ersten Schritt wurde den Experten ein einfacher Fragebogen zugeschickt, der die vier o.a. Fragen enthielt. Anschließend wurden Termine für die mündlichen Interviews mit jedem der Experten vereinbart. In einem Fall lagen die schriftlichen Antworten auf den Fragebogen bis zum Interviewtermin noch nicht vor. Diese wurden dann zu Beginn des Interviews eingeholt. In allen Fällen wurden also die Expertenmeinungen zunächst in der Weise abgefragt, daß diese keine Kenntnis von den Ergebnissen der bibliometrischen Recherchen hatten. Im Verlauf der Interviews wurden sie dann mit den einzelnen Ergebnissen des bibliometrischen Profils konfrontiert, und sie hatten die Gelegenheit, diese im Licht ihrer vorangegangenen Stellungnahmen zu kommentieren. Leitfaden für die mündlichen Befragungen war jeweils wieder das Raster der vier o.a. Grundfragen. In einem Fall zog der Experte seine Arbeitsgruppe (Assistenten, Doktoranden, Diplomanden) zum Gespräch hinzu, so daß die Antworten zum Teil von Mitgliedern dieser Arbeitsgruppe beeinflusst wurden. Da die Gruppe unmittelbar am Thema arbeitet, war hierin kein Nachteil für die vorliegende Untersuchung zu sehen.

Als erhebliche Schwierigkeit sowohl in der schriftlichen wie auch in der mündlichen Befragung stellte sich die Anforderung an die Experten heraus, die Antworten vom Standpunkt des Jahres 1987 aus zu formulieren. Verständlicherweise fiel es den Experten schwer, Urteile über ihr Fachgebiet abzugeben mit der Auflage, das ihnen seit 1988 bis heute zugeflossene Wissen nicht zu verwenden. Schon bei der schriftlichen Befragung wurden uns zahlreiche Antworten geliefert, die sich nicht auf den gewünschten Zeitraum bezogen. Nur mit einigen Mühen und nach mehreren Anläufen konnten diese Fehler in den mündlichen Interviews dann korrigiert werden.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich bei den unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten von Wichtigkeit: welches sind die *wichtigsten* Veröffentlichungen, Institutionen, Zeitschriften usw.? Während das für die Frage nach den Zeitschriften weitgehend unproblematisch erschien, taten sich bei der Frage nach den Publikationen einige Experten unerwartet schwer. Wir werden das in der folgenden Darstellung der Ergebnisse noch genauer erörtern.

3. Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse der bibliometrischen Untersuchung und der Befragungen für die vier Grundfragen jeweils synoptisch dargestellt. Zum Zwecke der Anonymisierung und Gleichbehandlung der Quellen werden dabei die fünf befragten Experten und die Bibliometrie parallel behandelt und jeweils mit einem Buchstaben (A – F) codiert.

3.1 Wichtigste Veröffentlichungen

Hier waren einige Experten unsicher in der Bewertung und meinten, daß dies durchaus unterschiedlich für verschiedene Teilgebiete bewertet werden könnte ("Ein Chemiker würde das sicher anders sehen als ein Physiker"). Der folgende Ausschnitt aus einem der Interviews macht deutlich, wie sehr der Begriff der *wichtigen* Arbeit nicht nur im Bereich der (Co-)Zitationsanalyse, sondern durchaus auch unter den Experten selbst mit Definitionsproblemen behaftet ist:

"Die Begriffe 'führend', 'wichtig' – die müßten genauer gefaßt werden, den Eindruck habe ich ... Wenn ich es genau beantworten sollte, dann hätte ich eigentlich zurückfragen müssen: was ist mit wichtig gemeint? Sind die Arbeiten gemeint, die viel Folgearbeiten auslösen, oder die aus der Sicht der Physik was besonders wichtiges gemacht haben, aber wenig zitiert werden – welche Kriterien soll man benutzen? Das ist schwierig zu beantworten. Und wäre, wenn Sie das Jahr 88 mit dazu genommen hätten, fast nicht zu machen gewesen ohne weitere Hinweise, was mit wichtig gemeint ist. In 87 ging es noch, weil es noch nicht soviel war, nicht? Und auf der anderen Seite ist es sicher so, daß in ein paar Jahren die Frage aus dem Rückblick wieder leichter zu beantworten ist; dann sagt man, ja die Arbeit, die die

gemacht haben, die haben immer viele Leute wieder zur Hand genommen – die ist wirklich wichtig gewesen. Das kann man vielleicht bei der einen oder anderen jetzt noch gar nicht erkennen.”

Wir haben jeweils insistiert, die persönliche Meinung des Fachvertreters zu erfahren und festzuhalten.

Tabelle 1 zeigt in einer Übersicht die Antworten auf die Frage 1 für alle sechs Quellen.¹² Am Ergebnis läßt sich nicht ohne weiteres erkennen, hinter welcher Quelle sich das bibliometrische Profil auf der Basis der Cozitationsanalyse verbirgt. Offensichtlich ist die Übereinstimmung der Experten untereinander nicht größer als der Abstand zwischen den bibliometrischen Resultaten und den einzelnen Expertenmeinungen.¹³

Zur Überprüfung der Validität haben wir in zwei Richtungen weitergeforscht:

- a) welche Arbeiten wurden von mindestens zwei Experten genannt, von der Cozitationsanalyse dagegen nicht unter den ersten zehn eingruppiert;
- b) welche Arbeiten wurden durch die Cozitationsanalyse 'genannt', aber von keinem der Experten angeführt.

Zu a) fanden wir zwei Arbeiten, für die das Kriterium zutrif. In beiden Fällen stellte sich heraus, daß die Arbeiten auch durch die Cozitationsanalyse erfaßt worden waren, aber in der Sortierung nach ihrer Zitationshäufigkeit nicht unter die ersten zehn gelangt waren (Bednorz & Müller in *Europhysics Letters* auf Rang 16, Chaudhari et al. auf Rang 48 von insgesamt 394 gefundenen Dokumenten).

Umgekehrt gab es zunächst 3 Arbeiten, die durch die Cozitationsanalyse zu den zehn 'wichtigsten' gezählt, aber in der schriftlichen Befragung von keinem der Experten genannt wurden (Yu et al., Stewart et al. und Mattheis). In die mündliche Befragung der Experten haben wir diese ebenso wie 25 weitere, durch die Bibliometrie als hochzitiert ausgewiesene Arbeiten miteinbezogen. Dabei bestätigten die Experten, daß diese Veröffentlichungen alle (bis auf wenige 'Enthaltungen') auch zu den wichtigen zu zählen waren. Es gab keinen Fall, in dem dies explizit bezweifelt worden wäre.

Tabelle 2 zeigt für die zehn durch die Cozitationsanalyse identifizierten Veröffentlichungen die Anzahl der Zitationen, die diese Arbeiten im Laufe

des Jahres 1987 auf sich gezogen haben. Daß diese Zitationsraten, die jeweils in einer Zeitspanne von weniger als einem Jahr (für die Arbeit von Bednorz & Müller geringfügig mehr) erreicht wurden, extrem hoch sind, sei hier durch einige Vergleichszahlen verdeutlicht:

- für die Jahrgänge 1955–1987 des SCI gilt, daß mehr als 56% der darin erfaßten Publikationen ('source documents') unzitiert bleiben, d. h. nach dem Erscheinen nicht einmal von ihren eigenen Autoren später wieder zitiert werden.¹⁴
- in den Jahrgängen 1945–1988 des SCI sind etwa 15 Mio. Publikationen ('source documents') erfaßt, von denen insgesamt etwa 175 Mio. Zitationen ausgehen. Die ca. 33 Mio. einzelnen Arbeiten, auf die sich diese Zitationen beziehen, weisen in Bezug auf ihre Zitationshäufigkeit eine sehr schiefe Verteilung auf. Während 56% dieser Arbeiten in der gesamten Zeitspanne nur einmal zitiert werden, erreichen nur weniger als ein halbes Prozent eine Zitationsrate von 100 oder höher.¹⁵ In unserem Fall erreichten die Arbeiten von Bednorz & Müller sowie von Wu et al. schon rund ein Jahr nach ihrem Erscheinen mit über 500 Zitationen die Spitzengruppe der höchstzitierten knapp 5800 dieser 33 Mio. Publikationen (das sind weniger als 0,02%).
- unter den insgesamt 54.095 Dokumenten aller Clusterkerne der Cozitationsanalyse des Jahrgangs 1987 gibt es nur 14 Arbeiten, deren Zitationsrate noch über der des Artikels von Bednorz & Müller liegt. Diese Arbeiten sind alle mindestens zwei Jahre älter und stammen aus dem Bereich der Biochemie, wo generell die höchsten Zitationsraten überhaupt zu beobachten sind. Die Arbeiten von Bednorz & Müller sowie von Wu et al. sind unter den durch die Cozitationsanalyse 1987 identifizierten höchstzitierten Arbeiten die mit Abstand am stärksten zitierten Publikationen aus der Physik, ja aus den gesamten Naturwissenschaften außer der Biochemie.

Im Ergebnis können wir an dieser Stelle festhalten: Die Cozitationsanalyse kann uns im vorliegenden Fall eine Antwort auf die Frage nach den wichtigsten Arbeiten des Gebiets geben, die in ihrer Qualität nicht hinter den Antworten namhafter Experten zurücksteht.

3.2 Wichtigste Zeitschriften

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der Antworten auf Frage 2 für alle sechs Quellen. Auch hier ist vom Ergebnis her die Cozitationsanalyse als Quelle nicht ohne weiteres von den Experten zu unterscheiden. Wieder erscheinen die Unterschiede der Expertenmeinungen untereinander nicht kleiner als der Abstand zwischen der bibliometrisch gewonnenen Antwort und den Expertenantworten.¹⁶

Und wieder bestätigten uns die Experten in den Interviews, daß die via Cozitationsanalyse als 'führend' gefundenen Zeitschriften in der Tat zu den einflußreichsten gehören, auch wenn der jeweilige Experte die eine oder andere in der ersten Befragungswelle selbst nicht genannt hatte. Umgekehrt waren auch alle von den Experten genannten Journale auf der Liste, die durch das bibliometrische Verfahren generiert worden war, wenn auch in manchen Fällen nicht auf den vordersten Rangplätzen.

Tabelle 4 verdeutlicht noch einmal, wie die Rangliste auf der Basis der Cozitationsanalyse aussah. Die Tabelle zeigt diejenigen 11 Zeitschriften, auf die die größten Anteile der 394 höchstzitierten Publikationen entfielen. Das in dieser Darstellung gut zu erkennende Übergewicht amerikanischer Zeitschriften wurde von allen Experten zwar bedauert, aber als durchaus die Realität widerspiegelndes Ergebnis bestätigt. Als Ursache dafür wird in erster Linie das 'schnellere', in gewissem Sinne auch skrupellosere Forschungs- und Publikationsverhalten der nordamerikanischen Wissenschaftler angesehen. In Europa sei man immer noch vorsichtiger, weniger risikobereit, aber auch gründlicher. Auf der anderen Seite versuchen natürlich auch immer mehr Europäer, ihre Ergebnisse in den letztlich einflußreicheren amerikanischen Journalen zu veröffentlichen. Die Tatsache, daß die beiden Arbeiten von Bednorz & Müller in europäischen Zeitschriften erschienen sind, sei in dieser Hinsicht absolut untypisch.

Tabelle 5 zeigt, wie sich die Rangordnung der Zeitschriften verändert, wenn man die tatsächlich erhaltenen Zitationen der Artikel als Gewicht miteinfließen läßt. Zwar rücken dadurch die europäischen Zeitschriften etwas weiter auf; durch den Artikel von Bednorz & Müller kommt die Zeitschrift für Physik B jetzt in die Spitzengruppe. Aber die dominierende Rolle der amerikanischen Zeitschriften schlägt nach wie vor durch und findet ihren Ausdruck darin, daß auch nach diesem Sortierkriterium Physical Review Letters und Physical Review B ihren deutlichen Vor-

sprung wahren. Übrigens rückt bei dieser Zählart auch die multidisziplinäre Zeitschrift *Science* (neben *Nature*) in die Spitzengruppe auf.

Im übrigen läßt sich die von den Experten in den Interviews immer wieder geäußerte Meinung, daß die amerikanischen Wissenschaftler in besonders hohem Maße ihre Kollegen aus dem eigenen Land zitieren, aus bibliometrischer Sicht nicht ohne weiteres bestätigen. Wie Frame & Narin richtig analysiert haben, müssen bei der Berechnung von Selbstzitationsraten auf nationaler Ebene die absoluten Mengen des Publikationsoutputs der entsprechenden Länder in Rechnung gestellt werden. Auf diese Weise kommt man u.U. zu Ergebnissen, die in eine ganz andere Richtung zeigen. So konnten Frame & Narin in ihrer Untersuchung nachweisen, daß Großbritannien, Frankreich und die Bundesrepublik in Bezug auf die nationale Selbstzitationsrate den USA um nichts nachstehen.¹⁷ Gleichwohl kann es von dieser über alle Disziplingrenzen hinweg geltenden Aussage in den einzelnen Gebieten erhebliche Abweichungen geben. Nach derselben Studie entfallen im Bereich der Physik immerhin 5,2% aller Zitationen von amerikanischen Wissenschaftlern auf Arbeiten bundesdeutscher Autoren, während die Vergleichszahl für die klinische Medizin nur 1,9% beträgt.¹⁸

Mit Blick auf die Validierung kann an dieser Stelle festgehalten werden, daß die auf der Grundlage der Cozitationsanalyse gewonnene Antwort auf die Frage nach den wichtigsten Zeitschriften des Gebiets in der Befragung von einschlägigen Experten im wesentlichen bestätigt wurde.

3.3 Teilgebiete

Tabelle 6 gibt die unveränderten Originalantworten der sechs Quellen wieder. In diesem Fall ist die Cozitationsanalyse (als Quelle C) unmittelbar zu erkennen. Es handelt sich um die Titel der einschlägigen sogenannten C2-Cluster (d. h. Supercluster der 1. Aggregationsstufe, die ihrerseits in bis zu 60 kleinere C1-Cluster zerfallen können). Die Titel der C1-Cluster wurden wegen des Umfangs (54 Cluster) nicht in die Tabelle mit aufgenommen, liegen aber in der oben erwähnten Dokumentation vor.

Die Tabelle zeigt, daß die Antworten auf die Frage sehr heterogen ausgefallen sind. Zwar gibt es eine Reihe übereinstimmender Termini, aber im ganzen läßt sich kein klar strukturiertes Bild aus den Expertenantworten gewinnen, das man dem bibliometrischen Resultat sinnvoll gegenüberstellen könnte. Die Ursache dafür scheint in erster Linie darin zu

liegen, daß es kein einheitliches Verständnis des in der Fragestellung verwendeten Begriffes 'Spezialgebiet' gibt. Statt Spezialgebieten, in die die Literatur zur Supraleitung gruppiert werden könnte, wurden neben ganz großen Kategorien wie theoretische und Experimentalphysik z. T. alle möglichen Teilgebiete der Physik und Chemie genannt, die Bedeutung für die Supraleitungsforschung haben.

Bei genauerer Überlegung gibt die Antwort des Experten F einen Hinweis auf die Lösung des Problems: Die Forschung zur Hochtemperatur – Supraleitung läßt sich nicht weiter in Spezialgebiete zergliedern, vielmehr ist sie selbst ein Spezialgebiet, das enge Verknüpfungen zu bestimmten Teilen der klassischen Disziplinen Physik und Chemie aufweist.

Im Grunde muß also hier der Sinn der Fragestellung bezweifelt werden; jedenfalls kann in dieser Form zunächst kein gemeinsames Verständnis des Begriffes 'Spezialgebiet' vorausgesetzt werden. Insofern läßt sich auch das bibliometrische Ergebnis weder bestätigen noch verwerfen: eine Validierung war in diesem Fall nicht möglich.

Für die Daten aus der Cozitationsanalyse besteht an dieser Stelle das Problem, daß die aus ihr ableitbaren relativ komplexen Informationen mit ihrem hohen Detailreichtum sich nur sehr schwer auf ein überschaubares Format verdichten lassen. Aussagen über die kognitive Struktur des Forschungsgebiets, wie sie im Prinzip mit Hilfe der Cozitationsanalyse gemacht werden können, haben wir daher im Rahmen der Expertengespräche nicht systematisch behandelt, zumal dies auch den zeitlichen Rahmen der Interviews gesprengt hätte. Diese Fragestellung muß einer gesonderten Untersuchung vorbehalten bleiben, in deren Rahmen dann auch die anderen bekannten bibliometrischen Verfahren des sogenannten kognitiven 'mapping' einzubeziehen sein werden. Eine Untersuchung mit dem Verfahren der Co-Heading-Analyse auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung mit Daten aus dem Jahrgang 1988 der Datenbank INSPEC hat gezeigt, daß es möglich ist, auch mit dieser Methode nationale Profile der Forschungsorientierung herzustellen.¹⁹ Ein Vergleich der verschiedenen Ansätze untereinander und die Konfrontation der Ergebnisse mit Experten steht aber noch aus.

3.4 Wichtigste Institutionen

Tabelle 7 zeigt in der Übersicht die Antworten zu Frage 4 aus den sechs Quellen. Für die Cozitationsanalyse wurden die Institutionen aus den 20 meistzitierten Kerndokumenten der ausgewählten Cluster ermittelt; sie fanden Eingang in den Datensatz über das Corporate Source (CS)–Feld der jeweiligen Publikation. Grundlage sind hier also die von den Autoren selbst gemachten Angaben ihrer institutionellen Zugehörigkeit.

Trotz einer gewissen Streuung, die die Expertenantworten untereinander aufweisen, läßt sich erkennen, daß mit einer Ausnahme (Los Alamos Lab) alle Institutionen, die von mehr als zwei Experten genannt wurden, auch durch die Cozitationsanalyse (Quelle C) identifiziert werden konnten.

Umgekehrt gab es vier Institutionen, die über die Bibliometrie ermittelt wurden, aber bei der schriftlichen Expertenbefragung zunächst nicht genannt worden waren. Im Rahmen der Interviews bestätigten auch hier die Experten, daß die von diesen Institutionen stammenden Arbeiten als wichtig anzusehen sind.

Aus der Bundesrepublik gehörte nach der Cozitationsanalyse bis 1987 nur eine Gruppe zu den im internationalen Maßstab führenden: sie kam vom Kernforschungszentrum in Karlsruhe. Dieses Ergebnis erhielten wir im Rahmen der Interviews von den Experten ausdrücklich bestätigt.

Auch in der Frage nach den wichtigsten Institutionen haben die auf bibliometrischem Wege gewonnenen Informationen also keinen Qualitätsrückstand gegenüber den Antworten namhafter Experten des Gebiets.

4. Schlußfolgerungen

Insgesamt kann festgestellt werden, daß es im Fall der Forschung zur Hochtemperatur–Supraleitung relativ einfach war, mit den Mitteln der Cozitationsanalyse ein bibliometrisches Profil herzustellen. In Bezug auf vier ausgewählte Schlüsselfragen standen die Informationen, die dieses Profil lieferte, in ihrer Qualität den Auskünften namhafter Experten aus dem Gebiet nicht nach. In persönlichen Interviews mit den Experten konnten die bibliometrisch gewonnenen Ergebnisse im wesentlichen bestätigt werden. Immer dann, wenn der Konsens unter den Experten ein hohes Maß erreichte, zeigten auch die bibliometrischen Ergebnisse in dieselbe Richtung.

Eine Ausnahme bildete die Frage nach der Einteilung des Forschungsfeldes in Spezialgebiete. Hier war die Frage offenbar nicht sinnvoll gestellt; die Expertenantworten fielen sehr heterogen aus und ein sinnvoller Vergleich mit den bibliometrischen Daten war insofern kaum möglich. Im Übrigen ist hier noch weitere Forschung notwendig, um die auf bibliometrischem Wege gefundenen sehr detailreichen Informationen auf ein überschaubares Format verdichten zu können, das als Grundlage für eine Kommentierung durch Experten geeignet wäre.

In Bezug auf die Aktualität konnte gezeigt werden, daß die jährlich durchgeführte Cozitationsanalyse des SCI, die jeweils im Frühjahr für das vorangegangene Jahr vorgelegt wird, mit einem zeitlichen Abstand von nur wenigen Monaten Informationen über die Forschungsfronten des gerade abgelaufenen Jahres bereitstellen kann. Im vorliegenden Fall zeigte sich, daß die einschlägigen Cluster der Generation 1987 in einem sehr hohen Maße Dokumente in ihren Kernen erhielten, die erst im Laufe desselben Jahres publiziert worden waren. Die von den Experten beschriebene außergewöhnliche Intensität der Forschung in dieser Zeit schlug sich offenbar auch in bibliometrischer Hinsicht deutlich nieder.

Ob sich das Ergebnis der vorliegenden Fallstudie auch auf andere Anwendungsfälle übertragen läßt, muß noch überprüft werden. Das zentrale Problem hierbei wird vermutlich in den Möglichkeiten des Zugriffs auf die einschlägigen Cluster liegen. Im Fall der Hochtemperatur-Supraleitungsforschung war dieser Zugriff besonders einfach durch das Schlüsselwort SUPERCONDUCT* möglich.

Zum Schluß sei noch einmal darauf hingewiesen, daß es in dieser Untersuchung nicht um eine vollständige Bestandsaufnahme der Forschungslandschaft zum Thema Hochtemperatur-Supraleitung ging, sondern vielmehr um die exemplarische Validierung eines bibliometrischen Verfahrens anhand ausgewählter Fragen.

Anmerkungen

- 1 Vgl. Bednorz & Müller 1986. Für ihre Entdeckung erhielten die Autoren acht Monate nach dem Erscheinen dieser Veröffentlichung den Nobelpreis für Physik des Jahres 1987 verliehen – das ist die kürzeste Zeitspanne in der Geschichte der Nobelpreise.

- 2 Die Sitzung zum Thema Supraleitung auf der Frühjahrskonferenz der American Physical Society im März 1987 in New York City geriet zum 'superconductivity happening' und wurde von Insidern als das 'Woodstock der Physik' bezeichnet (vgl. Robinson 1987). Es wurde dort bis in die Nacht hinein heftig diskutiert und die Sitzung wurde erst um 3 Uhr 15 am anderen Morgen beendet.
- 3 BMFT – Förderkennzeichen SWF 0029 4.
- 4 Das relativ komplizierte Verfahren der Cozitationsanalyse wurde an anderer Stelle bereits ausführlich dargestellt, vgl. Winterhager et al. 1988.
- 5 U.a. in den USA von der National Science Foundation: vgl. National Science Board 1988, 99f. u. 291; in der Schweiz vom dortigen Wissenschaftsrat: vgl. Schweizerischer Wissenschaftsrat 1989, 12f., 108 u. 117–131; sowie in Australien vom dortigen Department of Industry, Technology and Commerce: vgl. Experience with the 1983–84 co-citation bibliometric model of Australian science, 1988.
- 6 Vgl. Garfield, 1988, S.10.
- 7 Die Datenbank entspricht der Referatezeitschrift 'Physikalische Berichte/Physics Briefs'.
- 8 Die Zahlen wurden am 4.8.1990 recherchiert im File "PHYS" bei STN International in Karlsruhe. Gezählt wurden alle Dokumente, die im Feld "Classification Code" den Schlüssel 74 enthielten (SEARCH 74/CC). In Klammern ist jeweils die Zahl der entsprechenden Dokumente angegeben, die mindestens einen Autor mit institutioneller Adresse aus der Bundesrepublik hatten.
- 9 Der Datensatz Science Literature Indicators der Firma CHI Research kommt für den vorliegenden Fall aus zwei Gründen nicht in Betracht: erstens reicht seine Aktualität nicht aus (derzeit sind die Daten nur bis 1986 verfügbar) und zweitens läßt die diesem Datensatz inhärente starre Einteilung der Physik in nur neun wissenschaftliche Teilgebiete auf der Basis eines fixierten Zeitschriftensets keine hinreichende Auflösung für die Beobachtung der dynamischen Vorgänge in diesem Feld zu.
- 10 Vgl. Weingart & Winterhager 1984, 132ff.
- 11 Wir danken Dr. Leson vom VDI – TZ für die Vorschlagsliste und die Vermittlung der entsprechenden Kontakte zu den Experten.
- 12 Die vollständigen bibliographischen Angaben der Publikationen enthält Liste 1.

- 13 Die aus dem bibliometrischen Profil gewonnenen Antworten entsprechen der Quelle C.
- 14 Vgl. Garfield, 1989, 7.
- 15 Vgl. Garfield, 1990, 3f.
- 16 Die aus dem bibliometrischen Profil gewonnenen Antworten entsprechen auch hier der Quelle C.
- 17 Vgl. Frame & Narin 1988, 207.
- 18 Vgl. ebd., 208.
- 19 Vgl. Todorov & Winterhager 1989.

Literatur

Bednorz, J.G. & Müller, K.A.: Possible high T_c superconductivity in the Ba-La-Cu-O system. *Zeitschrift für Physik B – Condensed Matter*, 64, 1986, 189–193.

Experience with the 1983–84 co-citation bibliometric model of Australian science. Final report from a cooperative project between the Department of Industry, Technology and Commerce and the Centre for Technology & Social Change, University of Wollongong, Wollongong 1988.

Frame, J.D. & Narin, F.: The national self-preoccupation of American scientists: An empirical view. *Research Policy*, 17, 1988, 203–212.

Garfield, E.: The 1987 Nobel prize in physics: citations to K.A. Müller and J.G. Bednorz's seminal work mirror developments in superconductivity. *Current Contents* (18): 3–11, 2 May 1988.

Garfield, E.: Citation behavior – an aid or a hindrance to information retrieval? *Current Contents* (18): 3–8, 1 May 1989.

Garfield, E.: The most cited papers of all time, SCI 1945–1988. Part 1A. The SCI top 100 – will the Lowry method ever be obliterated? *Current Contents* (7): 3–14, 12 February 1990.

National Science Board: *Science & Engineering Indicators – 1987*. Washington, D.C. 1988.

Robinson, A.L.: Superconductivity happening. *Science*, 235(4796), 1987, 1571.

Schweizerischer Wissenschaftsrat (Hrsg.): *Forschungsplatz Schweiz – Horizont 1995. Ziele für die schweizerische Forschungspolitik. Vorschläge des Wissenschaftsrates an den Bundesrat – Planungsperiode 1992–1995.* Bern 1989.

Todorov, R. & Winterhager, M.: Representing superconductivity research in the Federal Republic of Germany. Unveröff. Manuskript, Bielefeld 1989.

Weingart, P. & Winterhager, M.: *Die Vermessung der Forschung. Theorie und Praxis der Wissenschaftsindikatoren.* Frankfurt a.M./New York 1984.

Winterhager, M., Weingart, P., Sehringer, R.: Die Cozitationsanalyse als bibliometrisches Verfahren zur Messung der nationalen und institutionellen Forschungsperformanz. In: Daniel, H. – D. & Fisch, R. (Hrsg.): *Evaluation von Forschung. Methoden, Ergebnisse, Stellungnahmen.* Konstanz 1988, 319–358.

Verzeichnis der Tabellen und der Liste

Tabellen

- 1 *Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung (Frage 1)*
'Was waren die wichtigsten zehn Arbeiten auf diesem Gebiet, die bis einschließlich 1987 publiziert wurden?'
- 2 *Cozitationsanalyse SCI 1987: Höchstzitierte Dokumente aus den Clusterkernen zum Thema Hochtemperatur – Supraleitung*

- 3 *Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung (Frage 2)*
'Welches waren die international führenden Zeitschriften, in denen Arbeiten zu dieser Thematik bis einschließlich 1987 veröffentlicht wurden?'
- 4 *Cozitationsanalyse SCI 1987: Verteilung der Kerndokumente im Gebiet "Supraleitung" auf Zeitschriften*
(Auswahl Zeitschriften mit mehr als 5 Dokumenten)
- 5 *Cozitationsanalyse SCI 1987: Verteilung der Kerndokumente im Gebiet "Supraleitung" auf Zeitschriften*
(Auswahl der 10 zitationsstärksten Zeitschriften)
- 6 *Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung (Frage 3)*
'In welche Spezialgebiete läßt sich die bis einschließlich 1987 erschienene wissenschaftliche Literatur zu diesem Thema gruppieren?'
- 7 *Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung (Frage 4)*
'Welche Forschungsinstitutionen waren bis einschließlich 1987 in diesen Spezialgebieten jeweils weltweit führend?'

Liste

- 1 *Vollständige bibliographische Angaben der in Tabelle 1 aufgeführten Publikationen*

Tabelle 1

Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung

Frage 1: Was waren die wichtigsten zehn Arbeiten auf diesem Gebiet, die bis einschließlich 1987 publiziert wurden?

Veröffentlichung	genannt von den Quellen						Anzahl Nennungen
	A	B	C	D	E	F	
Wu et al.	+	+	+	+	+	+	6
Bednorz & Müller 1986	+	+	+	+	+		5
Anderson		+	+	+		+	4
Cava et al. 1987b	+	+	+				3
Chu et al.	+		+			+	3
Bednorz & Müller 1987		+				+	2
Cava et al. 1987a			+			+	2
Chaudhari et al.		+				+	2
Jorgensen et al.	+		+				2
Beno et al.		+					1
van Dover et al.	+						1
Estere et al.						+	1
Francois et al.	+						1
Gough et al.						+	1
Iye et al.				+			1
Laibowitz et al.				+			1
Maeno et al.				+			1
Mota et al.				+			1
Mattheis			+				1
Michel et al.		+					1
Siegrist et al.						+	1
Stewart et al.			+				1
Uchida et al.		+					1
Yu et al.			+				1

Anmerkung:

Genannte Veröffentlichungen mit Publikationsjahr > 1987 wurden in die Auswertung nicht einbezogen. Die vollständigen bibliographischen Angaben der Publikationen enthält Liste 1.

Tabelle 2

Cozitationsanalyse SCI 1987:

Höchstzitierte Dokumente aus den Clusterkernen zum Thema Hochtemperatur-Supraleitung

Rang	Publikation	Publikationsjahr	Zitationsrate
			1987
1	Bednorz & Müller	1986	664
2	Wu et al.	1987	583
3	Chu et al.	1987	338
4	Cava et al.	1987a	337
5	Cava et al.	1987b	310
6	Stewart et al.	1987	192
7	Mattheis	1987	182
8	Anderson	1987	173
9	Jorgensen et al.	1987	132
10	Yu et al.	1987	119

Anmerkung:

Die Zitationsrate gibt die Zahl der 1987 in den vom SCI erfaßten Zeitschriften erschienenen Arbeiten an, die ein Zitat für die jeweilige Arbeit enthalten.

Die vollständigen bibliographischen Angaben der Publikationen enthält Liste 1.

Tabelle 3

Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung

Frage 2: Welches waren die international führenden Zeitschriften, in denen Arbeiten zu dieser Thematik bis einschließlich 1987 veröffentlicht wurden?

Zeitschrift	genannt von den Quellen						Anzahl Nennungen
	A	B	C	D	E	F	
Physical Review Letters	+	+	+	+	+	+	6
Physical Review B	+	+	+	+		+	5
Nature	+	+	+	+		+	5
Applied Physics Letters		+	+	+	+	+	5
Zeitschrift für Physik B	+	+		+	+	+	5
Solid State Communications	+	+	+		+		4
Physica C	+			+	+	+	4
Japanese Journal of Applied Physics	+	+		+			3
Europphysics Letters		+		+		+	3
Journal of Low Temperature Physics			+		+		2
Science	+					+	2
Soviet Physics JETP					+		1
Physica Nisteich Temperatur					+		1
Cryogenics					+		1
Journal of Physics				+			1
Journal of Solid State Chemistry	+						1
Journal of Aplied Physics				+			1
IEEE Transactions on Magnetism			+				1
Journal of the American Chemical Society			+				1
Journal of Phys F Met P			+				1
Journal of Solid State Physics			+				1
Review of Modern Physics			+				1

Tabelle 4

Cozitationsanalyse SCI 1987:

Verteilung der Kerndokumente im Gebiet "Supraleitung" auf Zeitschriften
(Auswahl Zeitschriften mit mehr als 5 Dokumenten)

Rang	Zeitschrift	Anzahl Dokumente
1	Physical Review B	66
2	Physical Review Letters	60
3	Applied Physics Letters	17
4	Solid State Communications	12
5	IEEE Transactions on Magnetism	9
6	Journal of the American Chemical Society	9
7	Journal of Low Temperature Physics	7
8	Journal of Phys F Met P	7
9	Journal of Solid State Physics	7
10	Nature	6
11	Review of Modern Physics	6

Tabelle 5

Cozitationsanalyse SCI 1987:

Verteilung der Kerndokumente im Gebiet "Supraleitung" auf Zeitschriften
(Auswahl der 10 zitationsstärksten Zeitschriften)

Rang	Zeitschrift	Anzahl Dokumente	Summe Zitate
1	Physical Review Letters	60	3619
2	Physical Review B	66	1586
3	Zeitschrift für Physik B	3	704
4	Review of Modern Physics	6	316
5	Science	4	286
6	Journal of Solid State Physics	7	209
7	Nature	6	190
8	Applied Physics Letters	17	188
9	Japanese Journal of Applied Physics	5	187
10	Solid State Communications	12	174

Anmerkung:

Die Spalte "Summe Zitate" gibt an, wieviel Zitationen die in der entsprechenden Zeitschrift erschienenen Kerndokumente im Jahr 1987 insgesamt auf sich ziehen konnten.

Tabelle 6

Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung

Frage 3: In welche Spezialgebiete läßt sich die bis einschließlich 1987 erschienene wissenschaftliche Literatur zu diesem Thema gruppieren?

Quelle A:

Theoretische Physik

Experimentelle Physik – Magnetismus
– Elektrizität

Dünnschichttechnik (Anwendungen)

Synthese (bekannte vs. neue Materialien)

Strukturelle Charakterisierung, Kristallographie (bis zu lokalen Untersuchungen mit Elektronenspektroskopie)

analytische Charakterisierung

Thermodynamik (Phasendiagramme)

Quelle B:

Experimentalphysik

Theoretische Physik

Festkörperphysik

Festkörperchemie

Materialwissenschaft (material science)

Supraleitung

Tieftemperaturphysik

Quelle C:

High TC superconductivity, conducting polymers, heavy fermion systems, electrochemical polymerization, invivo voltammetry, anderson model;

Ordering alloys, uniaxial ferromagnets, thermodynamic model, magnetic spectra, superconducting properties of $R\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ compounds, spin density waves;

Superconducting magnets, multifilamentary wires, flux pinning, Nb_3Sn composite, high field performance, scanning electron microscopy;

Magnetic superlattices, perpendicular recording, surface anisotropy, superconducting multilayers, CO CR films, magnetostatic spin waves;

Superconducting films, niobium carbides, (100) surface, vacancy state, sig junctions, substoichiometric tin, phonon emission

(Fortsetzung)

Tabelle 6 (Fortsetzung):

Quelle D:

Einkristallpräparation / Struktur

Dünnschichtpräparation

Elektronische Transporteigenschaften

Niederenergetische Anregungen

Substitutionsexperimente

Magnetische Ordnung

Theorie

Supraleitende kritische Parameter

Elektronenspektroskopie

Magnetische Resonanz

Phononische Eigenschaften

Optische Eigenschaften

Quelle E:

Supraleitung: Theorie dieses Phänomens, Atomphysik

Phänomenologie: Flußliniengitter, kritische Ströme (Theorie)

Materialien: Flußliniengitter, kritische Ströme (Experiment)

Materialien: Präparation, Chemie

Anwendungen: Drähte, Filme, Spulen, Squids

Quelle F:

Das "Spezialgebiet" umfaßt alle für die Fragestellung "Hochtemperatur – Supraleitung" relevanten Gebiete, insbesondere die Materialklasse des YBaCuO (123 –) – Supraleiters mit Sprungtemperaturen von ca. 90 K.

Tabelle 7

Antworten auf Fragen zur Forschung auf dem Gebiet der Hochtemperatur – Supraleitung

Frage 4: Welche Forschungsinstitutionen waren bis einschließlich 1987 in diesen Spezialgebieten jeweils weltweit führend?

Institution	genannt von den Quellen						Anzahl Nennungen
	A	B	C	D	E	F	
AT&T Bell Labs	+	+	+	+	+	+	6
IBM San Jose	+	+	+	+	+	+	6
Kernforschungszentrum Karlsruhe		+	+	+	+	+	5
Argonne National Lab	+	+	+			+	4
University of Houston	+		+	+		+	4
IBM Rüschtikon			+	+	+	+	4
University of Tokyo		+	+	+			3
Los Alamos National Lab	+			+		+	3
University of Caen (F)	+		+				2
Universität Bayreuth		+			+		2
MPI für Festkörperforschung Stuttgart		+			+		2
Siemens Forschungslaboratorien					+	+	2
Universität Darmstadt		+					1
Tohoku Univ. Sendai		+					1
University of Helsinki		+					1
University of Alabama			+				1
Princeton University			+				1

(Fortsetzung)

Tabelle 7 (Fortsetzung):

Institution	genannt von den Quellen						Anzahl Nennungen
	A	B	C	D	E	F	

University of California							
Santa Barbara			+				1
Northwestern University Evanston			+				1
Beijing University				+			1
Stanford					+		1
Ames Lab, Iowa Sate University					+		1
University of Leiden					+		1
Philips					+		1
TU München					+		1
Universität München					+		1
Akademie in Garching					+		1
Kernforschungsanlage Jülich					+		1
Japanische Firmen (nicht spezifiziert)						+	1
Istec						+	1
Universitäten (nicht spezifiziert)						+	1

Liste 1

Vollständige bibliographische Angaben der in Tabelle 1 aufgeführten Publikationen

- Anderson, P.W.: The resonating valence bond state in La_2CuO_4 and superconductivity. *Science*, 235(4793), 1987, 1196–1198.
- Bednorz, J.G. & Müller, K.A.: Possible high T_c superconductivity in the Ba–La–Cu–O system. *Zeitschrift für Physik B*, 64, 1986, 189–193.
- Bednorz, J.G., Takashige, M., Müller, K.A.: Susceptibility measurements support high T_c superconductivity in the Ba–Lu–Cu–O system. *Europhysics Letters*, 3, 1987, 379–385.
- Beno, M.A., Soderholm, L., Capone, D.W. II, Hinks, D.G., Jorgensen, J.D., Grace, J.D., Schuller, I.K., Segre, C.U., Zhang, K.: Structure of the single-phase high-temperature superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. *Applied Physics Letters*, 51, 1987, 57–59.
- Cava, R.J., van Dover, R.B., Batlogg, B., Rietman E.A.: Bulk superconductivity at 36 K in $\text{La}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CuO}_4$. *Physical Review Letters*, 58, 1987a, 408–410.
- Cava, R.J., Batlogg, B., van Dover, R.B., Murphy, D.W., Sunshine, S., Siegrist, T., Remeika, J.P., Rietman E.A., Zahurak, S., Espinosa, G.P.: Bulk superconductivity at 91–K in single-phase oxygen-deficient perovskite $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{9-\delta}$. *Physical Review Letters*, 58, 1987b, 1676–1679.
- Chaudhari, P., Koch, R.H., Laibowitz, R.B., McGuire, T.R., Gambino, R.J.: Critical-current measurements in epitaxial films of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ compound. *Physical Review Letters*, 58, 1987, 2684–2686.
- Chu, C.W., Hor, P.H., Meng, R.L., Gao, L., Huang, Z.J., Wang, Y.Q.: Evidence for superconductivity above 40 K in the La–Ba–Cu–O compound system. *Physical Review Letters*, 58, 1987, 405–407.
- Van Dover, R.B., Cava, R.J., Batlogg, B., Rietman, E.A.: Composition-dependent superconductivity in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-\delta}$. *Physical Review B*, 35, 1987, 5337–5339.
- Esteve, D., Martinis, J.M., Urbina, C., Devoret, M.H., Collin, G., Monod, P., Ribault, M., Revcolevschi, A.: Observation of the a.c. Josephson effect inside copper-oxide-based superconductors. *Europhysics Letters*, 3, 1987, 1237–1242.
- Francois, M., Yvon, K., Fischer, P.: Structural phase transition at 150K in the high-temperature superconductor $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$. *Solid State Communications*, 63, 1987, 35–40.

- Gough, C.E., Colclough, M.S., Forgan, E.M., Jordan, R.G., Keene, M., Muirhead, C.M., Rae, A.I.M., Thomas, N., Abell, J.S., Sutton, S.: Flux quantization in a high T_c superconductor. *Nature*, 326 (6116), 1987, 855.
- Iye, Y., Tamegai, T., Takeya, H., Takei, H.: Critical field anisotropy of a single crystal $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ and $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$. *Japanese Journal of Applied Physics, Part 2*, 26, 1987, 1850–1852.
- Jorgensen, J.D., Schuttler, H.B., Hinks, D.G., Capone, D.W., Zhang, K., Brodsky, M.B., Scalapino, D.J.: Lattice instability and high T_c superconductivity in $\text{La}_2-x\text{Ba}_x\text{CuO}_4$. *Physical Review Letters*, 58, 1987, 1024–1027.
- Laibowitz, R.B., Koch, R.H., Chaudhari, P., Gambino, R.J.: Thin superconducting oxide films. *Physical Review B*, 35, 1987, 8821–8823.
- Maeno, Y., Nojima, T., Aoki, Y., Kato, M., Fujita, T., Hoshino, K., Minami, A.: Superconductivity in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3-\text{YNiYO}_7-\delta$. *Japanese Journal of Applied Physics*, 26, 1987, 774–776.
- Mota, A.C., Pollini, A., Visani, P., Müller, K.A., Bednorz, J.G.: Low-field magnetic relaxation effects in high T_c superconductors Sr-La-Cu-O and Ba-La-Cu-O . *Physical Review B*, 36, 1987, 4011–4013.
- Mattheis, L.F.: Electronic Band properties and superconductivity in $\text{La}_2-\text{Y}_x\text{Cu}_3\text{O}_8-x$. *Physical Review Letters*, 58, 1987, 1028–1030.
- Michel, C. & Raveau, B: Oxygen intercalation in mixed-valence copper oxides related to the perovskites. *Revue de Chimie Minerale*, 21, 1984, 407–425.
- Siegrist, T., Sunshine, S., Murphy, D.W., Cava, R.J., Zahurak, S.M.: Crystal-structure of the high T_c superconductor $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_9-\delta$. *Physical Review B*, 35, 1987, 7137–7139.
- Stewart, G.R.: Heavy-fermion systems. *Review of Modern Physics*, 56, 1984, 755–788.
- Uchida, S., Takagi, H., Kitazawa, K., Tanaka, S.: High T_c superconductivity of La-Ba-Cu Oxides. *Japanese Journal of Applied Physics Part 2-Letters*, 26, 1987, L1–L2.
- Wu, M.K., Ashburn, J.R., Torng, C.J., Hor, P.H., Meng, R.L., Gao, L., Huang, Z.J., Wang, Y.Q., Chu, C.W.: Superconductivity at 93-K in a new mixed-phase Y-Ba-Cu-O compound system at ambient pressure. *Physical Review Letters*, 58, 1987, 908–910.
- Yu, J.J., Freeman, A.J., Xu, J.H.: Electronically driven instabilities and superconductivity in the layered $\text{La}_2-x\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ perovskites. *Physical Review Letters*, 58, 1987, 1035–1037.