

Jahresbericht 2005, 22. November 2005

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 Ziel des hier beschriebenen Projekts ist eine möglichst umfassende Information über die wichtigsten nationalen und internationalen Aktivitäten auf dem Gebiet der Hoch- T_c – Supraleitung. Das Hauptaugenmerk ist dabei auf die Entwicklungen auf dem Energiesektor gerichtet. Dabei sind nicht nur die Entwicklungen von Supraleitermaterialien von Interesse, sondern auch deren Einsatz in einer ganzen Serie von industriellen Anlagen (Kabel, Motoren, Strombegrenzer, VAR,.....), unter Berücksichtigung der anfallenden Kühlprobleme.

Im Jahre 2005 wurden zwei Informationstreffen im Rahmen des IEA – Projektes durchgeführt. Das erste Treffen fand im Mai in Trondheim (Norwegen) statt und war dem Thema der rotierenden Maschinen gewidmet. Dieses Treffen wurde von der Firma Nexans, Norwegen organisiert, das ein besonderes Interesse auf Hoch- T_c -Supraleiter – Entwicklung legt. Der Stand von Rotierenden Maschinen in USA, Deutschland und Korea wurde erläutert. Von besonderer Wichtigkeit war der Bericht über die kürzlich stattgefundene Konferenz über „Cryogenic Dielectrics“. Dieses Thema wurde in der Vergangenheit stiefmütterlich behandelt, hat sich aber bei den ersten Erfahrungen mit supraleitenden Systemen als sehr wichtig erwiesen. Weiter wurde die gegenwärtige Entwicklung der verschiedenen Supraleiter-Materialien beschrieben.

Das zweite Informationstreffen fand im Oktober in Seoul (Korea) statt, im Anschluss an die ISS – Konferenz, die in Tsukuba (Japan) stattfand. Hauptthema dieses Treffens waren die sogenannten VAR's (Dynamische Wechselstrom-Kompensatoren). Die Entwicklung dieser Maschinen ist unerwartet vor allem in den USA auf ein grosses Interesse gestossen. Bei diesem Treffen wurde das japanische Programm für Coated Conductors erläutert. Dabei zeigt es sich immer deutlicher, dass die Supraleiter der sog. „Zweiten Generation“ (Coated Conductors) grosse Fortschritte gemacht haben. Bereits wurden 260 Meter RE-123 – Band an einem Stück hergestellt. Ein rapides Anwachsen der Längen wird 2006 erwartet, und es scheint nur eine Frage der Zeit ist, bis Kilometerlängen verfügbar sein werden. An diesem Treffen wurden auch die Fortschritte auf dem Gebiet der Energiespeicher sowie der Stand der Strombegrenzer in Europa geschildert. Die Möglichkeit des „Distributed Storage“ (Kombination von Speicher und Windenergie) wurde diskutiert.

Ein markanter Punkt im 2005 war die erfolgreiche Durchsetzung einer weiteren 5-Jahresperiode für das IEA -Implementing Agreement. Bei den erwarteten Fortschritten der Coated Conductors ist dieser Beschluss als besonders positiv zu werten.

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 Mitgliedstaaten, gegenseitig technische Berichte auszutauschen und Laboratorien und Testeinrichtungen, sowie industrielle Unternehmen zu besuchen. Nach der Aufnahme Kanadas als neues Mitglied sind es nun 12 Mitgliedstaaten. 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 Trondheim (Norwegen) und in Seoul (Korea). Die Ergebnisse dieser zwei Treffen wurden am 23. November am Status-Seminar **"HTSL in der Energietechnik"** in Bern vorgestellt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

ExCo Implementing Agreement: Fortführung des Agreements

Das Team Guy Deutscher/René Flükiger wurde als Chairman/Vicechairman des ExCo des Implementing Agreements bestätigt. Ein wesentlicher Teil unsere Arbeit bestand darin, eine Fortführung des Projektes zu beantragen. Die Arbeit begann mit dem End-of-Term Report von Dr. Alan Wolsky, der dem IEA unterbreitet wurde. Während des ersten Treffens in Trondheim wurde die Strategie diskutiert, die für eine Fortführung angewandt werden sollte. Es wurde eine Neufassung des Annex I verfasst: diese wurde eingereicht, worauf der Chairman zu einer persönlichen Befragung nach Paris eingeladen wurde. Diese wurde minutiös vorbereitet, mit einer Serie von Transparenzen, die zum Teil neu erstellt wurden. Es gelang, die Interessen einer Fortführung des Agreements für 3 (5) Jahre durchzusetzen. Dabei haben wir Unterstützung seitens der Schweizer Mitglieder erhalten, wofür ich mich bedanken möchte. Die neue Version des Annex I wurde auf den 20 Oktober 2005 datiert.

ExCo Implementing Agreement: Mitglieder

Die Fortführung der deutschen Mitgliedschaft galt als unsicher, aufgrund der Finanzlage. Schliesslich wurde im September 2005 die Fortführung bestätigt, wobei Deutschland durch die Firma Siemens Corporate Technology (Dr. Neumüller) und das Forschungszentrum Karlsruhe (Prof. P. Komarek) repräsentiert wird. Kanada ist als neues Mitglied aufgenommen worden, sodass das ExCo nun aus folgenden 12 Mitgliedern besteht: USA, Japan, Deutschland, England, Norwegen, Schweden, Finnland, Kanada, Korea, Israel, Italien und der Schweiz. Bestrebungen sind im Gange, Spanien und China zu gewinnen. Auch das CERN wurde angefragt und hat Interesse gezeigt. Ein wichtiges, zusätzliches Argument für die Aktivität des ExCo ist das Verschwinden von SCENET im Sommer 2006: dann wird die Funktion einer umfassenden Information auf dem Energiesektor eine noch wichtigere Rolle einnehmen.

Tätigkeiten des ExCo

Das **erste Informationstreffen** fand in Trondheim (Norwegen) statt und wurde von Nexans (Norwegen) mitorganisiert.

Zunächst wurde die Diskussion über supraleitende Kabel beendet. Alan Wolsky hat ein umfangreiches Dokument erstellt, das sicher die ausführlichste Beschreibung von supraleitenden Kabeln darstellt (350 Seiten). Es wurde erwogen, diese Arbeit eventuell als Buch herauszugeben. Dieses Ansinnen wurde jedoch fallengelassen, da gegenwärtig die Entwicklung von Kabeln sehr rasch fortschreitet und das Buch bei Erscheinen schon veraltet sein könnte.

Das Treffen in Trondheim wurde von der Firma Nexans, Norwegen organisiert, das ein besonderes Interesse auf Hoch- T_c -Supraleiter-Entwicklung legt. Die Diskussionsrunde in Trondheim war dem Thema der rotierenden Maschinen gewidmet. Der Stand von Rotierenden Maschinen in USA, Deutschland und Korea wurde erläutert.

Von besonderer Wichtigkeit war der Bericht über die kürzlich stattgefundene Konferenz über „Cryogenic Dielectrics“. Dieses Thema wurde in der Vergangenheit stiefmütterlich behandelt, hat sich aber bei den ersten Erfahrungen mit supraleitenden Systemen als sehr wichtig erwiesen. Weiter wurde die gegenwärtige Entwicklung der verschiedenen Supraleiter-Materialien beschrieben. Alan Wolsky und Peter Komarek beschreiben die Vorbereitung zum „Second International Workshop on Cryogenic Dielectrics“.

An diesem Treffen hat René Flükiger einen umfassenden Überblick über die aktuellen Supraleitermaterialien gegeben. Dabei wurden gleich alle bekannten industriellen Supraleiter einzeln beschrieben. Es wurde aufgezeigt, wie bei allen Supraleitermaterialien (Bi-2212, Bi-2223, MgB_2 , Y-123 und RE-123) gerade in letzter Zeit grosse Fortschritte gemeldet wurden. Hier eine kurze Zusammenfassung:

Die Verbindung Bi-2212 ist wieder aktuell geworden, und sie wird nun als Alternative zu Nb_3Sn untersucht, für die NED – Dipole (Next European Dipole) am CERN. Der Grund für dieses Interesse liegt in der höheren Stromdichte bei 15 T, die die geforderten $1'500 \text{ A/mm}^2$ sogar übertrifft, im Gegensatz zu Nb_3Sn , das diese Marke nur knapp erreicht. Diese Lösung kann aber nur als Ersatzlösung angesehen werden, da Nb_3Sn weitaus bessere mechanische Eigenschaften aufweist.

Bei der Verbindung Bi-2223 sind grosse Fortschritte zu verzeichnen. Sumitomo hat durch Hochdruckreaktion weitaus dichtere Bänder herstellen können, die dazu weitaus bessere Stromdichten (130 - 150 A) und bessere mechanische Eigenschaften haben als normal reagierte Bi-2223-Bänder. Damit sind diese Bänder noch besser als diejenigen von American Superconductors. Der wirkliche Fortschritt besteht aber darin, dass die Ausbeute sprunghaft angestiegen ist, von 20 % auf etwa 90%. Dies wirkt sich sehr stark auf die Herstellungskosten aus, die nun drastisch erniedrigt werden konnten. Sumitomo erwartet 2012 einen Preis von etwa 20 \$/kAm.

MgB_2 wurde zur Information der Anwesenden diskutiert, obwohl im Moment noch keine energie-technische Anwendungen zu erwarten sind. Der Hauptvorteil liegt im Preis, der etwa 2 – 5 \$/kAm betragen könnte. Diese Verbindung kann für einen Betrieb bei 20 – 25 K eingesetzt werden, z.B. für MRI – Magnete.

Das weitaus grösste Interesse galt den sog. „Coated Conductors“, also Y-123 oder R.E.-123. Nach mehreren Jahren intensiver Forschung ist nun ein grosser Fortschritt festzustellen, und zwar vor allem in der hergestellten Länge. Während des Workshops berichtete Prof. Tsukamoto von Band-Längen bis zu 117 m, mit Supraleiterdicken von $1.3 \mu\text{m}$ und 120 A (durch PLD hergestellt, bei Sumitomo). Weiter erwähnte er den Rekordwert von 413 A über kurze Längen (bei SRL-ISTEC). Chubu war zu diesem Zeitpunkt bei 96 m und 96 A. Abschliessend kann gesagt werden, dass alle Hersteller für die Supraleiter der zweiten Generation (also Y-123) genau dieselben Abmessungen wie die Bänder der ersten Generation (Bi-2223) wählen: $0.3 \times 4.2 \text{ mm}$. Damit soll er-

reicht werden, dass später ohne Umstände von der ersten zur zweiten Generation übergegangen werden kann.

Am zweiten Tag fand eine Besichtigung der SINTEF Energy Research statt. Folgende Arbeiten wurden vorgestellt: Hochstromdurchführungen für die Aluminium – Elektrolyse, der Test am Isolationsmaterial für das Nexans/AMSC Kabel, und schliesslich die Induktionsheizung von Aluminium-Billets.

Das zweite Informationstreffen fand in Seoul (Korea) statt. Die Sitzung begann mit der einstimmigen Annahme des neuen „Annex I“ zum Implementing Agreement. Guy Deutscher berichtete über sein Treffen in Paris, wo er in einem kurzen Vortrag das Anliegen einer Verlängerung des Implementing Agreements mit Erfolg verteidigte. Bei dieser Gelegenheit möchten wir auch Herrn Cuenz unseren Dank aussprechen, der sich in dieser Sache sehr stark für uns eingesetzt hat.

Guy Deutscher berichtete über erneute Kontakte mit Boeing (Seattle), im Zusammenhang mit dem 10 kW – Schwungrad, das von Boeing gebaut wurde und ursprünglich in Israel im praktischen Versuch getestet werden sollte. Nach einem langen Stillstand könnte diese Angelegenheit wieder aktuell werden. Dabei ist eine finanzielle Unterstützung seitens des DOE zugesagt, der Betrag ist aber noch unbekannt.

Die Besprechung von Rotationsmaschinen wurde weitergeführt. Der wichtigste Beitrag bei diesem Treffen in Soeul war derjenige von Alan Wolsky über Phasenschieber (auch Synchron-Kondenser oder kurz VAR genannt). Diese Installationen sollen vor allem das Verhältnis von Leistung und Blindleistung optimieren. Mit diesen wird die Reaktanz wesentlich gesenkt. Es entsteht eine echte Konkurrenz zu der konventionellen Leistungselektronik. Diese VAR haben einen überraschenden Erfolg erzielt und werden sicher auch in Zukunft eingesetzt werden. Alan Wolsky hat den ganzen Vortrag in didaktisch sehr gut dargestellten Transparenten erfasst. Diese Transparente wurden am Status – Seminar besprochen und sind über die BFE - Homepage abrufbar.

Ein kurzer Abriss über das Dielectric Workshop wurde gegeben.

Bei diesem Treffen wurden die grossen Fortschritte bei den Coated Conductors in Japan (und auch in den USA und Deutschland) erwähnt, die seit dem Treffen in Trondheim erzielt wurden. Der Rekordwert von ISTECH steht nun bei 212 Metern und einem Strom von 245 A. Damit ist gezeigt, dass die Herstellung von km – Längen nur noch eine Frage der Zeit ist. Damit ist sicher, dass diese Hürde überwunden werden kann, und dass früher oder später die Coated Conductors eine wesentlichen Marktdurchdringung erlangen werden. Erwähnenswert ist auch die Leistung von Chubu, wo die Bandherstellung nun bei nicht weniger als 50 Meter pro Stunde erfolgen kann. Ein erstes Kabelstück von 1 Meter Länge mit 32 Coated Conductor – Bändern, um 33 cm Durchmesser gewickelt, wurde vorgestellt.

Diese Fortschritte lassen die Zukunft der Hoch-Tc – Supraleitung sehr optimistisch erscheinen.

Dr. Noe aus Karlsruhe berichtete über das deutsche Projekt (Nexans/FZK/RWE/Universität Hannover) eines Strombegrenzers: 110 kV. 1.8 kA, single phase. Ein wesentlicher Punkt war, dass dadurch einer der 110 kV - Transformatoren „gespart“ werden kann.

Schlussendlich wurde noch aufgrund einer Diskussion mit Jim Daley ein interessanter Vorschlag gemacht. Auf der Basis von Schwungrädern, die zur Verbesserung der Stromqualität zum Einsatz kommen werden, könnte eine Kombination entstehen: „**Distributed Storage**“, also eine Kombination von Energiespeicher mit Windmühlen. Dies könnte in einem späteren IEA - Treffen besprochen werden.

Das nächste IEA – Treffen wird in Genf stattfinden, am 11./12. Mai 2006.

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.

In Genf hat nach dem ersten 4 – Jahreszyklus der zweite 4- Jahreszyklus des "*National Center of Competence in Research*" - Programms des schweizerischen Nationalfonds begonnen. Unser Projekt "**Materials with Novel Electronic Properties**" (**MANEP**), umfasst insgesamt 17 Institute und Industrien und befasst sich mit dem Studium der Grundlagen sowie 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) in Zusammenarbeit mit Prof. M. Hasler (EPFL Lausanne).

Prof. R. Flükiger (Universität Genf) arbeitet an der Charakterisierung von HTS – Supraleitern bei Feldern bis 21 T. Es wurde ein Vertrag mit CERN abgeschlossen, im Hinblick auf 15 T – Dipole, die nach LHC in Einsatz kommen werden. Unter Prof. R. Flükiger ist ein grösseres Projekt an der Universität Genf im Gange, mit dem Ziel, Nb₃Sn-Leiter für Höchstfeld – NMR – Magnete (> 22 T) zu entwickeln. 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 μ V/cm anstatt 1 μ V/cm). Vor kurzem wurden der Einfluss einer uniaxialen Zugspannung auf die Stromdichte von Y-123 Bändern von America Superconductors mit Erfolg gemessen. Es zeigte sich, dass die irreversible Zugspannung etwa 0.55% beträgt, und dass der exponentielle Faktor n bei 77 K nicht wesentlich von der Zugspannung abhängt und hohe Werte von 30 bis 40 aufweist.

Die nationale Zusammenarbeit wurde dank des MANEP – Projekts gestärkt. Weiter wurde die nationale Zusammenarbeit durch 2 KTI – Projekte gefördert (Universität Genf/EPFL/HES Genève).

Internationale Zusammenarbeit

Ausser dem hier zusammengefassten IEA-Programm bestehen weitere internationale Zusammenarbeiten. Eine neue internationale Zusammenarbeit ist im Rahmen des 6. EU-Rahmenprogrammes im Gange (Projekt STRP-505724-1 HIPERMAG): während 3 Jahren, bis zum Juni 2007 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.

Als internationale Zusammenarbeit kann auch das Messprogramm an der Universität Genf gezählt werden, bei dem Drähte und Bänder aus den USA (Y-123: American Superconductors, Nb₃Sn: Oxford Instruments) und aus Deutschland (Y-123: EHTS, Y-123: Theva).

Eine wichtige internationale Zusammenarbeit ist im Rahmen der ITER – Programmes in Villigen im Gange, wo die Gruppe von Dr. P. Bruzzone mit der Charakterisierung von Fusionsleitern in der 12 T - SULTAN – Spule beschäftigt ist.

Das Programm des **Superconducting European Network, SCENET II** (GTC1-2001-43047) hat im Juli 2002 begonnen und wird noch bis zum Juni 2006 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 hatte 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. Leider waren die Versuche erfolglos, eine Fortführung von SCENET, eventuelle mit neuem Namen, zu erreichen. Somit wird dieses wirklich nützliche Instrument zur Zusammenführung von europäischen Wissenschaftlern 2006 beendet sein. Es ist zu hoffen, dass in zu einem späteren Zeitpunkt ein ähnliches Projekt diese nützliche Tradition fortführt.

Bewertung 2005 und Ausblick 2006

Im Jahr 2005 ist die Forschungs-Aktivität auf dem Gebiet der Supraleitung in der Schweiz 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 sehr positiv beurteilt, und bescheinigte ein sehr gutes Niveau auf internationaler Ebene. Aufgrund dieses Berichts wurde nun dieses 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. Die jüngsten Fortschritte auf dem Gebiet der Coated Conductor – Bänder, vor allem was die Länge aber auch die Stromdichte betrifft, stimmen sehr optimistisch in bezug auf die zukünftige Entwicklung.

Fortschritte wurden auch auf dem Gebiet der Bi-2223–Leiter ("erste Generation") erzielt. Vor allem dank eines neuen Verfahrens, dem Hochdruckglühen, konnten sowohl die Stromdichten wie die Ausbeute entscheidend verbessert werden, was sich ökonomisch sehr stark auswirkt. Diese massive Preisreduktion wird sich in den nächsten Jahren positiv auf die verschiedenen Projekte auswirken und zur Ausbreitung von Supraleiterprojekten beitragen. Dies könnte auch in der Schweiz zu einer deutlichen Zunahme von Pilot-Projekten führen.

Aufgrund des besseren Verhaltens in Gegenwart von Magnetfeldern kann aber nicht übersehen werden, dass langfristig eine Trendwende eintreten wird, zugunsten der Leiter der 2. Generation (Y-123 oder RE-123 Coated Conductors).

Ein guter Kontakt zur Weltspitze konnte dank der neuen Messapparatur bei 21 T geschaffen werden. Da die mechanischen Eigenschaften bis zu 21 T nur hier gemessen werden können, erhalten wir die weltbesten Drähte zur Charakterisierung, was uns einen sehr guten Ueberblick und Qualitätsvergleich erlaubt.

Die Hauptziele in 2006 werden ausser der Charakterisierung von HTS – Bändern vor allem die Verbesserung der Stromdichte MgB_2 - und Nb_3Sn -Drähten sein. Es gilt, die internationalen Beziehungen zu vertiefen, um aktive Zusammenarbeiten zu ermöglichen, die im Endeffekt der schweizerischen Industrie zugute kommen werden. Die aktive Zusammenarbeit mit CERN bei der Entwicklung von supraleitenden Nb_3Sn - Drähten für Dipole Magnete im Bereich zwischen 12 und 18 T wurde durch einen 3-Jahresvertrag festgelegt.

Als Innovation kann eine neue Messapparatur für transversale Druckeffekte auf die kritische Stromdichte in Genf betrachtet werden: diese wird ausser den Drähten für die künftigen CERN – Dipolen auch für die Leiter der Tokamak-Spulen für ITER verwendet werden.

Referenzen

- [1] H.L. Suo, M. Schindl, N. Clayton, N. Musolino, R. Flükiger, „Spray pyrolysis of Y-123 Coated conductors on (100) SrTiO₃ substrates“, IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol. 15, 2755-2758, 2005
- [2] P. Lezza, R. Gladyshevskii, C. Senatore, G. Cusanelli, H.L. Suo, R. Flükiger, „Anisotropy of J_c in *Ex Situ* MgB₂/Fe monofilamentary wires“, IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol. 15, 3196-3199, 2005
- [3] C. Senatore, N. Clayton, P. Lezza, S. Pace, R. Flükiger, „ Third harmonmics susceptibility and pinning properties of Fe/MgB₂ tapes“, IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol. 15, 3329-3332, 2005
- [4] D. Uglietti, B. Seeber, V. Abächerli, N. Banno, R. Flükiger, “Critical current vs. strain for LTS wires up to 21 T”, IEEE Trans. Appl. Superconductivity, Vol. 15, 3652-3655, 2005
- [5] V. Abächerli, D. Uglietti, P. Lezza, B. Seeber, R. Flükiger, M. Cantoni, P.-A. Buffat, “The influence of Ti doping methods on the high performance of (Nb,Ta,Ti)3Sn Multifilamentary wires using Osprey Bronze, for ITER”, IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 15, 3482-3485, 2005.
- [6] B. Seeber, D. Uglietti, V. Abächerli, P.-A. Bovier, D. Eckert, G. Kübler, P. Lezza, A. Pollini, R. Flükiger, „Critical current vs. strain measurements up to 21 T and 1'000 A of long lengths superconducting wires and tapes“, Rev. Scientific Instruments, 76, 1 – 8, 2005-11-24
- [6] P. Lezza and R. Flükiger, “12 month report of EU project: HIPERMAG”