

Jahresbericht 2001, 15. Dezember 2001

IEA-Implementing Agreement "Assessing the Impact of High Temp. Superconductivity on the Electric Power Sector" (EXCO-Member)

Autor und Koautoren	René Flükiger
beauftragte Institution	Université de Genève, Dépt. Phys. Mat. Condensée (DPMC)
Adresse	24, quai Ernest Ansermet, 1211 Genève 4
Telefon, E-mail, Internetadresse	Tel. 022 702 6240, rene.flukiger@physics.unige.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	39 929 / 79 747
Dauer des Projekts (von – bis)	1.1.2001 - 31.12.2003

ZUSAMMENFASSUNG

Das erklärte Ziel des hier beschriebenen Projektes war eine möglichst umfassende Information über die nationalen und internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hoch T_c – Supraleitung, insbesondere was die Leiter-Materialien und deren Anwendung betrifft. Zu diesem Zwecke wurden zwei im Rahmen des IEA-Projektes durchgeführte Seminare besucht und ausführlich kommentiert. Die Fortschritte auf dem Materialsektor wurden sehr eingehend verfolgt, wobei die technische Machbarkeit, aber auch die ökonomischen Aspekte berücksichtigt wurden. Der heute verwendete HTSL-Supraleiter, Bi,Pb(2223), wird allgemein in Bändern mit einer Ag-Hülle hergestellt. Wegen der immer anfallenden Kühlkosten sind die Herstellungskosten aber noch zu hoch: der Einsatz dieser Bänder ist deshalb heute noch auf bestimmte Marktnischen begrenzt. Durch deutlich erhöhte Herstellungsmengen und der parallel dazu erzielten Fortschritte in der Stromtragfähigkeit werden die Kosten aber soweit sinken, dass eine bessere Durchdringung des Weltmarktes erwartet wird. Hier könnten Fortschritte bei den sogenannten Coated Conductors auf Y(123)- Basis eine sehr positiven Einfluss auf die Verbreitung von supraleitenden Anwendungen haben. Eine sehr umfassende Information auf dem Materialsektor ist sehr wichtig, um die in der Schweiz verfolgten Herstellungsmethoden weiter zu verbessern. Die Herstellung und der Betrieb der verschiedenen Modell-Prototypen wurde aufmerksam verfolgt, insbesondere Kabel und Magnete, aber auch Schwungräder, die für eine Erhöhung der Stromqualität im Netz eingesetzt werden könnten. Die Entwicklung auf dem Gebiet der Kühlaggregate wird als sehr wichtig erachtet, da auch hier die Kosten noch zu hoch sind. Diese Situation ist aber eng mit dem Marktanteil der Supraleitenden Systeme verbunden: nur nach einem deutlichen Durchbruch der Supraleitung werden auf dem Kühlsektor neue, kostengünstigere Entwicklungen erwartet.

Die Information wurde auch an alle in der Schweiz in der Supraleitung tätigen Forschungsinstitute und Industrien weitergeleitet und im alljährlich stattfindenden Status-Seminar im November ausführlich kommentiert.

Projektziele

Die Projektziele beinhalten eine umfassende Information über die Fortschritte und den Anwendungen auf dem Gebiet der Hoch-Tc - Supraleitung (HTSL) im Energiebereich. Dazu zählen Transformatoren, Kabel, Strombegrenzer, Stromschalter, Generatoren, Motoren und supraleitende Magnetische Energiespeicher (SMES). Der Zugang zu dieser Information wird durch die Teilnahme der Schweiz an einem Programm erreicht, das unter der Leitung der International Energy Agency (IEA) steht: "Implementing Agreement for a Cooperative Programme for Assessing the Impact of High Temperature Superconductivity on the Electric Power Sector". Die Projektziele umfassen den Informationsaustausch über die bisher erreichten Fortschritte, über den gegenwärtigen technischen Stand und den zukünftig vorgesehenen Arbeiten. Das Programm ermöglicht den 14 Mitgliedstaaten, gegenseitig technische Berichte auszutauschen und Laboratorien und Testeinrichtungen, sowie industrielle Unternehmen zu besuchen. Ein besonderer Schwerpunkt dieser umfassenden Orientierung im IEA-Agreement ist das periodische Erscheinen von technisch hochstehenden Berichten, die auch Aspekte wie Umwelt und Sicherheit, sowie die Durchdringung des Marktes durch HTSL - Produkte untersucht.

In diesem Jahr fanden zwei IEA-Informationstreffen statt, in Woodstock (GB) und in Karlsruhe (D). Ein Bericht über die internationale Zusammenarbeit wurde im 2001 veröffentlicht □1□. Die Ergebnisse dieser zwei Treffen wurden anschliessend am Status-Seminar "HTSL in der Energietechnik" in Bern vorgestellt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Im ersten **IEA-Informationstreffen** (9.-11.5., Woodstock), stand die Orientierung über Anwendung von HTSL-Materialien für Magnete im Vordergrund. Die laufenden Aktivitäten auf dem Gebiet der Kernspintomographie (MRI) und der Kernspinresonanz (NMR) wurden diskutiert. Die Resultate dieser Untersuchungen wurden im Bericht "Today's Exploration Bearing upon the Private Sector's Future Use of Magnets incorporating High Temperature Superconductors" festgehalten, der von den Teilnehmern eingehend studiert und diskutiert wurde. Dieser Bericht enthält alle wichtigen internationalen Aktivitäten auf dem Gebiete der Anwendungen **von HTSL-Materialien im Magnetbau** sowie die genauen Anschriften und Aktivitäten der entsprechenden entsprechenden Firmen und Institute. Von besonderem Interesse ist dabei sind die Entwicklungen von Magneten für die Magnet-Separation, die künftig bei weiteren Fortschritten bei der Erzgewinnung sowie beim Reinigen von Abwassern eine Rolle spielen könnte. Dieser Bericht wurde an alle an der Supraleitung interessierten Vertreter von Hochschulen und Industrie in der Schweiz verteilt.

Daneben wurde umfassend über mögliche Auswirkungen des im Januar entdeckten Supraleiters **MgB₂ (T_c = 39 K)** beschrieben. Die Thematik der Wechselstromverluste (AC-Verluste) in HTSL-Supraleitern wurde kurz diskutiert. Die mögliche Errichtung eines **Test-Schwungrades** als Beispiel internationaler Zusammenarbeit wurde besprochen.

Beim **zweiten IEA-Treffen** (10.-12.10., Karlsruhe) wurden die beim Betrieb von künftigen supraleitenden Energie-Einrichtungen auftretenden Kühlprobleme eingehend besprochen. In seinem Vortrag "Introduction to Engineering & Economic Issues bearing on Cryogenics for future Power Sector Equipment incorporating HTC Superconductors" hat Dr. A.M. Wolsky technische und wirtschaftliche Aspekte eingehend beschrieben. Dabei wurden die heute kommerziell erhältlichen Kühlsysteme diskutiert, sowie die verschiedenen Kriterien, die bei der Berechnung von Kapital- und Operationskosten von Energiesystemen berücksichtigt werden müssen. Quantitative Vergleiche zwischen **konventionellen und gekühlten supraleitenden Energiesystemen** wurden ange stellt. Die Grenzen der Wirtschaftlichkeit von supraleitenden Systemen beim heutigen Stand der Technik wurden anhand von quantitativen Abschätzungen aufgezeigt. Die heute kommerziell ver-

fügbaren Kryogeneratoren, wie Stirling und Gifford-MacMahon Cryocoolers wurden diskutiert: dabei bestätigte sich, dass heute noch kein kommerzielles Kühlsystem existiert, das eine wirtschaftliche Nutzung von HTS-Systemen bei 77 K erlaubt. Die Entwicklung von neuen Kühlsystemen, wie **"Pulse Tube Cryocoolers"** zeigt positive Aspekte, ist aber noch nicht abgeschlossen.

Durch den stets wachsenden Einsatz von empfindlichen elektronisch gesteuerten Systemen werden in der Tat schon heute erhöhte Anforderungen an die Qualität des elektrischen Netzes gestellt. Bei besonders hohen lokalen Anforderungen könnte diese Qualität künftig durch den Einsatz von supraleitenden Schwungrädern erheblich verbessert werden.

Nationale Zusammenarbeit

In der Schweiz ist eine aktive Beteiligung an HTSL-Projekten im Hinblick auf Energieanwendungen ist vor allem bei ABB und den *Kabelwerken Brugg* im Gange. Zwei weitere Firmen arbeiten auf dem Gebiet der Supraleitung, aber nur für den Einsatz bei tiefen Temperaturen (4.2K: *Bruker Biospin* (Hochfeldmagnete für NMR) und *Swissmetal Dornach* (supraleitenden Nb₃Sn-Drähte). Alle diese Firmen haben Zusammenarbeitsprogramme auf dem Gebiete der Supraleitung mit den schweizerischen Hochschulen, vor allem mit dem Paul Scherrer Institut, der ETH Zürich, der EPF Lausanne und der Universität Genf.

Im Juli 2001 wurden vom Schweizerischen Nationalfonds eine neue Initiative gestartet. Mit 10 neuen Projektgruppen: *"National Center of Competence in Research"*. Eines dieser Zentren befasst sich mit dem Studium und der Entwicklung von Materialien: *Materials with Novel Electronic Properties* (MANEP). Dieses Projekt, das von Prof. Ø. Fischer geleitet wird, umfasst 17 Forschungsgruppen an verschiedenen Institutionen, wovon 8 theoretisch oder experimentell auch an HTSL-Supraleitern arbeiten. Innerhalb von MANEP sind zwei Gruppen an der Universität Genf mit Entwicklungen auf dem Energiesektor beschäftigt: Prof. Ø. Fischer arbeitet an Strombegrenzern (mit ABB), während Prof. R. Flükiger (Universität Genf) zusammen mit Prof. M. Hasler (EPFL Lausanne) an der Limitierung von AC-Verlusten in Bi,Pb(2223)-Bändern arbeiten, im Hinblick auf deren Anwendung in Hochstrom-Kabeln.

Internationale Zusammenarbeit

Ausser dem hier zusammengefassten IEA-Programm bestehen weitere internationale Zusammenarbeiten. Im Rahmen des 5. EU-Rahmenprogramms nehmen zwei Gruppen, Prof. R. Flükiger (Universität Genf) und Dr. B. Dutoit (EPFL Lausanne) am Projekt BIG POWA teil. Beide bearbeiten das Problem der AC-Verluste: die erste Gruppe entwickelt runde Bi,Pb(2223)-Supraleiter (mit besonders niedrigen AC-Verlusten), während die zweite Gruppe 2D und 3D Modellberechnungen für Leiter und Drähte durchführt (GRD1-1999-10461, OFES No. 99.0209-1). Ziel dieses Projekts ist es, einen kleinen Transformator und eine Modellspule bei 77K mit *runden* Bi,Pb(2223) – Drähten (und sehr kleinen AC-Verlusten) zu bauen, anstatt wie bisher mit flachen Bändern.

Das Superconducting European Network (SCENET I) umfasst 73 verschiedene europäische Gruppen (Nodes) aus den Hochschulen und der Industrie, die sich mit Supraleitung befassen. SCENET hat sich zur Aufgabe gemacht, den Informationsfluss innerhalb Europa zu optimieren. Ausserdem werden pro Jahr eine bis zwei Sommerschulen durchgeführt, um Studenten in das Gebiet der Supraleitung einzuführen. Die Schweiz ist mit 2 Nodes vertreten (*PSI, Uni Genf*), und Prof. R. Flükiger (Uni Genf) ist Mitglied des SCENET Steering Committee. Soeben wurde ein zweites Projekt für die nächsten 4 Jahre bewilligt: SCENET II, GTC1-2001-43047).

Im Hinblick auf das 6. EU-Rahmenprogramm ein Programm für die Entwicklung der Supraleitung im Weissbuch des Max-Planck-Instituts in Stuttgart (D) veröffentlicht [2].

Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Im Jahr 2001 ist die Forschungs-Aktivität auf dem Gebiet der Supraleitung in der Schweiz mit Energie weitergeführt worden. Mit dem neuen MANEP - Programm sind neue, positive Akzente gesetzt worden. Sowohl experimentell wie auch theoretisch konnte ein sehr gutes Niveau auf internationaler Ebene nachgewiesen werden. Was die Anwendungen auf dem Energiesektor betrifft, so verfolgt gegenwärtig ABB ein HTSL-Projekt (Strombegrenzer). Dass dies gegenwärtig die einzige Aktivität im Anwendungsbereich ist, liegt daran, dass die Supraleitung zwar technisch auf den verschiedensten Gebieten überzeugt hat, aber aus ökonomischen Gründen den Durchbruch auf dem Markt noch nicht geschafft.

Die Fortschritte in der Angewandten HTSL-Supraleitung sind stetig, und mit der weiteren Entwicklung der Leiter der 2. Generation (Y based Coated Conductors) ist zu erwarten, dass die Produktionskosten in absehbarer Zeit deutlich sinken werden. Dies wird auch in der Schweiz zu einer deutlichen Zunahme von Pilot-Projekten führen.

Es ist sehr wichtig, dass der Kontakt zur Weltspitze auch weiterhin behalten wird. Dies wird am Beispiel des im Januar 2001 entdeckten Supraleiters MgB_2 deutlich. Dessen T_c -Wert ist mit 39 K leider noch zu niedrig, die Produktionskosten sind aber viel niedriger als für vergleichbare SL-Drähte. Hier war es möglich, in der Schweiz in sehr kurzer Zeit neue Drähte zu entwickeln, die weltweit die bisher höchsten Stromdichten aufweisen [3].

Referenzen

- [1] R. Brüniger, R. Flükiger: **Die internationale Zusammenarbeit bei der Hochtemperatur-Supraleitung im Energiebereich**, *Bulletin SEV/VSE*.....
- [2] R. Flükiger: **Superconducting Materials**, in *European Whitebook on fundamental Research in Material Science*, Max-Planck Institut für Metallforschung, Stuttgart, 2001, p. 97.
- [3] H.L. Suo, C. Beneduce, M. Dhallé, N. Musolino, J.-Y. Genoud, R. Flükiger: **Large transport critical currents in dense Fe- and Ni-clad MgB_2 superconducting tapes**, *Appl. Phys. Letters*, 79(2001)3116.