

Bernadette Schorn
 Hartmut Wiesner
 Hermann Deger
 Raimund Girwidz
 Leopold Mathelitsch
 Gerhard Rath

LMU München
 LMU München
 Gabriel-von-Seidl-Gymnasium München
 PH Ludwigsburg
 Universität Graz
 Universität Graz

SUPERCOMET 2

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

Einleitung

Eine Möglichkeit neue Wege im Physikunterricht zu beschreiten, liegt in der Behandlung von Themen der Modernen Physik. Die Entdeckung der Supraleitung ist einer der großen Durchbrüche in der Physik des letzten Jahrhunderts, mit Auswirkungen auf das alltägliche Leben (wichtige Anwendungen in der Medizin, Forschung, Datenübertragung, Energiespeicherung,...) und weiteren Anwendungsmöglichkeiten in der Zukunft.

Das Ziel des EU-Projekts zur Supraleitung, SUPERCOMET (**SUPERCO**nductivity **M**ultimedia **E**ducational **T**ool), ist die Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien zu diesem Thema für die Mittelstufe. Bei der Behandlung von Themen der Modernen Physik sollte auch eine Verbindung zu den Inhalten der Klassischen Physik bestehen. Der Magnetismus, die Elektrizitäts- und Wärmelehre bieten solche Verknüpfungen mit den Phänomenen der Supraleitung. Eine Möglichkeit, die Supraleitung in der Schule zu behandeln, liegt in der Durchführung und Vorführung von Experimenten mit YBaCu-Supraleitern (z.B. DEGER, 1991) oder auch in der Herstellung dieser Supraleiter (z.B. DEGER, 1991; ZWITTLINGER, 2006). Da ihre kritische Temperatur (T_c) bei ca. 80K liegt, kann flüssiger Stickstoff (77K) zum Kühlen verwendet werden. Somit ist es möglich, in der Schule Versuche wie das Schweben, den Meißner-Ochsenfeld-Effekt oder das Verschwinden des elektrischen Widerstandes durchzuführen und die Phänomene der Supraleitung auf makroskopischer Ebene zu betrachten. Um das Thema der Supraleitung hingegen auf mikroskopischer Ebene zu behandeln, bieten sich Simulationen und Animationen an. Beide Zugänge, die Supraleitung zu unterrichten, sind in den Materialien des SUPERCOMET 2-Projekts berücksichtigt.

Das Projekt

In dem ersten Projektabschnitt des SUPERCOMET-Projekts sind Module zur Elektrizitätslehre, zum Magnetismus und der Supraleitung erstellt worden. Diese beinhalten Animationen, Texte, ein Quiz, ein Glossar mit wichtigen Begriffen, einen FAQ-Bereich, eine Suchmaschine, Literaturhinweise und Internetquellen. Zusätzlich wurden ein begleitendes Lehrerhandbuch und eine Lehrerfortbildung entwickelt.

Im Rahmen von SUPERCOMET 2 wurden die Materialien bereits von den Partnern der 15 Europäischen Länder übersetzt und an die nationalen Curricula angepasst. Darüber hinaus werden zusätzliche Materialien wie neue Simulationen, ein Modul über die Anwendungen der Supraleitung, „hands-on kits“, sowie Erweiterungen des Lehrerhandbuchs und der Lehrerfortbildung entwickelt. Außerdem wird das Lehr-Lernsystem durch Schüler/innen und Lehrer/innen evaluiert.

Ein Schwerpunkt in der Projektarbeit der deutschsprachigen Partner liegt in der Entwicklung eines „hands-on kits“ um einfache Experimente mit Supraleitern in der Schule zu demonstrieren und durchzuführen. Zur Zeit besteht das Material aus einer Anleitung zur Herstellung von Supraleitern mit schulischen Mitteln und Vorschlägen für die Durchführung einfacher Experimente. Um Supraleiter herzustellen, werden die nötigen Mengen des Yttriums, Bariums und Kupfers abgewogen, sehr gut vermischt, aus dem Pulver Tabletten

1 gepresst, für mehr als einen Tag bei bis zu 950°C gebacken und langsam abgekühlt.
 2 Anschließend werden die Tabletten nochmals sehr fein pulverisiert, gepresst und ein zweites
 3 Mal gebacken.

4 Eine kleine gekühlte Probe schwebt über einem Ringmagneten so lange, bis sie über die
 5 kritische Temperatur T_c erwärmt wird (Abb.1). Kühlt man einen größeren Supraleiter mit
 6 flüssigem Stickstoff, schwebt ein Magnet über der Probe (Abb.2).



10
11
12
13
14
15 **Abb.1:** Schwebender Supraleiter über
einem Ringmagneten

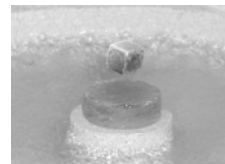
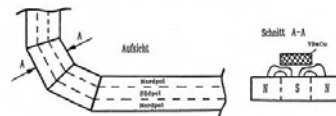


Abb.2: Schwebender Magnet über
einem gekühlten Supraleiter

16 Um den Meißner-Ochsenfeld-Effekt zu demonstrieren, legt man bei Raumtemperatur einen
 17 Magneten auf einen Supraleiter. Nach den Gesetzen der Klassischen Physik schwebt der
 18 Magnet nicht über der Probe, da sich das Magnetfeld nicht verändert. Aber nach Kühlen des
 19 Supraleiters schwebt der Magnet über diesem. Dies zeigt, dass Supraleitung mehr als
 20 perfekter Diamagnetismus ist. Darüber hinaus kann man einen gekühlten Supraleiter über
 21 verschiedenen Arten von Magnetbahnen aus Magnetfolie (Half-Pipe, Half-Pipe mit
 22 Erhöhung in der Mitte, quadratische Bahn) so lange schweben lassen, bis die kritische
 23 Temperatur überschritten wird (Abb. 3).



24
25
26
27
28 **Abb.3:** Aufbau einer Magnetbahn

29 Ein weiterer Schwerpunkt in der Projektarbeit liegt in der Planung und der Erstellung eines
 30 neuen Moduls über die Anwendungen der Supraleitung. Dieses Modul soll einen Einblick in
 31 die modernen technologischen Anwendungen der Physik geben und das theoretische Wissen
 32 mit konkreten Verwendungen in der Industrie, Forschung und dem Alltag verbinden. Die
 33 Erklärungen und Illustrationen der Anwendungen sind in sechs Bereiche unterteilt: das
 34 Erzeugen von „verlustfreien“ Strömen (Leitungen, Motoren), das Erzeugen von starken
 35 Magnetfeldern (LHC am CERN, DESY in Hamburg), die Levitation und das Stabilisieren
 36 von Magnetfeldern (z.B. Magnetschwebbahn), das Erzeugen von Magnetfeldern für MNR
 37 (medizinische Anwendungen), das Messen kleiner Magnetfelder mit SQUIDS (z.B. Messen
 38 von Gehirnströmen) und dem Bestimmen von physikalischen Größen und Naturkonstanten
 39 (Josephson-Effekt).

40 Darüber hinaus sind bereits Lehrerfortbildungen organisiert und erste Unterrichtseinheiten
 41 auf der Grundlage des vorhandenen Materials durchgeführt worden. In diesem
 42 Zusammenhang wurden die Materialien von Lehrer/innen an drei Schulen in Österreich (40
 43 Schüler/innen) bezüglich des Themas, des Lernmaterials auf der CD-Rom aus
 44 SUPERCOMET und der Experimente evaluiert. Bei den Lehrer/innen herrschte eine sehr
 45 große Zufriedenheit mit den Experimenten und das Lernmaterial wurde differenziert
 46 bewertet. Bei den Schüler/innen wurden folgende Daten erhoben:

47 Das Interesse am Fach Physik wurde als Vergleichsparameter abgefragt. Der
 48 Durchschnittswert der 40 Schüler/innen lag bei 4,1 – dies ist bei einer Skala von 1 bis 6
 49 knapp über dem Mittelwert (3,5). Das eher positive Interesse zeigt auch die Verteilung
 50 (Abb.4). Das Interesse an dem Thema „Supraleitung“ war im Durchschnitt fast gleich hoch

(4,2) wie das Fachinteresse. Dieses Thema scheint also das Interesse dieser Schüler/innen nicht wesentlich gesteigert zu haben (Abb.5).

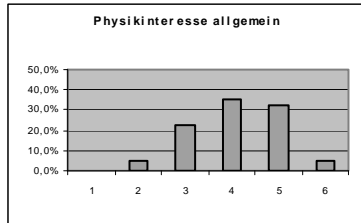


Abb.4: Interesse am Fach Physik

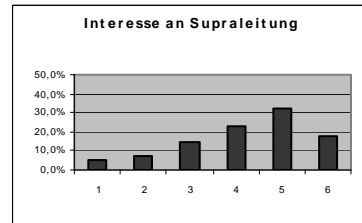


Abb.5: Interesse am Thema

Das Interesse an den Experimenten fiel eindeutig positiv aus: Der Durchschnittswert betrug 5,2. Fast die Hälfte der Schüler/innen vergab den höchsten Wert 6 (Abb.6). Hier ist die Korrelation mit dem Fachinteresse mit 0,39 höher als jene mit dem Thema Supraleitung (0,27). Hingegen liegt der Durchschnittswert des Interesses an dem Lernmaterial auf der CD-Rom sowohl unter dem Mittel (3,5) als auch deutlich unter dem Fachinteresse (Abb.7). Hier liegt die Korrelation mit dem Physikinteresse mit 0,42 am höchsten – für interessierte Schüler/innen war das Programm besser geeignet als für weniger interessierte.

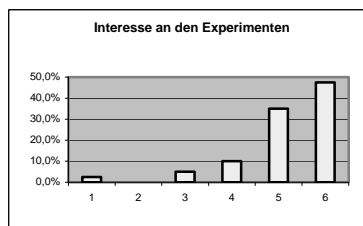


Abb.6: Interesse an den Experimenten

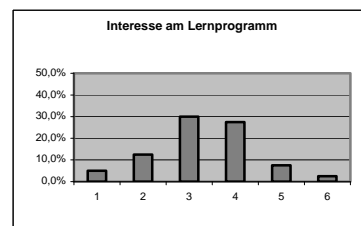


Abb.7: Interesse am Lernmaterial

Darüber hinaus wurden den Schüler/innen inhaltliche Frage gestellt, um den Lernerfolg zu erheben. Auf die Frage nach den Eigenschaften der Supraleiter gaben 50% der Schüler/innen die *magnetischen Eigenschaften* (Verdrängung äußerer Magnetfelder bei tiefen Temperaturen) an, 45% das Verschwinden des Widerstandes und 15% das Schweben im Magnetfeld. Etwa ein Viertel der Schüler/innen lieferten keine oder eine falsche Antwort (23%). Bei der Erklärung der Eigenschaften gab über die Hälfte (53%) keine Antwort, von den anderen nannten die meisten die Cooper-Paare („*Nicht die Elektronen leiten, sondern die Cooper-Paare*“). Bei den Arten der Supraleiter nannten 60% der Schüler/innen Typ1- und Typ2-Supraleiter, zum Teil vermischt mit Tief- und Hochtemperatursupraleitern. Auf die Frage nach den Anwendungen der Supraleitung wurde folgendes angegeben: Die meisten Nennungen waren Magnetschwebbahn (78%), MRI (43%), verbesserte Generatoren und Motoren (38% bzw. 10 %), weiter genannt wurden Teilchenbeschleuniger, Fusionskraftwerke, Stromtransport und Magnetfeldmessung. Lediglich 4 Schüler/innen wussten nichts zu nennen (10%).

Diese Ergebnisse verdeutlichen einen Verbesserungs- und Überarbeitungsbedarf, dem in SUPERCOMET 2 nachgegangen wird. Zudem zeigten die Gespräche mit den Lehrer/innen die Notwendigkeit der Erweiterung des Lehrerhandbuches, welches momentan überarbeitet wird.

Literatur

DEGER, H. (1991). „Moderne Physik im Unterricht: Fachdidaktische Anregungen und Studien zum Bereich der Festkörperphysik“. Palm & Enke, Erlangen.

ZWITTLINGER, K.-H. (2006). „Herstellung von Hochtemperatur-Supraleitern“. PdN-PhiS. 1/55. pp. 29 – 31.