

Jahresbericht 2004, 27. Dezember 2004

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. Matière Condensée (DPMC)
Adresse	24, quai Ernest Ansermet, 1211 Genève 4
Telefon, E-mail, Internetadresse	Tel. 022 379 6240; rene.flukiger@physics.unige.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	39 929/79747
Dauer des Projekts (von – bis)	1.1. 2004 – 31.12.2005

ZUSAMMENFASSUNG

Das hier beschriebene Projekt verfolgt das Ziel einer möglichst umfassenden Information über die wichtigsten nationalen und internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hoch - T_c - Supraleitung. Das Hauptaugenmerk ist dabei auf die Entwicklungen von Supraleitermaterialien gerichtet. Von besonderem Interesse sind aber auch deren Einsatz in industriellen Anlagen, unter Berücksichtigung der anfallenden Kühlprobleme.

Im Jahre 2004 wurden zwei Informationstreffen im Rahmen des IEA – Projektes durchgeführt. Das erste Treffen fand im Mai in Kawasaki (Japan) statt und war dem Thema der supraleitenden Kabel gewidmet. Dieses Treffen wurde vom NEDO mitorganisiert wurde, was das Interesse der japanischen Seite dokumentiert. Vorderhand bestehen alle im Bau befindlichen Kabel noch aus Bi(2223) – Bändern mit einer Silberhülle. Im Augenblick zeichnen sich weltweit 10 Kabelprojekte ab, deren Längen sich von 30 m bis zu 660 m erstrecken.: Als Folge der im letzten Jahr sich abzeichnenden Fortschritte bei Y-123 - Leitern (zweite Generation, auch „Coated Conductors“ genannt) ist aber bei 3 Kabelprojekten bereits eine kurze Länge von 30 m vorgesehen. Es ist abzusehen, dass sich dieser Trend weiter verstärken wird. Während dieses Treffens wurden alle Teilnehmer aufgefordert, die Lage in ihrem Land kurz zu beschreiben. Eine CD mit allen diesen Vorträgen wurde allen Schweizer Mitgliedern verteilt. Das Meeting fand seinen Abschluss mit einem Besuch des 500 m-Kabels beim CRIEPI – Laboratorium in Yokosuka. Dieses Kabel ist fertiggestellt, und die ersten Versuche stehen unmittelbar bevor.

Das zweite Informationstreffen fand im Oktober in Gatlinburg statt (Tennessee, USA), im Anschluss an die Applied Superconductivity Conference (in Jacksonville, Florida, USA). Hauptthema dieses Treffens waren wiederum die HTS – Kabel. Der letzte Stand auf dem Gebiet der Kabel wurde vorgestellt. Ein wichtiger Beitrag war derjenige von American Superconductors, wobei auch die Wirtschaftlichkeit von HTS – Kabeln besprochen wurde. Ein sehr interessanter Beitrag wurde von Jim Daley gegeben, dem Direktor des HTS – Programms des amerikanischen DOE, der die finanziellen Leistungen des DOE in den letzten 8 Jahren mit 400 Mio.\$ bezifferte. Der krönende Abschluss dieses Treffens war der Besuch der Materialforschungsgruppe im Oak Ridge National Laboratory: hier wurden die wichtigsten Fortschritte an Y-123 Bändern erzielt, mittels der sog. RABiT - Technologie, auf der Basis von biaxial texturierten Ni-Bändern, wobei der Buffer und der Supraleiter mittels „Liquid Phase Epitaxy“ beschichtet wurden.

Projektziele

Die Projektziele beinhalten eine umfassende Information über die neuesten Fortschritte und Anwendungen auf dem Gebiet der **Hoch-T_c-Supraleitung (HTSL) im Energiebereich**. Dazu zählen supraleitende Kabel, Transformatoren, Strombegrenzer, Generatoren, Motoren und Schwungräder, sowie Magnetische Energiespeicher (SMES). Der Zugang zu dieser Dokumentation wird durch die Teilnahme der Schweiz an einem Programm sichergestellt, 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 gegenwärtig 11 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 detaillierten, technisch hochstehenden Berichten, die ausser der Durchführbarkeit von neuen supraleitenden Lösungen auch Aspekte wie Umwelt und Sicherheit, aber auch die Durchdringung des Marktes durch HTSL - Produkte untersucht. Zusätzlich wird die **Anwendbarkeit** der hier entwickelten Konzepte auf den Schweizer Markt untersucht.

In diesem Jahr fanden zwei IEA-Informationstreffen statt, in Kawasaki (Japan) und Gatlinburg (USA). Die Ergebnisse dieser zwei Treffen wurden am 24. November am Status-Seminar **"HTSL in der Energietechnik"** in Bern vorgestellt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Dieses Jahr wurde nach 10 - jähriger Tätigkeit Prof. Peter Komarek als Chairman des ExCo von Prof. Guy Deutscher abgelöst. Als Vice Chairman wurde ich weiterhin nominiert.

Das **erste Informationstreffen** fand vom 19.-21. Mai in Kawasaki statt, und wurde vom NEDO mitorganisiert. Der Arbeitsplan umfasste folgende Punkte: a) Treffen mit Direktoren von NEDO und METI, b) Besuch des CRIEPI - Laboratoriums in Yokosuka, wo das kürzlich installierte HTS - Kabel (500 Metern Länge, eine Phase) vorgeführt wurde, c) Besuch des ISTECH - Forschungslaboratorium (SRL), wo der Direktor die einzelnen japanischen Projekte vorstellte, und d) ein Treffen mit NEDO - Managern und Industriellen, mit gegenseitigem Informationsaustausch nach der Vorstellung der einzelnen nationalen Projekte durch die ExCo - Mitglieder.

Ein wichtiger Punkt auf der Traktandenliste war die Besprechung des Memorandums von **SCENET** (Superconducting European Network), das an das Ministerium in Brüssel gesandt wurde. Ziel dieses Memorandum war es, die Entscheidungsträger in Brüssel über die zum Teil beträchtlichen Anstrengungen in Japan, USA, Korea und China, sowie über die neuesten Fortschritte auf dem Gebiet der HTS-Supraleitung zu informieren. Es galt, darzustellen, dass die europäischen Anstrengungen dagegen recht unbedeutend sind. Dies trat auch beim neuen 6. Rahmenprogramm in Erscheinung, bei dem gerade 2 Projekte über Supraleitung bewilligt wurden: eins auf dem Gebiete der Energie (Strombegrenzer) und eins auf dem Materialsektor (MgB₂), an dem der Schreibende als aktiver Partner teilnimmt.

Weiter wurde über das IEA-SCENET - Workshop in Grenoble (Prof. Tixador) im Herbst 2003 berichtet. Dieses hatte den Titel „ Low Temperature, High-Voltage Problems in Electric Power Engineering“. Dieses Thema, das vorher noch nie Gegenstand eines Workshops war, ist sehr wichtig im Hinblick auf künftige HTS – Energie-Projekten. Kürzliche Arbeiten auf dem Gebiete des „dielectric breakdown“ bei tiefen Temperaturen wurden von verschiedenen Sprechern aus Deutschland, Italien, Korea, Frankreich und den USA vorgestellt. Bei dieser Gelegenheit wurden

die Isolationsprobleme auch für grosse LTS – Projekten besprochen, wie die Thermonukleare Fusion (ITER). Eine CD wurde erstellt und ist für ExCo – Mitglieder verfügbar.

Dr. Alan Wolski (Argonne Natl. Lab) berichtete über den aktuellen Stand der HTS – Kabelentwicklung. Er berichtete auch über eine von ihm durchgeführte Studie über diejenigen Weltstädte, in denen sich der Einsatz von HTS – Kabeln lohnen würde, wobei der Platzmangel das Hauptargument wäre. Es sind dies Millionenstädte Städte wie New York, Mumbai, San Francisco, Sao Paulo, Hong Kong, Tokyo, Singapur, London,.....). Es wurde eine wachsende Nachfrage nachgewiesen, wobei ein sehr wichtiger wirtschaftlicher Vorteil erreicht würde, wenn schon existierende Infrastrukturen verwendet werden könnten. Als Beispiele wurden Brücken und Tunnels genannt, die bisher nie als Korridors für Energieübertragung verwendet wurden. Als Beispiel wurde die Installation eines Kabels über die Seto-Hashi – Brücke durch Sumitomo genannt. Dabei wurde den neu sich stellenden Problemen von Anfang an Beachtung geschenkt: Schwingungen, thermische Ausdehnung, usw.

Die nationalen Anstrengungen auf dem Gebiet der HTS-Supraleiter wurden vorgestellt:

* Dänemark: das früher in Amager (DK) mit Erfolg getestete Kabel wurde nach der Testphase herausgenommen und wieder aufgebaut. Es wurde keine Degradation der supraleitenden Parameter festgestellt, ausser an den Enden, wo eine kleine Temperaturerhöhung festgestellt wurde.

* Deutschland (Prof. P. Komarek): Das Forschungszentrum in Karlsruhe ist das aktivste HTS-Laboratorium in Deutschland, und hat eine grosse Anzahl von Zusammenarbeiten mit andern Laboratorien und Industrien in Europa. Diese Zusammenarbeit umfasst sowohl HTS – wie LTS-Supraleiter. HTS: ACCEL (Magnete), Babcock Noell (Magnete), EAS (früher VAC: Drähte und Bänder), Nexans (Komponenten und Leiter), Oswald (Motoren, bulk Y-123), Siemens (Motoren), Trithor (Bänder) und Theva (Dünne Filme). Die Entwicklungen auf dem LTS – Sektor umfassen vor allem Bruker BioSpin (NMR – Magnete, Höchstfeldmagnete) und EAS (Leiterentwicklung, im Hinblick auf NMR, Beschleunigermagnete, z.B. für DESY und Tokamak-Spulen für die Fusion). FZK nimmt aktiv teil an einem Strombegrenzer-Projekt, mit Nexans.

Die Infrastruktur umfasst auch ein Hochspannungslabor und das Studium von Tieftemperatur-Werkstoffen (wichtig für alle Weiterentwicklungen).

* Finnland (R. Mikkonen): die Tampere University of Technology (TUT) arbeitet an einem Europäischen Projekt, das von Nexans geleitet wird mit dem Ziel, ein 30 Meter - Kabel aus Y-123 - Bändern herzustellen. Weiter wird eine Induktionsheizung für Aluminium entwickelt (mit SINTEF, Norwegen). LTS – Magnete werden in Zusammenarbeit mit Avesta entwickelt mit dem Ziel der Schwermetall-Separation aus Wasser. LTS – Leiter werden im Hinblick auf die Kernfusion charakterisiert. Eine Basis für ein Forschungszentrum für Magnettechnik (permanent und supraleitend) wird aufgebaut, mit Priztech.

* Israel (Prof. Guy Deutsch): Projekte werden durchgeführt an der Bar-Ilan-Universität (HTS, SMES, persistent switches, Transformatoren mit niedriger Induktanz), an der Ben-Gurion-Universität (Transformatoren, mit HTS-Spulen für die Strombegrenzung), an der Tel Aviv-Universität (Mikrowellen an dünnen Y-123-Filmen), an der Hebrew-Universität (Hybridmagnete für Medizinalzwecke).

* Italien (Dr. L. Martini): Italien hat eine ganze Reihe von Industrieprojekten: Ansaldo CRIS, Neapel (4T Magnet), Ansaldo Ricerche Genova (50 kJ SMES), GETRA Spa (200 kVA Transformator), TRATOS Cavi (50 m, 45 kV, 3 kA Kabel). Edison und INFM/Columbus (Genova) entwickeln vor allem die entsprechenden supraleitenden Werkstoffe: Bi-2212, RE-123 Coated Conductors, MgB₂. Die Situation in Italien profitiert von der Liberalisierung der elektrischen Versorgung, bei der eine besondere Steuer entrichtet wird, die für Forschungszwecke verwendet werden kann.

* Japan (Dr. Tsukamoto): Das NEDO – Programm umfasst Projekte für Kabel, Generatoren, Transformatoren, Magnete, Strombegrenzer, Die Hauptanstrengung ist gegenwärtig auf die

Kabelentwicklung konzentriert, und zwar auf der Basis von Y-123-Bändern (2. Generation). Dazu wird die Entwicklung dieser Bänder forciert: 100 Meter wurden bereits an einem Stück hergestellt, und Längen von > 500 Metern sind für Ende 2007 programmiert, mit Stromdichten von > 200 A für qomm breite Bänder. Am ISTECH werden „bulk“ Y-123 sowie Josephson junctions entwickelt. Zusätzlich zum Kabelprogramm (500 m, 77 kV) wird die zugehörige AC-Entwicklung durchgeführt, z.B. für einen resistiven Strombegrenzer, für einen 1-Phasen-Transformator (2MVA, 66kV/6.9 kV), für Dielektrika für Hochspannung, sowie die mechanische Verstärkung.

* Korea (Dr. O.B. Hyun): Korea hat ein sehr ehrgeiziges HTS-Programm, genannt DAPAS (Dream of Advanced Power system by Applied Superconductivity). Dieses wird mit 146 Mio. \$ unterstützt, wobei die Regierung 100 Mio. \$ finanziert; der Rest wird von der Privatindustrie aufgebracht. Das Projekt ist unterteilt in Power Machines (Kabel, Strombegrenzer, Transformatoren, Motoren) und Materialien (Bi-2223, Y-123 und RE-123 – Bänder, MgB_2). Zusätzlich wird noch ein anderes, kleineres Energie- Programm vom Electrical Power Industry Evaluation & Planning Office (ETEP) finanziert.

* USA (Dr. Allan Wolsky): Die Hauptquelle für das HTS – Programm, die in der Vergangenheit eine ganze Anzahl Projekte finanziert hat, sich aber mehr und mehr auf die Entwicklung von Y-123 – Bändern konzentriert, mit dem Ziel, diese baldmöglichst auch anzuwenden. Die US-Projekte können unterteilt werden in 3 Kategorien: Uebertragung und Verteilung (Kabel, Strombegrenzer, Transformatoren), Rotationsmaschinen (Motoren, Generatoren, Synchron-Kondensator) und Magnete (MRI, NMR, Separatoren). Diese Projekte umfassen eine grosse Anzahl von Industrien, sowohl innerhalb wie ausserhalb der USA. Eine genauere Beschreibung all dieser Projekte ist in der CD enthalten, die für alle Mitglieder in der Schweiz im Internet einsehbar ist.

* China (Prof. Han, von R. Flükiger vorgestellt, da China nicht Mitglied des IEA ExCo ist): China hat 2 Industriuen, die in diesem Bereich arbeiten: Innopower und Innost (Bi-2223-Bänder). Diese sind mit der Industrie verbunden, vor allem der Yunnan Electric Power Group (YEPG). Kürzlich wurde ein Kabem von 30 Metern Länge (AC, 2 kA, 35 kV, mit 3 separaten Phasen) in Yunnan aufgebaut, und steht vor dem Test. China's Energieverbrauch stieg letztes Jahr um 15%, und ein weiteres Wachstum um etwa 40 GW/Jahr ist erwartet. Die aktuelle Kapazität ist 385 kW: diese wird nur noch von den USA übertroffen. China ist um internationale Zusammenarbeit bemüht.

* Schweiz (Prof. R. Flükiger). Die Forschungsprojekte in der Schweiz umfassen im Augenblick nur Materialien. Die HTS-Entwicklung umfasst vor allem Bi-2223 – Bänder. Zum ersten Mal konnten grössere Einkristalle aus diesem Material gezüchtet werden: aufgrund dieses Resultats kann eine Voraussage in bezug auf die Weiterentwicklung dieser Bänder gemacht werden. Es folgt, dass dieses Material tatsächlich aus der Schmelze gebildet wird: somit ist es nicht ausgeschlossen, dass später Methoden gefunden werden, die eine zweiachsige Texturierung der Bi-2223 – Phase in diesen Bändern erlaubt, was gleichbedeutend ist mit wesentlich höheren Stromdichten. Zu diesem Material muss gesagt werden, dass es mindestens für die nächsten 5 Jahre als erste Wahl zu betrachten ist, bevor dann die 2. Generation – Supraleiter in industriellen Mengen hergestellt werden können.

An der Universität Genf werden MgB_2 - Bänder entwickelt, im Rahmen eines Europäischen Projekts. Dieses Material ist vielversprechend, wird aber wahrscheinlich in Zukunft nur für Nischen-Anwendungen in Frage kommen. Weiter werden hier auch Nb_3Sn – Drähte entwickelt, wobei die Bronzemethode den Vorzug hat, im Hinblick auf die Entwicklung von NMR – Magneten mit der Firma Bruker Biospin. Erwähnenswert ist die Einrichtung eines 21 T – Magneten. In Kombination mit einer neuen Messapparatur für den Effekt der mechanischen Belastung auf die kritische Stromdichte ist hier eine weltweit einzigartige Einrichtung entstanden, die es erlaubt, alle Arten von Supraleitern zu messen, vor allem für Höchstfeld – Magnete und – Dipole (CERN, LHC-upgrade, 2010).

Am Ende des Treffens fand eine Besichtigung des 500 Meter – Kabels beim CRIEPI – Labor statt. Dies war eine sehr eindrucksvolle Vorführung, während der auf alle möglichen neuartigen Probleme beim Betrieb eines supraleitenden Kabels hingewiesen wurde. So zieht sich das Kabe

während der Abkühlung um ganze 70 cm zusammen, was vorausgesehen werden muss: die Kabelenden sind auf Rollenlager montiert.

Das **zweite IEA - Informationstreffen fand am 11-13. Oktober in Gatlinburg (USA)** statt. Das Hauptaugenmerk galt den Kabelprojekten. Es sind im Augenblick nicht weniger als 11 Kabelprojekte, die entweder schon im Bau sind oder mindestens in der Planungsphase. Hier sind die Kabelprojekte, alle auf der Basis von B-2223 ausgebaut.

2 Projekte in China (Yunnan und Chan Tong)*)

2 Projekte in Korea (KEPCO and KEPRI/KEPCO)

1 Projekt in Japan (SuperAce)

1 Projekt in Italien (Pieve Santo Stefano)

3 Projekte in den USA (Niagara-Mohawk*), Long Island, Bixby, Columbus, Ohio)

1 Projekt (Nexans, noch nicht festgelegt)*)

*) bedeutet: eine kurze Länge von 30m Metern ist auf der Basis von Y-123 – Bändern vorgesehen.

Die Anwesenheit von Dr. Jim Daley, dem Direktor der für HTS verantwortlichen DOE Funding Agency war von besonderem Interesse: er informierte ausführlich über die von DOE getätigten Investitionen, die sich für die 8 vergangenen Jahre auf 400 Mio \$ belaufen. Für das laufende Jahr sind trotz Kürzungen immer noch 40 Mio \$ vorgesehen, was ein Mehrfaches aller andern Budgets darstellt. So ist es nicht verwunderlich, dass die USA im Hinblick auf die 2. Generation Supraleiter allen anderen, inkl. Japan, weit voraus sind. Von besonderem Interesse ist, dass die Patente für die mit Abstand aussichtsreichsten Herstellungsmethoden für Y-123-Bänder in amerikanischen Händen sind: a) RABiT, mit Liquid Phase Epitaxy (Oak Ridge), und b) Trifluoroacetate Methode oder TFA (American Superconductors).

Im Anschluss an dieses Treffen fand ein Besuch der Installationen in Oak Ridge statt. Hier sind wahrscheinlich die aussichtsreichsten Entwicklungen von „Coated Conductors“ im Gange: nicht weniger als 30 Mitarbeiter sind ausschliesslich in der Optimierung von Y-123 - Bändern beschäftigt. Eine ganze Anzahl von verschiedenen Präparationsmöglichkeiten wurde uns vorgeführt. Es scheint, dass nun die 120 – Metermarke überschritten ist, sodass an die nächst grösseren Längen gedacht werden kann. Es wird geplant, schon Ende 2005 gegen 1 km Band herzustellen. Dies würde einen bedeutenden Vorsprung gegenüber allen andern Labors bedeuten und ist von besonderer Bedeutung, da auch der Herstellungspreis unter der „magischen“, vom DOE aufgestellten Grenze von 10 \$/kAm liegen könnte.

Abschliessend kann gesagt werden, dass 2 weitere Vorhaben für weitere HTS-Entwicklungen aussichtsreich sind: Motoren und Generatoren einerseits und Dielektrika andererseits.

Alan Wolsky stellte seine neueste Arbeit dar, ein kompletter Bericht über den Stand der modernen supraleitenden Kabel. Unterdessen ist diese Arbeit (360 Seiten) auf Internet abrufbar.

Nationale Zusammenarbeit

In der Schweiz ist gegenwärtig eine aktive Beteiligung an HTS-Projekten im Hinblick auf Energieanwendungen nur bei ABB im Gange, und zwar auf dem Gebiet der Strombegrenzer. 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, in weitaus kleinerem Masse, *Swissmetal Dornach* (supraleitende Nb₃Sn-Drähte). Hinzu kommt noch die Firma IBM in Rüschlikon, die vor allem Entwicklungen von elektronischen „devices“ verfolgt. Alle diese Firmen haben Zusammenarbeitsprogramme auf dem Gebiete der Supraleitung mit den schweizerischen

Hochschulen, mit dem Paul Scherrer Institut, der ETH Zürich, der EPF Lausanne und vor allem der Universität Genf.

Wir sind nun im vierten Jahr des "National Center of Competence in Research" - Programms des schweizerischen Nationalfonds. Unser **Projekt "Materials with Novel Electronic Properties" (MANEP)**, umfasst insgesamt 17 Institute und Industrien und befasst sich mit dem Studium und der Entwicklung von Materialien. Davon befassen sich 8 theoretisch oder experimentell mit HTSL-Supraleitern. 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.

Ein grösseres Projekt ist an der Universität Genf im Gange, mit dem Ziel, Nb₃Sn-Leiter für Höchstfeld – NMR – Magnete zu entwickeln. Im Rahmen diese Projekts wurde vom industriellen Partner, Bruker BioSpin, ein 21 T – Prototyp-Magnet hergestellt und der Universität Genf geschenkt. In Kombination mit einem neuen Messgeräts, das im DPMC entwickelt wurde (Walters Spirale), ist nun die einzige Messapparatur der Welt entstanden, die mechanische Effekte auf alle Arten von Supraleiter-Drähten und -Bändern bis 21 T messen kann, also Nb₃Sn, Bi-2212, Bi-2223, MgB₂ und Y-123. Diese Apparatur kann ungleich präziser als alle andern messen (0.01 µV/cm anstatt 1 µV/cm) wird in den nächsten Jahren dazu benutzt werden, die Charakterisierung der weltbesten Drähte und Bänder durchzuführen. Als Folge davon wurde soeben ein Vertrag mit CERN abgeschlossen, im Hinblick auf 15 T – Dipole, die nach LHC in Einsatz kommen werden.

Die nationale Zusammenarbeit wurde dank des MANEP – Projekts gestärkt. Dabei sollte vor allem die gemeinsamen Untersuchungen von EPFL/Universität Genf auf dem Material-Gebiet erwähnt werden (TEM–Untersuchungen, Auger–Spektroskopie, usw.). Weiter wurde die nationale Zusammenarbeit durch 3 Projekte innerhalb der Programme "TOPNANO 21" und des KTI gefördert.

Internationale Zusammenarbeit

Ausser dem hier zusammengefassten IEA-Programm bestehen weitere internationale Zusammenarbeiten. Im Rahmen des **5. EU-Rahmenprogramms** waren zwei Gruppen, *Prof. R. Flükiger (Universität Genf)* und *Dr. B. Dutoit (EPFL Lausanne)* tätig, am **Growth** - Projekt BIG POWA (GRD1-1999-10461, OFES No. 99.0209-1), das 2003 erfolgreich beendet wurde. Beide Gruppen bearbeiteten das Problem der AC-Verluste: die erste Gruppe entwickelte runde Bi,Pb(2223)-Supraleiter mit besonders niedrigen AC-Verlusten, während die zweite Gruppe 2D und 3D Modellberechnungen für Leiter und Drähte durchführte. Diese Arbeiten sind nun erfolgreich abgeschlossen worden.

Eine neue internationale Zusammenarbeit ist im Rahmen des **6. EU-Rahmenprogrammes** im Gange: während 3 Jahren werden MgB₂ - Bänder und - Drähte entwickelt, mit dem Ziel, Anwendungen bei 20 K zu entwickeln, allen voran für MRI-Spulen. Diesem Programm gehören nicht weniger als 13 Gruppen an, wobei erstmals auch osteuropäische Länder zum Einsatz kommen, wie Polen und der Slowakei.

Das Programm des **Superconducting European Network, SCENET II** (GTC1-2001-43047) hat im Juli 2002 begonnen und wird noch zwei Jahre dauern, mit insgesamt 3 Mio CHF. SCENET umfasst nun dank der neu zugekommenen osteuropäischen Staaten mehr als 80 verschiedene europäische Gruppen (Nodes) aus den Hochschulen und der Industrie, die sich alle mit Supraleitung befassen. SCENET hat sich zur Aufgabe gemacht, den Informationsfluss innerhalb Europa zu optimieren, um die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Forschung zu verbessern. Pro Jahr wird eine Sommerschule durchgeführt, um Studenten in das Gebiet der Supraleitung einzuführen. Ausserdem sind insgesamt 24 Mannmonate für kurze Besuchsaufenthalte von

jungen Wissenschaftlern vorgesehen. Die Schweiz ist mit 2 Nodes vertreten (*Uni Genf und ETHZ*), und *Prof. R. Flükiger* (Uni Genf) ist Mitglied des SCENET Steering Committee. Gegenwärtig wird versucht, in Brüssel eine neue Folge des SCENET – Programms anzumelden.

Bewertung 2003 und Ausblick 2004

Im Jahr 2004 ist die Forschungs-Aktivität auf dem Gebiet der Supraleitung in der Schweiz mit Energie weitergeführt worden, vor allem auf dem Materialsektor. Mit dem MANEP - Programm sind sowohl experimentell wie auch theoretisch neue, positive Akzente gesetzt worden. Die internationale Untersuchungskommission hat das Programm äusserst positiv beurteilt, und bescheinigte ein sehr gutes Niveau auf internationaler Ebene. Aufgrund dieses Berichts wurde nun diese Programm um 4 weitere Jahre verlängert, von Mitte 2005 bis Mitte 2009.

ABB verfolgt gegenwärtig ein HTSL-Projekt (Strombegrenzer), als einzige nennenswerte Schweizer Aktivität im Energiebereich. Die Supraleitung hat technisch auf den verschiedensten Gebieten überzeugt, wird aber aus ökonomischen Gründen den Durchbruch auf dem Markt erst in einigen Jahren schaffen, Dieser Durchbruch kann aber zum ersten Mal konkret erwartet werden, in ca. 5 Jahren.

Weitere Fortschritte wurden in der Angewandten HTSL-Supraleitung erzielt, vor allem mittels der Bi,Pb(2223)–Leiter (“erste Generation“). Dabei kann aber nicht übersehen werden, dass eine Trendwende eintreten wird, mit der Entwicklung der Leiter der 2. Generation (Yttrium based Coated Conductors), die in diesem Jahr deutliche Fortschritte gemacht hat. Es wird erwartet, dass die Produktionskosten in absehbarer Zeit deutlich sinken werden: dies könnte 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. Die Stromdichten der in der Schweiz hergestellten Fe/MgB₂ – Drähte erreichen international Spitzenwerte. Es besteht die berechtigte Aussicht, dieses Material für Spulen bis zu 3 bis 4 T bei 20 K einzusetzen. Anwendungsgebiete: Ersatz von Nb₃Sn-Zwischenspulen in Hochfeldmagneten für NMR – Anwendungen.

Ein weiterer Kontakt zur Weltspitze wird dank der neuen Messapparatur bei 21 T erwartet: die weltbesten Drähte können in der Tat nur hier gemessen werden.

Die Hauptziele in 2005 werden vor allem die Verbesserung der Stromdichte in Bi,Pb(2223)-Bändern sein. Dazu weitere Verbesserungen von J_c in MgB₂- und Nb₃Sn-Drähten. Es gilt, die internationale Beziehungen zu vertiefen, um aktive Zusammenarbeiten zu ermöglichen, die im Endeffekt der schweizerischen Industrie zugute kommen werden. Eine aktive Zusammenarbeit mit CERN und ITER bei der Entwicklung von supraleitenden Nb₃Sn - Drähten für Dipole und Tokamak - Magnete im Bereich zwischen 12 und 18 T wird angestrebt.

Referenzen

- D. Uglietti, B. Seeber, V. Abächerli, R. Flükiger: „Measurement of mechanical effects on J_c in Nb₃Sn wires up to 21 T“, presented at ASDC 2004, Jacksonville, accepted for publication in IEEE Proceedings
- P. Lezza, R. Gladyshevskii, R. Flükiger, “Texturing effects in MgB₂/Fe Tapes Prepared by the “Ex situ technique”, presented at ASDC 2004, Jacksonville, accepted for publication in IEEE Proceedings